

СУДОХОДСТВО В СИБИРИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

И.А. Рагулин

Рассматриваются проблемы судоходства в Сибири в переходный период и стратегия развития речного транспорта в перспективе.

На территории Сибири все основные структурные институциональные преобразования на водном транспорте завершились. Начались работы по разработке правовых, экономических и административных инструментов, обеспечивающих транспортную деятельность в новых социально-экономических условиях. На современном этапе возникает ряд проблем, которым при административно-плановой экономике ведения хозяйства не придавалось существенного значения и которые в новой экономической ситуации составляют приоритетные направления.

Перевозки грузов речным транспортом на востоке страны в общем объёме перевозки для предприятий ЗСНГК достигают 60%, Норильского ГМК – 70%, республики Саха (Якутия) – до 85%, Северо-Восточное побережье Арктики – 95%. Основная номенклатура перевозимых грузов: каменный уголь, лес, щебень, шлак, МСГ, генеральные грузы, нефтепродукты.

В настоящее время на территории России перевозочным процессом занимаются около 800 судоходных компаний, более 400 предприятий специализируются на перегрузочных работах, организовано около 140 частных фирм, которые осуществляют транспортно-экспедиторскую деятельность. Значительная часть таких предприятий работает в бассейнах Сибири.

Экономические реформы привели к резкому спаду производства, что оказало прямое влияние на работу транспорта. Общий объём перевозок грузов на внутренних водных путях сократился в 6 раз, а по отдельным судоходным компаниям Сибири – в 15 раз. Материально-техническая база пароконств оказалась востребованной частично: множество единиц флота выведено на холодный отстой, часть списана, продана или сдаётся в аренду, с перегрузочной техникой положение аналогичное.

Флот, находящийся в эксплуатации резко снизил свои производственные показатели. Производительность сухогрузного флота упала в 2-3 раза, буксирного – в 1,5 раза. Основная причина состоит в том, что государственные бассейновые Управления водных путей и судоходства практически из-за отсутствия должного финансирования, прекратили работы по поддержанию судоходных условий на внутренних водных путях (ВВП); не проводятся путевые работы по коренному улучшению ВВП, на ряде участков снята освещаемая судоходная обстановка (флот работает только в светлое время суток), реки приходят в естественное состояние.

Рабочее ядро транспортного флота Сибири морально и физически устарело. Свыше 70% транспортных судов имеют срок службы более 20 лет, их технический и эксплуатационный уровень остаётся низким. Состояние транспортного флота подошло к критическому уровню. Значительная часть его эксплуатируется за пределами нормативного срока службы, и эта часть неуклонно увеличивается. К 2015 году без пополнения и обновления действующий транспортный флот Восточных бассейнов полностью выработает свой ресурс и должен быть заменён.

Как следствие, сложившегося положения с транспортным флотом, существенно ухудшаются показатели безопасности и экономической эффективности работы речного транспорта, растут ресурсоёмкость перевозок и транспортные издержки народного хозяйства. Рост себестоимости перевозок, в свою очередь, обуславливает повышение транспортных тарифов.

Анализ финансового состояния большинства судоходных компаний Сибири показывает, что даже у компаний, занимающих ведущее место на рынке речных транспортных услуг, отсутствуют необходимые финансовые средства для обновления своего парка транспортных судов. Рентабельность работы предприятий остаётся крайне низкой.

Показатели по судостроению за время проведения экономических реформ претерпели

существенные изменения. До 1990 года динамика судостроения по всем показателям была положительная. За период с 1991 по 1999 год количество построенного флота в целом по России сократилось в 5,6 раза, в том числе транспортного – 16,5 раза, вспомогательного - в 3 раза, пассажирского – в 11,8 раза. Положение в Восточных бассейнах с пополнением и обновлением флота за счёт нового судостроения аналогичное. Случаи строительства флота в бассейнах Сибири в последние годы единичны.

На современном этапе, на рынке транспортных услуг имеет место несоответствие структуры транспортного флота структуре перевозок. В бассейнах Сибири только 20% объёма перевозок грузов на малые и боковые быстро мелеющие реки осуществляются в малотоннажном флоте, остальные перевозки из-за хронической нехватки специальных судов для малых рек, выполняются в транзитных крупнотоннажных судах, непригодных для работ в стеснённых условиях и на мелководье. В результате этот флот используется с неполной загрузкой, низкими скоростями движения, высокой себестоимостью перевозок, частыми поломками корпуса и движительно-рулевого комплекса и как следствие после выполнения экспедиционного завоза грузов на малые реки этот флот в навигационный период вынужден становиться на ремонт.

Во всех бассейнах Сибири резко изменилось соотношение перевозок сухогрузов и налива в пользу последнего. В ряде пароходств перевозки нефтеналивных грузов по объёму приближаются или опережают перевозки сухогрузов (ОАО «ИРП»). В таких судоходных компаниях ощущается острый недостаток наливного флота. Из нового судостроения, по известным причинам, такой флот не поступает, поэтому ведётся переоборудование сухогрузных судов, чаще кустарным способом (Иртыш, Лена).

В отрасли нет транспортных средств, способных работать в условиях крайнего мелководья рек (с глубинами 0,5-0,8 м). В то же время современный этап развития производительных сил Сибири обуславливает дальнейший рост нагрузки именно на эти малые реки. Освоение таких рек потребует создания принципиально новых транспортных средств, способных успешно работать в этих условиях. Наличие таких средств значительно (в 2,5 раза) расширит границы использования малых рек, существенно приблизит транспортные пути к грузополучателям.

Особого внимания заслуживает вопрос использования в Сибири судов на воздушной подушке и экранопланов, способных круглогодично использовать почти всю речную сеть региона.

Указанные тенденции приводят к снижению конкурентоспособности речных судоходных компаний и мобилизационной готовности речного флота на территории Сибири.

Оценивая в целом работу внутреннего водного транспорта в обслуживании восточных территорий РФ на перспективу следует выделить его роль и значение отдельно на макроэкономическом и микроэкономическом уровнях развития.

В первом случае в процессе обновления транспортной политики России важное значение приобретают возрастающие транспортные связи между Европой и Азией, Соединёнными Штатами, Канадой и Европой, между Азиатско-Тихоокеанскими странами, участие России в этих связях, стремление внедрить в международную транспортную сеть дорожно-транспортный комплекс страны, ведутся разработки федеральной целевой программы «Развитие международных транспортных коридоров». Реализация этой программы позволит в будущем России занять достойное место в структуре международного регионального экономического сотрудничества.

Анализ перспектив развития транспортной системы показывает, что Россия постепенно включается в международную транспортную сеть, в основном за счёт использования дорожно-транспортного комплекса европейской части. В будущем, путём продления действующих транспортных коридоров в восточном направлении, организацией новых транспортных связей поставленная проблема может быть успешно решена путём активного развития транспорта на территории Сибири, где в настоящее время имеются опорная транспортная сеть в виде ТРАССИБа, БАМа, Северного морского пути и речной транспортной системы.

Речной транспорт в этой ситуации рассматривается как часть единой транспортной системы Сибири, которая постепенно интегрируется в систему международных транспортных коридоров (ТРАССИБ, Северный Морской путь, воднотранспортная система Ангаро-Енисейского региона, Ленское направление, Обь-Иртышское направление).

Внутренние водные пути в этом случае становятся единственными транспортными связями в меридиональном направлении между транспортными «коридорами» через магист-

ральные системы Оби, Иртыша, Енисея и Лены. В местах пересечения железнодорожных и водных путей организуются воднотранспортные узлы в Омске, Тобольске, Салехарде, Сургуте, Новосибирске, Томске, Лесосибирске, Красноярске, Игарке, Дудинке, Иркутске, Осетрово, Ленске, Якутске и других узловых пунктах. В основном все эти порты готовы принять дополнительные объёмы грузов в смешанном сообщении, имеют опыт такой работы в доперестроечный период.

Во втором случае речной транспорт обеспечивает надёжную межрегиональную и внутререгиональную транспортную связь, приоритетной задачей остаётся завоз грузов на Крайний Север в малодоступные для других видов транспорта районы, расположенные в зоне тяготения малых рек.

По предварительным прогнозным оценкам перевозки грузов по внутренним водным путям Сибири к концу 2015 года возрастут в 2,3-2,5 раза по сравнению с 1998 годом.

Стратегической задачей речного транспорта Сибири является интегрирование внутренних водных путей по существу в общую транспортную систему Восточных районов и России в целом, выход на мировой уровень по техническим параметрам и качеству реализуемых услуг. Для достижения поставленной цели необходимо следующее:

- разработать пакет наиболее эффективных проектов программ участия речного транспорта в общей транспортной системе региона, используя достижения научно-технического прогресса на транспорте;

- обеспечить государственную поддержку наиболее значимых направлений развития речного транспорта; реконструкция водных путей и гидротехнических сооружений, строительство новых нетрадиционных перевозочных средств (СВП, экранопланы, непрерывные перегрузочные машины);

- обновить навигационные системы, используя новейшие достижения в области судоходства (спутниковые системы связи и мониторинга за движением материальных потоков и перевозочных средств);

- ввести в действие новые и модернизировать действующие перегрузочные комплексы в крупных воднотранспортных узлах, имея в виду обеспечить эффективное взаимодействие смежных видов транспорта, рассматривая эти комплексы, в том числе как часть международных транспортных коридоров;

- существенно расширить сеть транспортных речных путей за счёт включения в хозяйственный оборот неосвоенных в транспортном отношении малых рек, обеспечив на этих реках эксплуатацию судов с осадкой менее 70 см;

- разработать сетку типов судов и перегрузочной техники для условий работы речного транспорта в рыночной экономике;

- обеспечить выполнение работы по поддержанию безопасных условий судоходства и безаварийной эксплуатации шлюзованных систем;

- разработать эффективную схему завоза грузов в районы крайнего севера с обоснованием новых транспортных средств способных обеспечить доставку необходимых грузов потребителю.

Кроме этого в инновационной сфере приоритетными задачами для развития речного транспорта без особо крупных капитальных затрат и осуществляемых в приемлемые сроки выделяются следующие.

1 Комплексное исследование и решение конструктивных вопросов, обеспечивающих возможность подхода грузовых транспортных судов к местам выгрузки груза и выполнение погрузочно-разгрузочных работ без строительства дорогостоящих вертикальных причальных стенок. Для этого необходима разработка новых конструктивных типов грузового несамоходного флота, способного причаливать носовой частью непосредственно к простейшим береговым устройствам (или естественному берегу) и выгружаться (грузиться) на основе горизонтального способа с использованием обычных и широко распространённых тягачей, автокранов, конвейерно-транспортных линий и т.п.

2 Обустройство речных путей для целей судоходства на основе бережного сохранения экологии рек и принципа поддержания динамически устойчивого русла с минимальным вмешательством в естественные процессы руслоформирования и максимальным использованием для транспортных целей не только глубины, но и ширины руслового потока. При необходимости выполнения дноуглубительных работ максимально сочетать их с потребностями добычи нерудных строительных материалов.

3 Отказ от гигантомании в части грузоподъёмности транспортных судов, так как увели-

чение единичной грузоподъёмности свыше 1500 т, как правило, для Сибири оказывается неэффективным. Повышение эффективности речного транспорта должно идти по пути наиболее полного учёта интересов и требований конкретных потребителей в части сроков и партионности доставки грузов, устранения потерь и порчи грузов, максимального освобождения клиентов от несвойственных ему функций, проблем и забот, связанных с транспортным обслуживанием, рациональной с позиции потребителей организации перевозок и коренного улучшения использования наиболее дорогостоящей части материально-технической базы – буксиров и толкачей.

4 Жёсткая типизация речных транспортных судов, в особенности несамоходного сухогрузного флота в пределах от 200 до 1500 т грузоподъёмности и ограничение их типоразмеров в количестве не более 4-5 конструктивных типов.

В настоящее время в России нет официальных прогнозных и проектных проработок на перспективу 2015 года по развитию производств и формированию транспортной системы, как в целом по стране, так и по её отдельным регионам и сферам хозяйственной деятельности. Локальные исследования выполненные в разные годы, часто противоречивы и мало поддаются обобщению.

В то же время необходимость в подготовке таких масштабных проектов имеется. Особенно остро эта проблема встаёт в период развития рыночных отношений и вхождение России в международное сообщество, формирование международных транспортных коридоров. Примером постановки и решения проблемы может служить международная программа транспортной системы Енисей-Северный Морской путь.

В период децентрализации управления экономикой в рамках текущих рыночных преобразований особенно рельефно выступают проблемы человеческого фактора, экологии и духовного возрождения в общей системе развития хозяйственного комплекса страны. Реализация этих проблем наиболее вероятна на пути перехода общества на ноосферный путь развития, создания экономического и экологического пространства и мышления.

Такие исследования в последние годы получают широкое развитие, в том числе и на транспорте. Российской Академией естественных наук на базе Новосибирской академии водного транспорта разработан проект комплексной системы «Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока». Проект предусматривает осуществить переход к ноосферному пути развития через вновь создаваемые региональные ноосферные промышленно-транспортные комплексы, представляющие собой совокупность технологических и экономически взаимосвязанных, с учетом ноосферы, производств, подчиненных разным ведомствам, сосредоточенным в регионе и использующих его ресурсы и единую инфраструктуру. Примером такого комплекса на территории Сибири является вновь создаваемый Томский ноосферно-транспортный комплекс, куда вошли 13 крупнейших объединений Томской области, в том числе все виды транспорта, Томскнефтепродукт, ВостокГазпром, строительный комплекс, департамент по строительству, энергетике, транспорту, связи, а также дорожному и лесному хозяйству, Мэрия г. Томска и другие организации.

Целью создания ноосферного промышленно-транспортного комплекса является преодоление ведомственной разобщённости производственных и транспортных предприятий на основе финансовой заинтересованности всех звеньев производства на пути достижения наибольшей эффективности в хозяйственном развитии региона.

Важнейшей составляющей этого развития является взаимодействие человека и природы. Открытие полезных ископаемых, освоение новых территорий, создание производств, организация хозяйственной деятельности неизбежно приводят к отрицательному влиянию на окружающую среду. Таким образом, одной из задач ноосферного развития общества является снижение или нейтрализация этого влияния, обеспечения гармоничного развития общества и природы.

Множество проблем ноосферного пути развития транспортных систем условно можно сгруппировать в два крупных направления.

1 Внедрение в работу транспорта достижений научно-технического прогресса на базе развития технических средств доставки грузов и пассажиров.

2 Совершенствование системы управления перевозками и работой транспортных и перегрузочных средств.

Первое направление, в основном связано с разработкой экологически чистых видов транспорта. В частности, одним из предложений, которое начнёт реализовываться в этом направлении – внедрение в транспортную систему Сибири аппаратов на воздушной подуш-

ке (АСВП, экранопланов). По инициативе ЗАО «Верхне-Ленское речное пароходство», ЗАО «Байкалэнерготранс», ОАО «Улан-Удэнский авиационный завод», а также Иркутского авиадвигательного завода ведутся работы по проектированию и строительству экранопланов второго поколения – наземно-воздушных амфибий (НВА) трёх типоразмеров по взлётной массе: 10 тонн (речной класс), 200 тонн (озёрный класс) и 1000 тонн (морской класс).

Внедрение новых перевозочных средств частично снимает техническую проблему отрицательного воздействия движительного комплекса на опорную поверхность движения аппаратов, повышает скорость доставки грузов и пассажиров, не требует строительства и содержания дорогостоящих инженерных сооружений (причалов, складов, подъездных путей к предприятиям промышленного транспорта и т.п.). Однако, ряд других проблем негативного влияния от работы транспорта на окружающую среду остаётся (выхлопные газы, шум и т.п.). Задача состоит в том, чтобы найти пути нейтрализации этого влияния.

Кроме этого внедрения НВА снимает проблему сезонной работы речного флота, а также проблему межбассейновых связей в широтном направлении.

Второе направление на современном этапе более перспективно, не требует значительных капитальных вложений, реализуется в более короткие сроки, хотя эффект от внедрения организационных мероприятий, может быть существенным.

В настоящее время на внутренних водных путях на перевозках грузов работают сотни самостоятельных предприятий и организаций. Основным недостатком действующей системы состоит в том, что эти предприятия и организации разрознены между собой, работают обособленно, в тоже время часть проблем, которые возникают перед ними в силу целого ряда причин, они самостоятельно решить не могут – необходима кооперация.

Основываясь на анализе работы отрасли в целом и её отдельных подразделений можно констатировать, что процесс размежевания закончился, выявились его положительные и отрицательные стороны, последних оказалось значительно больше, наступает период интеграции разрозненных предприятий на качественно новой экономической основе. Такие идеи находят воплощение в отрасли и в отдельных регионах. В частности, на базе Томской судоходной компании создан Обский филиал ассоциации портов и судовладельцев речного транспорта, куда вошли 28 организаций и частных предприятий. Филиал берёт на себя все функции по организации взаимодействия и координации деятельности членов АПСРТ в границах бассейна.

Внедрение принципов логистики на транспорте неизбежно приводят к необходимости развития транспортно-экспедиторской деятельности. Конечная цель в развитии этой деятельности – разработка схемы организации смешанных перевозок под управлением единого органа (оператора перевозки, центра логистики и т.п.). Транспортно-экспедиторские структуры должны брать на себя выполнение всех функций, которые связаны с доставкой грузов от грузоотправителя до грузополучателя: организация перевозки различными видами транспорта, выбор оптимальной схемы доставки, обеспечение отправки грузов в начальном пункте маршрута и получения его в конечном пункте, осуществление проверки количества и состояния груза, погрузку и выгрузку, хранение на складах, оформление документов, отслеживание грузовых и финансовых потоков, связанных с доставкой и оплатой всех транспортных услуг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водный транспорт, смешанные перевозки, единая транспортная система
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Рагулин Игорь Анатольевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАСУ»

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СХЕМЫ ЗАВОЗА ГРУЗОВ НА МАЛЫЕ РЕКИ ЧЕРЕЗ БАЗЫ КОНЦЕНТРАЦИИ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Зачёсов

Изложена последовательность проведения расчетов по обоснованию схемы завоза грузов в пункты малых рек через базы концентрации грузовых потоков

Завоз грузов в пункты малых рек в меженный период навигации осуществляется в сложных условиях. С одной стороны путевые условия на магистрали и малой реке различ-

ны. С другой – завоз грузов может осуществляться различными типами флота с разным количеством перевозок, в том числе и по номенклатуре перевозимых грузов, а также разными судоходными компаниями.

Все возможные схемы завоза грузов на малые реки можно разделить на две группы: маршрутные и немаршрутные. В первом случае перевозки осуществляются между пунктом отправления и пунктом назначения одним типом флота без изменения технологического процесса в пути следования. Во втором случае в каком-то условном пункте линии осуществляется перевалка грузов, паузка, отгрузка, расформирование состава, попутная доставка в магистральном составе и т.п.

При обосновании схемы движения флота при немаршрутной форме организации возможны два подхода (рисунок):

- 1 Обоснование схемы по каждой линии отдельно.
- 2 Обоснование схемы для группы взаимосвязанных линий.

Обоснование схемы по каждой линии отдельно производится в известной последовательности с последующим суммированием результатов по всем включенным в расчет линиям.

Для этого случая перевалочный пункт организуется в устье малой реки или в месте существенного перепада глубин судового хода.

Обоснование схемы для группы взаимосвязанных линий предусматривает включение в технологический процесс доставки грузов базы концентрации грузопотоков.

Базой концентрации грузопотоков условно называется перегрузочный пункт, где осуществляются грузовые операции, связанные с доставкой грузов в пункты нескольких малых рек и наоборот из пунктов малых рек на магистраль.

В этом случае обоснование схемы движения флота производится в следующей последовательности:

- производится анализ всех перегрузочных пунктов бассейна, дается их обобщенная характеристика;
- устанавливается география малых рек бассейна с общей характеристикой каждой малой реки;
- по каждому перегрузочному пункту бассейна устанавливается зона тяготения конкретных малых рек к этому пункту;
- в бассейне формируются логистические блоки доставки грузов из одного или нескольких пунктов на магистрали через базу концентрации грузопотоков в один или несколько пунктов назначения, расположенных на малых реках включенных в этот блок;
- производятся эксплуатационно-экономические расчеты по двум выделенным вариантам;
- анализируются результаты расчетов путем сравнения вариантов по заданному критерию оптимальности и выбирается наилучший.

Основные преимущества схемы перевозок грузов на малые реки через перевалочный пункт по сравнению с другими схемами состоят в следующем.

1 Улучшаются показатели использования флота, так как на магистральном участке используются крупнотоннажные суда и составы с максимальной загрузкой.

2 Малотоннажный флот работает в границах малой реки, в результате существенно сокращается пробег этого флота.

3 Снижается себестоимость перевозок вследствие улучшения показателей использования флота.

В то же время такой вариант схемы работы имеет недостатки. Основные из них следующие.

- 1 Необходимость создания или расширения производственных мощностей перевалоч-

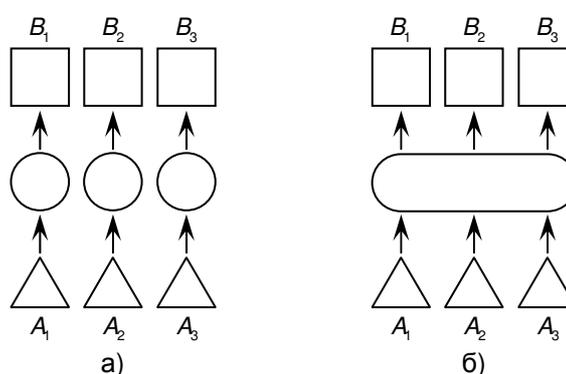


Рисунок – Схемы завоза грузов с магистрали на малые реки по вариантам «а» и «б»: Δ-пункты отправления; ○-пункты перевалки; ◯-база концентрации грузопотоков; □-пункты назначения

ных пунктов.

2 Увеличение объема перегрузочных работ в общей схеме доставки грузов от пункта отправления до пункта назначения.

3 Появление дополнительных затрат на обустройство производственных мощностей и увеличение объема перегрузочных работ.

4 Увеличение сроков доставки грузов из-за дополнительных затрат времени на перегрузочные работы в пунктах перевалки.

Организация базы концентрации грузопотоков частично устраняет или полностью нейтрализует имеющиеся недостатки по позициям 1 и 3.

При административно-плановой экономике выбор оптимального варианта схемы движения флота по направлению «магистраль-малая река» осуществлялся методом вариантов или с применением методов линейного программирования, исходя из дискретной постановки задачи при постоянных параметрах составляющих этой задачи.

Внедрение экономических принципов ведения хозяйства предполагает при постановке и решении эксплуатационно-экономических многовариантных задач учитывать возникающие неопределенности и коммерческие риски. В связи с этим для решения поставленной задачи предполагается использовать метод «многоуровневого иерархического анализа». Сущность этого метода сводится к попарному сопоставлению значений заранее обусловленного параметра (показателя).

В данном случае этот показатель предлагается в виде совокупных затрат, которые включают в себя капитальные вложения и эксплуатационные расходы с учетом значений рисков, возникающих при организации перевозок грузов и работы флота по разным транспортным схемам.

Необходимость учета экономических рисков при решении эксплуатационно-экономических задач на современном этапе обусловлена низкой рентабельностью и высоким уровнем износа основных фондов судоходных компаний, несоответствием инфраструктуры современным требованиям рынка, а также рядом других важных факторов. Это приводит к высокому уровню экономических рисков и снижению эффективности работы судоходных компаний.

В случае если имеются статистические данные об ущербах, которые несет судоходная компания можно определить частоту возникновения данного ущерба и представить реализацию соответствующего риска как вероятность, тогда показатель экономического риска можно определить исходя из следующей зависимости [1].

$$r = P(A) \cdot X,$$

где r – уровень риска;

X – величина ущерба при наступлении события A ;

$P(A)$ – вероятность наступления события A ,

$$P(A) = \frac{m}{n};$$

n – общее число случаев;

m – число случаев, благоприятствующих событию A .

Уровень риска применительно к каждому из вариантов также может быть определен на основании экспертных оценок специалистов с учетом компетентности экспертов.

Предлагаемое сравнение двух вариантов завоза грузов в пункты малых рек осуществляется через интегральный критерий J сравнительной эффективности транспортировки груза [2].

$$J = \frac{J_i}{J_j},$$

где J_i, J_j – критерии «затраты-риск» выбранной пары маршрутов i и j

$$J_i = C_i \sum r_i = \min; \quad J_j = C_j \sum r_j = \min;$$

C_i, C_j – совокупные затраты (капиталовложения) и эксплуатационные расходы по вариантам маршрутов;

$\sum r_i, \sum r_j$ – суммарные риски указанной пары маршрутов.

При этом, если $J = 1$, то эффективность вариантов транспортировки грузов от пункта отправления до пункта назначения одинакова. При $J < 1$ маршрут i -ый эффективнее j -го

маршрута, при $J > 1$ – наоборот, j -ый маршрут эффективнее i -го.

Рекомендуемая форма представления материалов, последовательность расчетов и анализ результатов представлены в таблице.

Таблица – Рекомендуемая форма представления материала и получение результата

Показатели	Количество перевозок, тыс. т			
	первый вариант		второй вариант	
	G_1	G_2	G_1	G_2
Инвестиции, руб./т	K_{11}	K_{12}	K_{21}	K_{22}
Текущие затраты, руб./т	\mathcal{E}_{11}	\mathcal{E}_{12}	\mathcal{E}_{21}	\mathcal{E}_{22}
Совокупные затраты, руб./т	$K_{11} + \mathcal{E}_{11}$	$K_{12} + \mathcal{E}_{12}$	$K_{21} + \mathcal{E}_{21}$	$K_{22} + \mathcal{E}_{22}$
Суммарный риск транспортировки	$\sum r_1$	$\sum r_1$	$\sum r_2$	$\sum r_2$
Приведенные затраты, руб./т	$(K_{11} + \mathcal{E}_{11}) \sum r_1$	$(K_{12} + \mathcal{E}_{12}) \sum r_1$	$(K_{21} + \mathcal{E}_{21}) \sum r_2$	$(K_{22} + \mathcal{E}_{22}) \sum r_2$
Интегральный критерий сравнительной эффективности вариантов:				
– при объеме G_1			J_1	
– при объеме G_2			J_2	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Государев, В.М.** Управление экономическими рисками в международных транспортных коридорах: учеб. пособие / В.М. Государев. -Н. Новгород: ВГИПА, 2005. -132 с.

2 **Порфирьев, Б.** Транспортировка нефтяных ресурсов в АТР: методология и результаты сравнения эффективности вариантов / Б. Порфирьев // Рос. экон. журн. -2006. -№4.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: малые реки, завоз грузов, экономический риск

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зачесов Александр Венедиктович, соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Н.В. Ноздрачева

Представлена характеристика рынка транспортных услуг по перевозке грузов речным транспортом на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО).

До начала 90-х годов основными лидерами по перевозкам грузов и пассажиров в Обь-Иртышском бассейне являлись Западно-Сибирское, Иртышское и Обь-Иртышское объединенное речные пароходства.

На сегодняшний день свои услуги по перевозкам на территории бассейна предлагают многие субъекты рынка: акционерные общества, общества с ограниченной ответственностью, индивидуальные предприниматели.

Наиболее крупные из них акционерные общества: Западно-Сибирское, Иртышское и Обь-Иртышское речные пароходства, а также Томская судоходная компания, Новосибирский, Омский, Тобольский, Сургутский и Салехардский речные порты. Они перевозят в Западно-Сибирском экономическом районе 50% различных грузов, а в северных районах – до 75%.

Открытое акционерное общество «Иртышское пароходство» (ОАО «ИРП») обслуживает обширную территорию и осуществляет доставку грузов в пункты Омской и Тюменской областей. Ежегодно, в период арктической навигации в Заполярье выполняются межбассейновые перевозки нефтепродуктов на Харасавэй и в Дудинку.

В рамках централизованного завоза топливно-энергетических ресурсов потребителям Ямало-Ненецкого автономного округа в 2006 г. объем перевезенных нефтепродуктов составил более 100 тыс. т, в том числе в пункты рек: Пур, Таз и Надым – около 13 тыс. т (15%).

Основной сектор в составе нефтепродуктов занимает дизельное топливо (82%), остальную долю составляют бензин (5%), керосин (13%), различные сорта масел (1%).

Доставка нефтепродуктов осуществляется как по прямому варианту из Омска и Сургута, так и с перевалкой в Салехарде для пунктов Заполярья, т.е. с выполнением перевозок в условиях прибрежно-морского плавания на акватории Карского моря, в Обской и Тазовской губе, в Енисейском и Гыданском заливах, вдоль западного побережья полуострова Ямал.

Завоз нефтепродуктов на реки Пур и Таз, в заполярные населенные пункты Гыда, Се-Яха осуществляется с распузкой танкеров типа «Ленанефть» (проект Р-77) в танкера проекта 866М.

В последние годы в Обской губе, севернее Нового порта, осуществляется загрузка морских танкеров путем бортовой перевалки нефтепродуктов из Ямбурга.

Межбассейновые перевозки нефтепродуктов и транспортировка сырой нефти в настоящее время являются наиболее перспективными как экономическом аспекте (получение доходов), так и в эксплуатационном (ввод в рабочее ядро тоннажа, ранее находившегося на холодном отстое).

В перевозках сухогрузов доминирует песок (более 85%), также перевозится уголь и лес. Перевозки выполняются в основном по Омской области, в том числе на р. Тара.

Открытое акционерное общество «Обь-Иртышское речное пароходство» (ОАО «ОИРП») обслуживает среднюю и северную части территории Западно-Сибирского региона. Основная номенклатура перевозимых грузов на современном этапе включает строительные и лесные грузы, щебень, песок, нефте- и хлебопродукты, каменный уголь, железобетонные изделия, детали жилых домов, различное оборудование, в том числе крупногабаритное и тяжеловесное, контейнеры. Пункты отправления и назначения грузопотоков: Тюмень, Сергино, Лабытнанги, Надым, Ямбург, Сурей-Юган, Омск, отдельные пункты Средней и Нижней Оби, Тазовское, Се-Яха, Харасавэй.

Кроме того, пароходство работает на заграничных. Доля прибыли от эксплуатационной работы на этих перевозках составляет более 30%.

Развитие производительных сил в Западной Сибири в увязке с существующей транспортной сетью выдвигает задачу широкого вовлечения в хозяйственный оборот региона малых водных путей, которые существенно расширяют обслуживание речным транспортом территории района. Флот ОАО «ОИРП» работает на 27 малых быстро мелеющих реках протяженностью 6,5 тыс. км. В разные периоды объемы перевозок по этой категории водных путей составляют до 3% от общего количества перевозок пароходства. Однако неосвоенными остаются до 40 малых рек, где осуществлять судоходство пока затруднительно из-за мелководья.

Открытое акционерное общество «Западно-Сибирское речное пароходство» (ОАО «ЗСРП») в основном обслуживают южную, среднюю и частично северную части территории региона, является важной составляющей инфраструктуры хозяйства Западной Сибири. Пароходство осуществляет перевозки различных грузов: минерально-строительные, наливные, лесные, хлебные, цемент, металл, соль, уголь и прочие.

Перевозки лесных грузов осуществляется в судах, как по магистральной реке, так и по притокам. Значительное количество лесных грузов вывозится из пунктов р. Кеть-Катайга и Степановка.

Номенклатура наливных грузов, перевозимых флотом ОАО «ЗСРП», разнообразна: дизельное топливо, масла, мазут, сырая нефть, бензины, авиакеросин. От общего количества перевозок наливных грузов дизельное топливо составляет 35,8%, авиакеросин – 26,3%, бензины – 12,7%, масла, мазут, сырая нефть – 25,2%.

Отправление нефтегрузов осуществляется из пунктов Ташара, Томск, Стрежевое, Кательга (р. Васюган), Мыльджино (р. Нюролька).

В настоящее время значительная доля перевозок осуществляется пароходством в районы Крайнего Севера и в местности, приравненные к ним.

Среди сухих грузов, отправляемых в районы Крайнего Севера и местности, приравненные к ним, существенное место занимают уголь, щебень, шлак, песок, ПГС.

Металлургические шлаки отправляются из Новосибирска, Ташары и Томска назначением до Самотлора, Нижневартовска и Ханты-Мансийска. В ОАО «Новосибирский речной порт» и на причалы пристани Ташара завоз металлургических шлаков производится в межнавигационный период (порядка 50% от общего навигационного объема перевозимого пароходством шлака).

Для предприятий Западной Сибири из Красного Плаката (10 км выше Камня-на-Оби) в Томскую и Тюменскую области осуществляются перевозки природного камня и щебня. Кроме того, природный камень и щебень отправляются из Малетино, а также Красного Плаката для предприятий Алтая, из Кемерово (р. Томь). Песчано-гравийная смесь собственной добычи отправляется из Томска (Коларово) до Колпашево и Нижневартовска.

Помимо своей основной деятельности акционерные общества стремятся к расширению сферы предоставляемых услуг с целью обеспечить устойчивое функционирование и развитие их в современных экономических условиях.

Кроме упомянутых акционерных судоходных компаний и других грузоперевозчиков, базирующихся вне Ямало-Ненецкого автономного округа на его территории также зарегистрированы операторы рынка транспортных услуг. Показатели перевозок грузов по основным из них за 2003-2004 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели перевозок по основным предприятиям водного транспорта ЯНАО

Наименование предприятия	2003 год		2004 год	
	масса перевозок, тыс. т	грузооборот, млн. ткм	масса перевозок, тыс. т	грузооборот, млн. ткм
ОАО «Салехардский речной порт»	95,1	19,6	75,3	28,3
ОАО «Пургеолфлот»	61,8	29,6	122,5	35,1
ОАО «Тазовский речной порт»	7,3	4,0	3,2	2,0
ОАО «Уренгойский речной порт»	126,6	15,6	87,7	29,6
ОАО «Надымский речной порт»	4,5	0,1	5,8	0,1
ОАО «Ямалгеолфлот	2,1	0,6	3,0	0,8
ЯНОУВП и С	–	–	4,0	3,5
Итого:	297,4	69,5	301,5	99,4

Анализ приведенных данных, полученных в департаменте транспорта, связи и дорожно-го хозяйства округа, свидетельствует о том, что ведущими грузоперевозчиками являются ОАО «Салехардский речной порт», ОАО «Уренгойский речной порт» и ОАО «Пургеолфлот». На их долю приходится 95% перевезенных грузов и 93% грузооборота. В структуре перевозимых грузов ОАО «Салехардский речной порт» преобладают сухогрузы (таблица 2).

Таблица 2 – Структура перевозимых грузов флотом ОАО «Салехардский речной порт» в динамике

Род груза	Объем перевозок по годам, тыс. т						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Нефтепродукты	8,2	11,2	10,8	14,7	15,3	15,9	14,9
Сухие грузы, в том числе:	65,7	114,7	605,8	80,4	60,0	64,6	89,4
– уголь	34,6	30,7	29,8	30,0	25,1	5,2	–
– металл	0,8	1,0	4,5	–	0,3	–	–
– строительные материалы	26,6	82,9	88,6	41,4	27,7	1,7	51,6
– прочие	3,7	0,1	482,9	9,0	6,9	57,7	22,8
Всего:	73,9	125,9	616,6	95,1	75,3	80,5	104,3

В результате анализа рынка транспортных услуг на территории Западной Сибири, в том числе Ямало-Ненецкого автономного округа, и его влияния на региональное развитие получены следующие выводы.

1 Рынок транспортных услуг по перевозке грузов в Обь-Иртышском бассейне сформировался и продолжает свое развитие. Базой для этого является, прежде всего, спрос, который определяется потребностями экономики и социальной сферы региона, территориальное размещение производительных сил и развитие общественного производства.

2 Произошло разделение рынка транспортных услуг между видами транспорта. Каждый из них занял соответствующий сектор. Речной транспорт – это перевозка массовых грузов и нефтепродуктов, добыча и перевозка нерудных строительных материалов, завоз грузов в районы Крайнего Севера и на малые реки, а также некоторые другие транспортные услуги. Однако, имеются определенные секторы, в которых наблюдается конкуренция между видами транспорта, например, внутрирайонные и областные перевозки.

3 Определелись основные операторы рынка транспортных услуг. Они возникли в результате реорганизации речных пароходств и крупных портов в акционерные общества. Между ними имеется острая конкуренция. Например, в завозе грузов в районы Крайнего Севера

ра и Заполярья участвуют ОАО «Западно-Сибирское речное пароходство», ОАО «Иртышское пароходство», ОАО «Обь-Иртышское речное пароходство», ОАО «Салехардский речной порт» и другие операторы. Речные пароходства и судоходные компании здесь имеют некоторое превосходство, поскольку обладают транспортным флотом для выполнения перевозок.

4 Оценивая уровень материально-технической базы речного транспорта Обь-Иртышского бассейна, отмечается физический износ основного оборудования и технических средств. На обновление производственных фондов не достаточно финансовых средств.

5 На рынке транспортных услуг действуют сотни небольших и мелких операторов с различной организационно-правовой формой: общества с ограниченной ответственностью, частные предприниматели и физические лица.

Подводя итог, можно сказать, что сформировавшийся рынок транспортных услуг на территории Западной Сибири по перевозке грузов речным транспортом характеризуется превышением предложения над спросом и острой конкуренцией между его операторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перевозка грузов, транспортные услуги, Ямало-Ненецкий автономный округ
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Ноздрачева Надежда Владимировна, аспирант ФГОУ ВПО «НГАСУ»

«СТРАТЕГИЯ-2030» И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЕНИЯ АЗИАТСКОЙ РОССИИ

ГОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.Я. Ткаченко, С.Э. Ольховиков

Дискутируется ряд положений «Стратегии развития железнодорожного транспорта России до 2030 г.», имеющих важное значение для экономики Сибири и Дальнего Востока. Они касаются развития опорной транспортной сети региона и трансконтинентальных транспортных коридоров, проектов создания Северо-Сибирской и Беринговской магистралей, а также принципов формирования сухопутных транспортных коридоров в районах нового хозяйственного освоения.

О формировании опорной транспортной сети. Восточные районы страны севернее Транссиба, со всеми их уникальными природными ресурсами, отличаются слабым хозяйственным освоением территорий. В то же время, пример высокого развития тяготеющих к Транссибу районов как нельзя лучше демонстрирует роль и значение транспорта в социально-экономическом развитии некогда практически безлюдных территорий. Показателен и более масштабный опыт США, где строительство железных дорог в новые районы стимулировалось политикой льгот и привилегий по хозяйственному их освоению. В результате в течение нескольких десятилетий удалось освоить «Дикий Запад» и развить на всем его пространстве соответствующие требованиям времени хозяйственные структуры. Примеры можно продолжить.

В нашей стране железные дороги являются ведущим видом транспорта. Если исключить трубопроводный транспорт, то на долю железных дорог приходится $\frac{3}{4}$ тонно-километрового грузооборота и более 40% – пассажирооборота. Необходимость освоения просторов восточного суперрегиона и высокие перевозочные характеристики железных дорог предопределяют их лидирующее положение еще на многие, многие десятилетия. Здесь мы остановимся на некоторых проблемах развития опорной сети железных дорог в восточных районах России.

От железных дорог опорной сети обычно строятся «дороги к ресурсам» и существующим поселениям, формируя транспортно-экономическое пространство. Понятно, что транспорт должен опережать хозяйственное освоение территории, но, одновременно, отвечать долговременному «заказу» общества на транспортное обслуживание создаваемых социально-экономических структур. В связи с этим возникают две взаимосвязанные проблемы.

1 Обосновать (выбрать) положение новых железнодорожных магистралей опорной сети. Ввиду высокой трудоемкости и стоимости их создания (более 100 млн. руб. за 1 км) при неудачном выборе положения трассы они могут на все последующее время определить излишне затратный сценарий хозяйственного развития новых территорий.

2 Сформировать надежный долговременный прогноз экономического развития, определяющий требования («заказ») к транспортному обслуживанию хозяйственных и социальных структур новых территорий.

Отметим, однако, что в обсуждаемых прогнозных документах все обстоит наоборот: концепция экономического развития страны разрабатывается до 2020 г., а строительство новых железных дорог в «Стратегии» – до 2030 г. [1]. Представляется, что в «Концепции» должны быть также обозначены (намечены) основные ориентиры развития экономики и на более продолжительные горизонты времени – до 2040-2050 гг. И хотя последующие периодические взаимокорректировки Концепции и Стратегии неизбежны, они не снижают важности определения подобных прогнозных ориентиров, поскольку позволяют целеориентированно и согласованно опережать расширение территорий интенсивного роста производительных сил, что для Азиатской России принципиально важно.

Транспортные коридоры в Азиатской России. Современное представление об опорной сети путей сообщения (включая железные дороги) связывается с формированием транспортных коридоров (ТК). Это отвечает процессу глобализации экономики и, соответственно, формированию и развитию международных транспортных, энергетических и информационных систем. Критские ТК, способствующие экономической интеграции стран Евросоюза, получают продолжение и развитие на Евразийском континенте.

Под ТК понимают магистральные транспортные коммуникации (одну или несколько) с соответствующим обустройством, согласованно функционирующих в определенных (с массовыми перевозками) направлениях и отвечающие стандартам международного уровня [2]. В системе ОСЖД (Организация сотрудничества железных дорог) под международным железнодорожным транспортным коридором понимают комплекс магистралей и железнодорожно-водных переправ, предназначенных для концентрации в них международных транзитных перевозок [3]. Предполагается, что ТК обеспечивают применение эффективных систем бесперегрузочных (интермодальных) технологий, при которых груз остается в одной грузовой емкости (например, в контейнере) на всем пути следования в смешанном сообщении.

Результаты исследований ИЭиОПП СО РАН и СГУПС позволяют говорить о системе потенциальных трансконтинентальных ТК на территории России. Три из них широтные и четыре – меридиональные. Широтные коридоры: Транссибирский («Транссиб»), Северный морской путь («Арктический») и, в будущем, Северороссийский. Меридиональные коридоры: «Север-Юг», «Уральский» («Урал промышленный – Урал Полярный»), «Енисейский», «Дальневосточный». Кроме ТК «Север-Юг» все они частично либо полностью располагаются (пройдут) по территории Азиатской России. Здесь мы остановимся на двух ТК – Северо-Российском и Дальневосточном.

Северо-Российский транспортный коридор. В «Стратегии-2030» расставлены приоритеты относительно инвестирования и строительства новых железных дорог. Абсолютным приоритетом наделяются стратегические и социально значимые линии, финансируемые в основном из федерального бюджета. Они способствуют сохранению и укреплению целостности страны и потому должны строиться даже если объемы перевозок вначале не оправдывают хотя бы нормативную экономическую эффективность инвестиционных вложений.

Следующим по принятой в Стратегии инвестиционно-рыночной классификации называются грузообразующие линии, предназначаемые для транспортного обеспечения новых месторождений полезных ископаемых и промышленных зон. Их строительство будет инвестироваться в соответствии с принципами государственно-частного партнерства на основе концессионного механизма.

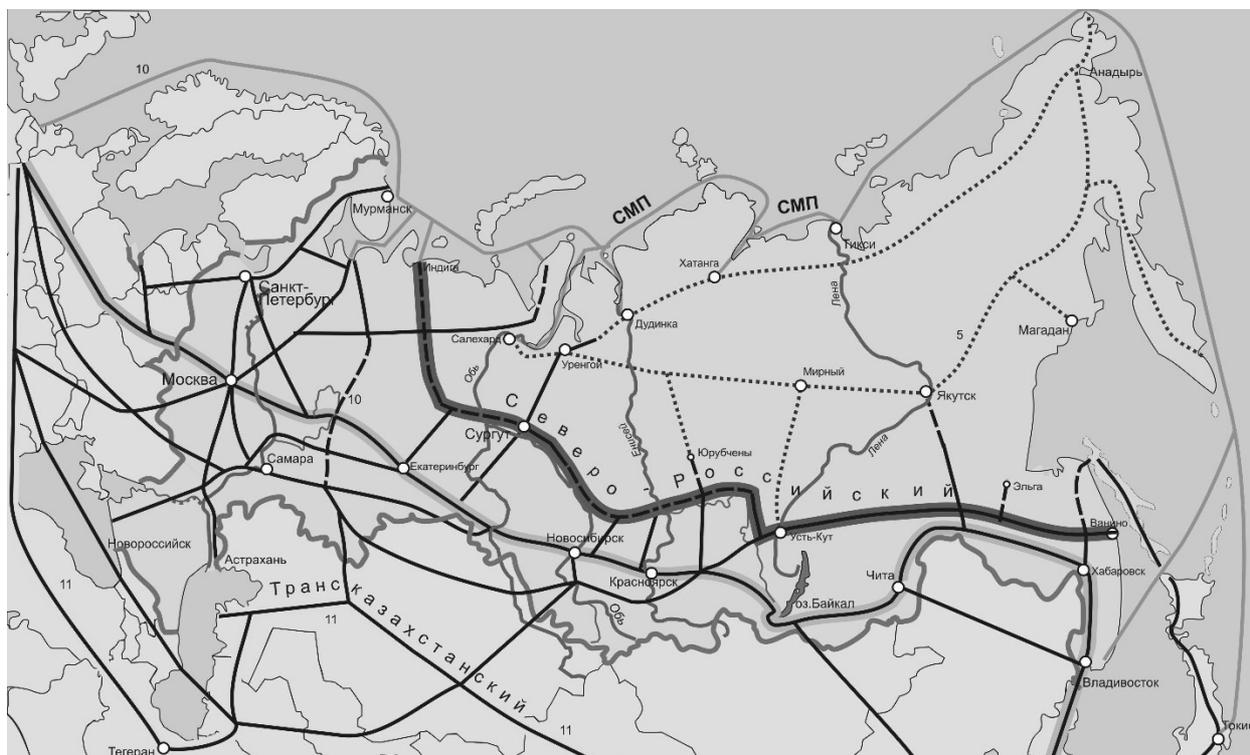
Правильное отнесение новой линии к той или иной категории весьма важно не только с позиции выбора инвесторов, но и по экономическим, социальным, геополитическим и иным возможным последствиям. Именно так обстоит дело с включением в «Стратегию-2030» проекта строительства Северо-Сибирской магистрали (Северосиба).

После распада СССР, когда резко ухудшились возможности выхода России на европейские и мировые рынки, стратегическое значение приобрела проблема создания нового – свободного и независимого выхода страны в Баренцево море [4]. В связи с этим ключевое

значение приобретает создание «второго Транссиба» – широтного Северо-Российского транспортного коридора (СРТК), который полностью, от Тихого океана до Баренцева моря проходил бы по территории страны. И это будет не просто грузообразующая магистраль. Она станет стержнем формирования нового широтного экономического пояса, подобного сложившемуся вдоль Транссиба. Это будет одновременно стратегическая и грузообразующая транспортная коммуникация, к тому же взаимодействующая с Транссибом по распределению внутрироссийских и транзитных международных перевозок.

Широтный СРТК представляется состоящим из 4 звеньев (рисунок):

- Восточного в составе БАМа с выходами к Татарскому проливу и портам Тихоокеанского побережья;
- Северо-Сибирского – от Усть-Илимска до Нижневартовска, Сургута;
- Урало-Сибирского – от Сургута, Ханты-Мансийска до Троицко-Печорска и Сосногорска;
- предполагаемого и обоснованного ИЭиОПП СО РАН и СГУПСом северо-западного европейского (Сосногорск-Индига) [4].



Железные дороги: — существующие, - - - планируемые до 2025 (первоочередные), - планируемые после 2025 (второй очереди), — Северный морской путь

Рисунок 1 – Положение Северо-Российского транспортного коридора в опорной транспортной решетке

Квалификация широтного коридора как стратегической магистрали бесспорна, так же как и грузообразующей, материализующей пророчество М.В. Ломоносова, что «Могущество России будет прирастать Сибирью и Северным океаном». В связи с этим представляется необоснованным, ошибочным принятое в «Стратегии-2030» решение о строительстве Северосиба как самостоятельной, исключительно грузообразующей линии. При этом СРТК как бы расчленяется: Урало-Сибирское звено не строится вообще, а линия Сосногорск-Индига «переводится» в разряд грузообразующих.

Недостатки такого решения очевидны:

- не решается важная стратегическая задача создания второго – «Северного Транссиба»;
- Транссиб действующий (при его ограниченной пропускной способности) не получает должной разгрузки для усиления транзитного контейнерного потока Европа – Азия и, в отдаленной перспективе, между странами Северной Америки и ЕС;
- Ханты-Мансийск вместо формирования транспортно-логистического узла со сквозной линией от Нижнеюганска довольствуется тупиковым железнодорожным подъездом от ст.

Салым на меридиональной линии Тюмень-Сургут;

– грузопотоки с Главсиба в северо-западном направлении (на Индигу) удлинятся более чем на 800 км [3, 4].

Обратим особое внимание на важность «выпадающего» из СРТК Урало-Сибирского звена для таких соседних территорий со взаимодополняющими экономиками, как Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий национальные округа, Свердловская область и Республика Коми. Так, интеграция Республики Коми и Северного Урала составляет один из путей решения как федеральных межотраслевых, так и межрегиональных экономических и социальных проблем европейского Северо-Востока и Урала. Ее осуществление будет способствовать решению следующих проблем соседних регионов [3, 4]:

– укреплению сырьевой базы алюминиевой промышленности, предприятий черной металлургии и других отраслей промышленности Урала;

– укреплению топливно-энергетической базы Урала за счет расширения поставок углей Печорского бассейна;

– формированию опорной сети железных дорог севера России и превращению Архангельска и Индиги в порты выхода глубинных регионов европейского Северо-Востока, Урала и Сибири на мировой рынок;

– смягчению социальной напряженности, росту занятости населения при освоении новых месторождений полезных ископаемых, лесных ресурсов, расширении транспортного строительства.

Представляется, что исключая широтное звено СРТК Ханты-Мансийск – Сосногорск мы повторяем прежние ошибки, допущенные, например, при консервации строительства широтной линии Салехард-Игарка. Теперь, в соответствии со «Стратегией-2030», мы вынуждены снова вернуться к строительству этой – Полярной железной дороги.

Коллизии создания Беринговской магистрали. Многоаспектной и поэтапной в реализации представляется проблема создания Дальневосточного транспортного коридора (ДТК), имеющая внутрироссийское (стратегическое, освоенческое, социально-экономическое) и международное значение. На международном уровне ДТК призван связать Канаду и США со странами Восточной Азии – Россией, Японией, Китаем и др.; вероятно и европейскими государствами. Основой ДТК должна стать межконтинентальная Беринговская железнодорожная магистраль, с мостовым либо тоннельным переходом через Берингов пролив [5]. При соединении Транссиба и БАМа с сетью дорог Корейского полуострова и Японии экономическое геополитическое значение ДТК возрастет.

Географическое положение России на планете таково, что она в той или иной мере «перекрывает» все 3 ребра геостратегического транспортно-экономического треугольника: северо-восточный «Америка-Европа», юго-восточный «Америка-страны ЮВА» и широтный восток-запад «страны ЮВА-Европа». При реализации проекта, правильной расстановке приоритетов и грамотном сочетании глобальных и национальных интересов Россия может существенно повысить свою геостратегическую роль в мире и получить весомые экономические «дивиденды».

Идея сухопутного соединения двух континентов восходит к началу XX в. Французский инженер Лойк де Лобель в 1900 г. выступил с обоснованием целесообразности участия в железнодорожном строительстве в Сибири французского капитала, который имел приоритетные позиции в России. Дорогу предполагалось строить от Иркутска или Канска на Транссибе через Якутск и Верхнеколымск на мыс Дежнева. Российский участок длиной 5300 км планировался как I очередь строительства дороги. Возведение американского участка относилось на II очередь. В результате, как декларировалось, был бы сформирован прямой путь от Парижа до Нью-Йорка.

Формой участия Франции в строительстве Сибире-Аляскинской железной дороги Лобель видел концессию продолжительностью в 90 лет с гарантией получить право на эксплуатацию всех видов ресурсов в полосе отчуждения шириной более 24 км. Коридор, с исключительной юрисдикцией иностранных концессионеров, по существу, надвое разделял весь Северо-Восток России, подобно тому, как это было сделано в государствах прохождения Суэцкого и Панамского каналов.

Проект, после длительного обсуждения, был отклонен. Отказ мотивировался политической и экономической опасностью представления иностранному капиталу особых прав, хозяйственного и территориального иммунитета, несовместимого со статусом суверенного государства.

В советское время строительство железной дороги до мыса Дежнева было включено в прогноз железнодорожного строительства, но без указания выхода на американский континент. С распадом СССР американская сторона вернулась к проекту Беринговского ТК, имея ввиду и усиление сухопутной связи с Европой. К сожалению, проект строительства Беринговского ТК обсуждается, в том числе и на последнем форуме в 2007 г., по существу, без учета пропускной способности Транссиба, которая уже сейчас приближается к пределу. В связи с этим возникают две задачи, которые не нашли отражения в «Стратегии-2030»:

- увязать программы (и сроки) строительства Беринговской и Северо-Российской магистралей;
- кто и на каких условиях будет финансировать строительство Беринговской магистрали.

Увеличение объемов передаваемых с Беринговской магистрали широтных международных перевозок уже само по себе означает необходимость строительства не просто грузообразующего Северосиба, а сквозного Северо-Российского ТК. Соответственно и сроки завершения обоих коридоров должны быть примерно одинаковы. Отсюда следует, что проекты строительства двух магистралей следует разрабатывать как единую сопряженную программу, увязанную по временным, техническим, эксплуатационным и другим параметрам.

Далее. Если Беринговскую магистраль предполагается использовать главным образом для пропуска иностранного транзита между Америкой и странами ЮВА, и возводиться она будет на средства иностранных инвесторов, то строительство Беринговской магистрали может осуществляться по самостоятельному проекту.

О формировании транспортного коридора. Можно различать очаговый и линейно-очаговый принципы хозяйственного освоения новых территорий. Первый предпочтителен в районах Крайнего Севера, когда «очаг» отделен от промышленно развитых районов территорией, освоение которой в обозримой перспективе экономически нецелесообразно. В зоне Ближнего Севера, где будут проходить Северо-Сибирская и часть Беринговской магистрали и которая богата лесом и другими природными ресурсами, предпочтительным является линейно-очаговый принцип освоения. В советское время эта схема нашла свои организационные формы в территориально-производственных комплексах (ТПК) и промузлах. Как правило, она требует устройства транспортной бимагистрали в составе железной и автомобильной дорог. Последняя обязательно, прежде всего, как технологическая дорога в строительстве железной дороги. При необходимости ее достаточно легко преобразовать в категориюную автодорогу общего пользования. Битранспортная магистраль приобретает новые важные качества: свойственные железной дороге массовость и низкую стоимость перевозок и свойственную автотранспорту мобильность, что важно для освоения пояса хозяйственного тяготения.

Периферийность, удаленность района освоения обуславливает большую протяженность и принципиально одинаковую направленность всех видов коммуникаций – энергетических, информационных, трубопроводов и др. Их бывает целесообразно соединить в «пучок» и прокладывать в едином транспортном коридоре. В определении положения трассы коридора основная роль принадлежит путям сообщения – железной и автомобильной дорогам.

Обоснование очередности и характера формирования и развития транспортного коридора составляет важную задачу разработки территориальной программы освоения. Экономически, организационно и технологически оправдана следующая схема долговременного его развития:

- 1) устройство облегченной пионерной автодороги (с использованием сезонных видов транспорта и авиации);
- 2) устройство ЛЭП, линии связи вдоль нее и первоначальное хозяйственное освоение района;
- 3) сооружение облегченной (либо расчетной категории) железной дороги;
- 4) наращивание темпов развития и расширения зоны хозяйственного освоения, строительство трубопроводов и т.д.;
- 5) стадийное усиление автодороги либо железной дороги – для удовлетворения возросших потребностей в перевозках;
- 6) полномасштабное хозяйственное развитие территории.

Итак, в общем, плане транспортного обслуживания экономического района железную и автомобильную дороги целесообразно проектировать совместно, как битранспортный коридор, однако каждую из них лучше строить в свое время. При этом устройство автодороги

можно рассматривать как первый этап развития района и освоения перевозок. Строительство железной дороги составит высший этап. При наличии удовлетворительной автодороги строительство железной дороги может осуществляться высоким темпом, с эффективным применением прогрессивных технических и организационно-технологических решений, обеспечивающих низкую стоимость и трудоемкость строительного-монтажных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Железнодорожный съезд** // Гудок. -2007. -24/25 сент.
 - 2 **Единая транспортная система** / под ред. В.Г. Галабурды [и др.]. -М.: Транспорт, 2001. -303 с.
 - 3 **Ткаченко, В.Я.** Организация и методы транспортного строительства / В.Я. Ткаченко, В.П. Перцев, В.С. Воробьев. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2007.
 - 4 **Проблемные регионы ресурсного типа: экономическая интеграция Европейского Северо-Востока, Урала и Сибири** / под ред. В.В. Алексеева [и др.]. -Новосибирск: ИЭи-ОПП СО РАН, 2002. -356 с.
 - 5 **Ламин, В.А.** Глобальный трек: развитие транспортной системы на востоке страны / В.А. Ламин, В.Ю. Пленкин. -Екатеринбург: УРО РАН, 1999. -199 с.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* стратегия развития железнодорожного транспорта России, транспортные коридоры
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ткаченко Виктор Яковлевич, докт. экон. наук, профессор ГОУ ВПО «СГУПС»
Ольховиков Сергей Эдуардович, аспирант ГОУ ВПО «СГУПС»

ТРАНСПОРТНЫЙ ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР – ОСНОВА УСПЕШНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.А. Мартынов

Изложены основные положения по созданию транспортных логистических центров и основные прогнозируемые результаты их функционирования.

О создании логистических центров по всей территории страны говорят давно.

Существует четыре подхода к логистической организации перевозок в смешанном железнодорожно-водном сообщении:

- 1) организация перевозок при наличии оператора фрахта;
- 2) организация перевозок при наличии оператора смешанной перевозки;
- 3) при функционировании узлового информационно-координационного логистического центра;
- 4) при создании регионального управляющего транспортно-логистического центра.

Основные формы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и сферы их эффективного применения приведены в таблице.

Само слово «логистика» не имеет единого общепринятого определения. Кому-то хватает для описания логистики нескольких слов, другим, особенно учёным-транспортникам, едва хватает полстраницы текста. О логистических центрах сегодня говорят много, на различных уровнях и с разных позиций. В Советском Союзе они назывались транспортно-экспедиторскими, реально существовали, реально работали и приносили немалую пользу. Это были гигантские промышленно-социальные структурные единицы советской экономики. Например, Брестский транспортно-экспедиционный центр занимал площадь в 30 гектаров.

Для координации деятельности всех видов транспорта необходимо создание межтранспортной логистической системы на базе логистических центров, организующей взаимодействие всех ее участников, направленное на единую цель – организацию качественной перевозки грузов (быстро, сохранно, дешево) с наименьшими затратами и оптимальной прибылью для всех участников транспортного процесса.

Основными целями создания логистической системы управления грузопотоками являются:

- обеспечение беспрепятственного прохождения грузов через стыковые пункты транспортных узлов;

- оптимизация перевозочного процесса с участием нескольких видов транспорта;
- ускорение продвижения грузов;
- максимальное использование существующих возможностей всех видов транспорта, в т.ч. создание условий наиболее полного использования возможностей портов России;
- привлечение дополнительных грузопотоков на транспортные коридоры, проходящие по территории России [1].

Таблица – «Основные формы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и сферы их эффективного применения»

Форма взаимодействия	Участник взаимодействия	Элемент воздействия	Сфера эффективного применения
Операторы фрахта	Отправитель, порт, судно	Подвод судна к определенному сроку	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта. Равномерное прибытие вагонов и судов
Операторы смешанных перевозок	Отправитель, железнодорожный перевозчик, российский порт, судно, иностранный порт, получатель	Согласованный подвод судна к дате прибытия вагонов в порт	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта
Информационно-координационные логистические центры	Железнодорожный перевозчик, порт	Согласованный подвод вагонов к дате прибытия судна	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта
Управляющие транспортно-логистические центры	Отправитель, железнодорожный перевозчик, российские порты региона, суда, иностранные порты, получатели	Взаимосогласованный подвод вагонов и судов	При любых соотношениях объема заявок отправителей на погрузку в адрес портов региона и их выгрузочных возможностей

Достижение этих целей в конечном итоге должно снизить затраты грузовладельцев на перевозку грузов, уменьшить транспортную составляющую в стоимости продукции, повысить доходность и устойчивость функционирования транспортного комплекса России, способствовать развитию экономики страны в целом и увеличению внутреннего валового продукта (ВВП).

Согласованное развитие всех видов транспорта, во-первых, создает предпосылки для их взаимодействия там, где оно еще не реализовано, во-вторых, позволяет увеличить потенциал существующего взаимодействия за счет более рационального использования преимуществ отдельных видов транспорта [2].

Прообразы логистических центров не только уже созданы, но и практически работают в системе ОАО «РЖД». Это логистический центр Новороссийского транспортного узла на базе станции Новороссийск, логистический центр Северо-Кавказской железной дороги в г. Ростове и логистический центр Октябрьской дороги в г. Санкт-Петербурге. В настоящее время аналогичные центры создаются на Дальневосточной и Калининградской железных дорогах. При всем этом создание логистических центров в транспортных узлах целесообразно создавать на коммерческой основе, когда участниками являются акционеры смежных видов транспорта, других причастных организаций, а также частные лица. При этом логистический центр работает на единую технологическую задачу – привлечение для пропуска и переработки грузопотоков, оптимизацию этого процесса, увеличение объемов перевозок и переработки, и как следствие – получение на этой основе прибыли для акционеров. Главный логистический центр должен решать задачи стратегического управления грузопотоками на направлениях и транспортных коридорах, оперативно координируя деятельность региональных логистических центров во взаимодействии с центральными управляющими органами разных видов транспорта и международной логистической системой.

Региональные логистические центры (РЛЦ) должны осуществлять оперативное управление в рамках своего региона во взаимодействии со смежными РЛЦ и районными логистическими центрами транспортных узлов своего региона. Районные логистические центры транспортных узлов, являясь концентраторами информационных ресурсов, аккумулируют в себе и реализуют на консолидирующей основе все без исключения технологические функции единого управления работой транспортным комплексом решающих узлов. Основной задачей логистических центров транспортных узлов является обеспечение слаженного техно-

логического взаимодействия всех участников процесса в транспортном узле. Функционирование современной системы управления процессом перевозок на любом виде транспорта возможно только благодаря ускоренному, широкомасштабному и повсеместному внедрению комплекса автоматизированных систем и технологий (АСиТ) на всех уровнях процесса управления. На железнодорожном транспорте созданы мощнейшие информационные ресурсы, сконцентрированные в Главном вычислительном центре ОАО «РЖД» и информационно-вычислительных центрах дорог (ИВЦ дорог), имеются современные каналы связи, позволяющие вести оперативный обмен данных практически с любой точкой страны. Созданные информационные ресурсы и каналы связи остро востребованы всеми структурами и подразделениями железнодорожного транспорта, а также смежными видами транспорта и другими сторонними и внешними организациями, причастными к транспортному процессу. Технология логистического управления грузопотоками и вагонопотоками должна основываться на принципе диспетчеризации с использованием комплекса взаимосвязанных информационно-управляющих автоматизированных систем и технологий, к которым на железнодорожном транспорте относятся следующие системы:

- сетевая интегрированная информационно-управляющая система («СИРИУС»);
- автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов – электронная транспортная накладная («ЭТРАН»);
- автоматизированная система обеспечения своевременной и адресной доставки грузов («Грузовой экспресс»);
- автоматизированная система управления местной работой («АСУ ЦУМР») и др.

Одной из главных задач автоматизированных систем логистического управления грузопотоками в крупных узлах, должно быть обеспечение согласованного подвода грузов и подвижного состава к стыковым пунктам различных видов транспорта: портам, перегрузочным станциям, основным терминалам, крупным промышленным комплексам. Грузовой подвижной состав, например вагон с грузом, следующий в адрес порта, с момента появления информации о нем в автоматизированной системе учета наличия и продвижения подвижного состава и грузов (для железнодорожного транспорта это система «ДИСПАРК») через взаимосвязь с другими системами – «СИРИУС», «ЭТРАН», «Грузовой экспресс», «АСУ ЦУМР» – ускоренно продвигается к станции назначения. Время его продвижения на всех этапах контролируется. Постоянно прогнозируется время прибытия на грузовой фронт под выгрузку и одновременно с этим планируется и постоянно прогнозируется подход судна, на которое должен быть перегружен груз из этого вагона. Определение точного времени прогноза подхода вагона с грузом под выгрузку в транспортный узел (на каждый подъездной путь, грузовой фронт) особо важно, так как благодаря этому можно заблаговременно спланировать и обеспечить готовность грузового фронта, средств погрузки-выгрузки, людских ресурсов и автотранспорта. Прогноз времени прибытия груза также важен при подвозе сырья для крупных промышленных комплексов, технология работы которых выстроена на обеспечении непрерывного производственного цикла, сложных взаимосвязанных внутрипроизводственных и внутрицеховых процессах и которые в настоящее время вынуждены держать неприкосновенный запас сырья на складах, омертвляющий значительную часть оборотных средств.

Технология работы логистического центра транспортного узла должна основываться на едином сквозном технологическом процессе работы узла, предусматривающем согласованный со всеми участниками процесса подвод грузопотоков и порожнего подвижного состава (вагонов, судов, автомобилей), обеспечивающего дальнейшую перевозку груза. Единый сквозной технологический процесс работы узла должен базироваться на экономической и правовой основе адекватной современной ситуации. В нем должны быть определены основные типовые обязательства сторон, участвующих в едином процессе, достаточные для того, чтобы служить регулятором их отношений, а также ответственность и санкции за их невыполнение для всех участников. Создание и внедрение на основе единого технологического процесса работы транспортного узла (ЕТП) автоматизированной системы управления транспортным комплексом узла должно быть информационно и технологически увязано с Главным и региональными логистическими центрами, логистическими службами смежных видов транспорта – участниками транспортного процесса, крупными производителями продукции, центром управления перевозками (ЦУП) ОАО «РЖД», дорожными центрами управления перевозками (ДЦУ), центрами по управлению местной работой (ЦУМР) отделений железных дорог. Обеспечение сбалансированности процессов планирования погрузки, самой погрузки, пропуска груза до станции назначения, выгрузки в транспортных узлах на сты-

ках взаимодействия со смежными видами транспорта можно достигнуть только путем заблаговременной передачи из системы СФТО через ЦУМР района планирования погрузки в ЦУМР района выгрузки информации о согласовании параметров перевозки (род и количество груза, дата необходимого прибытия) в транспортный узел. После подтверждения возможности организации перевозки согласованная заявка должна быть возвращена в район планируемой погрузки для ее реализации.

Такое управление процессом заблаговременного планирования погрузки и согласованного подвода вагонов с грузами в порты обеспечит эффективное формирование судовых партий и именно уже на этапе заблаговременного планирования погрузки на станции отправления, а не на подходе к станции назначения или на самой станции, как это делается сейчас, когда вагоны непроизводительно простаивают в ожидании выгрузки или подхода судов. По фактам непроизводительного простоя вагонов с грузами в ожидании их выгрузки по вине участников транспортного процесса, согласовавших планируемую перевозку, последние должны возмещать эти потери железнодорожному транспорту. Любая подборка вагонов, выходящая за рамки установленной системы организации вагонопотоков на железнодорожном транспорте (план формирования поездов), по просьбе смежных участников транспортного процесса последними должна оплачиваться, так как этот вид работы является дополнительной услугой, которая ложится на железнодорожный транспорт дополнительными эксплуатационными затратами. Единый технологический процесс работы транспортного узла должен предусматривать не только взаимодействие различных видов транспорта, участвующих в организации перегрузки грузов, но и организацию взаимодействия органов государственного контроля: таможенной, пограничной, ветеринарной, санитарно-эпидемиологической и иных служб, сопровождающих перевозку. Важнейшими технологическими элементами комплексной автоматизированной системы по обеспечению четкого и слаженного взаимодействия участников транспортного процесса в транспортном узле являются следующие:

- отображение информации у всех пользователей системы по каждому вагону, следующему в узел, с указанием необходимой информации (род и вес груза, реквизиты грузоотправителя, грузополучателя и т.п.) и прогноза времени прибытия по назначению;
- по мере продвижения вагона с грузом на всем пути его следования к станции назначения система постоянно поддерживает прогнозный режим прибытия вагона по назначению, а в случае необходимости корректирует его с указанием причин изменения прогноза;
- с учетом готовности грузовых фронтов, транспортных средств смежных видов транспорта и других факторов система заблаговременно регулирует согласованный подвод вагонов с грузами на станцию назначения и грузовой фронт, давая при этом соответствующие рекомендации диспетчерам логистических центров транспортных узлов, центров управления местной работой (ЦУМР) отделений железной дороги;
- решение проблемы автоматической унификации расписаний движения поездов, судов и других транспортных средств по мере поступления заявок на грузовые перевозки;
- автоматизация планирования работ обслуживающего персонала, диспетчерского аппарата и сменных работников в соответствии с реальными загрузками элементов транспортного комплекса;
- предварительное уведомление таможенных постов и других пунктов государственного контроля и сертификационного оформления о предстоящем поступлении груза путем передачи сопроводительных документов в электронном виде.

Несколько слов следует сказать о принципах финансирования деятельности логистических центров и реализации современных интернет-технологий. Основными источниками финансирования деятельности логистических центров должна являться плата за оказываемые услуги при транспортировке грузов различными видами транспорта. В целях привлечения клиентов целесообразно устанавливать привлекательные (низкие) тарифы за оказываемые услуги, а необходимый объем финансирования получать благодаря большому обороту денежных средств, сопровождающему увеличивающийся поток перерабатываемых грузов. Дополнительными источниками финансирования логистических центров должна являться плата за услуги интернет-магазина и плата от рекламы товаров. Одним из видов работы информационно-аналитических отделов логистических центров должно являться обслуживание специально созданных сайтов Интернета, в которых должна размещаться информация о товарах, перерабатываемых на территории логистического центра и продаваемых фирмами-клиентами. Такая реклама должна быть высокоэффективной, поскольку профессиональ-

но разработанный и оформленный сайт логистического центра, аккумулирующий информацию о товарах, будет посещаться потенциальными клиентами значительно чаще, чем сайты отдельных фирм. Кроме того, через этот сайт должно поступать большое число заказов на информационные услуги логистического центра, качество которых будет гарантировано его репутацией.

Основные планируемые результаты создания логистической системы:

- сокращение времени передачи грузовых единиц с одного вида транспорта на другой;
- рациональное использование существующих и проектируемых мощностей инфраструктуры всех видов транспорта;
- расширение перечня услуг, оказываемых при транспортировке грузов, выполняемых по современным требованиям – «от двери до двери» и «точно в срок»;
- ускорение расчетов за перевозки и дополнительные услуги, сокращение расходов на развитие электронного документооборота отдельно на каждом виде транспорта, уменьшение временных и других затрат, связанных с обработкой бумажной документации [1].

Результаты деятельности созданных логистических центров уже на первом этапе их работы показали достаточную эффективность их образования.

К сожалению, в настоящее время в России нет органа, который бы осуществлял оперативное регулирование перевозок грузов в единой транспортной системе государства. Оперативное управление перевозочным процессом разделено по видам транспорта, участвующего в цепи перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Алисейчик, В.А.** Логистика пришла в Россию, кто её возглавит? / В.А. Алисейчик // Междунар. экспедитор. -2005. -№5.

2 **Ларин, О.Н.** Методологические аспекты интеграции различных видов транспорта в единую систему / О.Н. Ларин // Вест. трансп. -2007. -№7.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортно-логистический центр, регулирование перевозок грузов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мартынов Алексей Александрович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАСУ»

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

М.Е. Аникеева

Представлен аналитический комплекс оценки эффективности стратегического планирования развития организаций транспортного строительства.

Концептуальной основой эффективности развития потенциала транспортного строительного комплекса является системность, цикличность, сбалансированность. Системность предполагает формирование структурного каркаса потенциала, цикличность – динамику движения ресурсов и продукции, сбалансированность отображает качественное состояние равновесия компонентов потенциала. Исследованиям данного научного направления посвящено достаточно большое число работ. Среди них следует выделить работы [1-4]. Вместе с тем отдельные аспекты разработки инструмента управления эффективностью стратегического планирования организации транспортного строительства остаются актуальными и требуют исследования на моделях равновесия потенциала.

Примем за основные следующие компоненты концептуальной модели развития потенциала: предметная область исследования; объект управления; предмет управления; инструмент исследований; область ограничений исследований.

Предметная область исследования рассматривается как множество классов, включающее технические, экономические, финансовые блоки. Содержательной частью технического блока является решение задач многовариантного формирования инвестиций, технологии, фондов развития; экономического – решение задач экономического механизма с возможностью многовариантного формирования стратегии развития; финансового – решение задач

системой методов качественных и количественных оценок повышения эффективности стратегического планирования организации.

Под объектом управления понимается экономический потенциал, обеспечивающий поддержку реализации стратегических параметров, определенных в области исследований организаций транспортного строительства.

Предметом управления является экономический механизм, обеспечивающий функционирование и развитие экономического потенциала. В качестве инструмента исследований выступают социально-экономические и финансовые модели, имитационные методы, отображающие степень повышения эффективности стратегического планирования.

Область ограничений исследований определяется расчетным интервалом развития организации, рисками, временем и ресурсами планирования.

На основании этих положений сформулированы задачи исследования, к которым относятся следующие:

а) основная задача исследования – установить экономические закономерности влияния факторов технологического развития строительства транспортных объектов на ключевые параметры потенциала строительной организации;

б) частные задачи исследования:

- сформировать структуру имитационного механизма исследования потенциала из блоков, поддерживающих процесс имитации развития потенциала;
- разработать обобщенный алгоритм процесса имитации развития потенциала;
- разработать имитационные модели функциональных блоков потенциала;
- выполнить аналитический расчет по моделям имитации потенциала;
- представить имитационные модели в системе оценок интенсивных методов развития потенциала;
- представить данные имитационных моделей в формате проектов развития потенциала.

Методической основой разработки являлось представление процесса стратегического планирования развития на основе ситуационного моделирования и управления. В каждой фазе процесс планирования отображается ситуационной и имитационной моделью. Модель представляет собой совокупность управляющих автоматов, которые в зависимости от конкретной ситуации вырабатывают управленческие решения для воздействия на имитационную модель, отображающую в свою очередь события в каждой фазе процесса планирования.

Обобщенная имитационная модель представлена следующими характеристиками: множеством классов ситуации; множеством управляющих воздействий; множеством технико-экономических решений; множеством фазовых ситуационных моделей процесса стратегического планирования.

Оценка решений по имитации экономического состояния потенциала осуществлена на основе: сценарной модели исследований; алгоритма процедур исследования модели.

Аналитическим комплексом решаются три основные задачи: нормализации параметров стратегии, организационных структур, средств автоматизации.

Разработка модулей стратегического плана различными методами представлена в таблице.

В составе сценарной модели принята технология изучения отклика экономического состояния потенциала на влияние ключевых параметров, позволяющих получить факторные модели управления экономическим состоянием потенциала. Процесс изучения расчетных зависимостей осуществлялся автором по фазовым состояниям в зависимости от влияния: темпов снижения материальных затрат производства строительной продукции (услуг) – сценарий I; темпов повышения затрат на зарплату работников на производство строительной продукции (услуг) – сценарий II; темпов повышения фондоотдачи потенциала производства строительной продукции (услуг) – сценарий III.

Алгоритмом исследования предусматривалось осуществление следующих процедур: формирования технико-экономических и финансовых показателей сценариев развития потенциала; анализа зависимостей показателей развития потенциала от факторов развития; аппроксимации расчетных зависимостей линейными уравнениями регрессии; представления модели развития потенциала системой линейных зависимостей, определенных экспериментальными расчетами.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица – Аналитический комплекс эффективности стратегического планирования развития строительных организаций

Наименование методов	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3																																																																																										
Структурная схема																																																																																													
Балансовый метод	$СП \equiv \cup БП$	$БП \equiv \cup РП$	$РП \equiv PC_{iz}$																																																																																										
Аналитический метод	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">С(БП)</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">ЗД</td><td style="text-align: center;">ЗД</td><td style="text-align: center;">ЗД</td><td style="text-align: center;">ЗД</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	С(БП)						ЗД	ЗД	ЗД	ЗД	БП	1	0	0	0	БП	0	1	0	0	БП	0	0	1	0	БП	0	0	0	1	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">БП</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">БП</td><td style="text-align: center;">БП</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Р1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Р2</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">...</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Рn</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	БП						БП	БП	БП	БП	Р1	1	0	0	0	Р2	0	1	0	0	...	0	0	1	0	Рn	0	0	0	1	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">РП</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">Р</td><td style="text-align: center;">Р</td><td style="text-align: center;">Р</td><td style="text-align: center;">Р</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ис1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ис2</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">...</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Исn</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	РП						Р	Р	Р	Р	Ис1	1	0	0	0	Ис2	0	1	0	0	...	0	0	1	0	Исn	0	0	0	1
С(БП)																																																																																													
	ЗД	ЗД	ЗД	ЗД																																																																																									
БП	1	0	0	0																																																																																									
БП	0	1	0	0																																																																																									
БП	0	0	1	0																																																																																									
БП	0	0	0	1																																																																																									
БП																																																																																													
	БП	БП	БП	БП																																																																																									
Р1	1	0	0	0																																																																																									
Р2	0	1	0	0																																																																																									
...	0	0	1	0																																																																																									
Рn	0	0	0	1																																																																																									
РП																																																																																													
	Р	Р	Р	Р																																																																																									
Ис1	1	0	0	0																																																																																									
Ис2	0	1	0	0																																																																																									
...	0	0	1	0																																																																																									
Исn	0	0	0	1																																																																																									
Организационный метод	$\langle O, Z, T, Z \rangle$ $\mathcal{E} \equiv \max D$	$\langle O, Z, T, Z \rangle$ $\mathcal{E} \equiv \max D$	$\langle O, Z, T, Z \rangle$ $\mathcal{E} \equiv \max D$																																																																																										
Сетевой метод	$T_{СП} = \sum T_{БП}$	$T_{БП} = \sum T_{РП}$	$T_{РП} = \sum T_{PCi}$																																																																																										

Обозначения: СП-стратегический план; СТ-стратегический; ТК-тактический; ОП-оперативный; БП-бизнес-план; ОФ-основные фонды; МТ-материальные ресурсы; ТХ-технологии; СН-снабжение; СП-производство; СБ-сбыт; ЗД-задачи; Р1, Р2-ресурсы; Ис-исполнитель, О-объем, З-затраты

Оценка динамики влияния факторов экстенсивно-интенсивных методов развития выполнена на основе аналитических расчетов и представлена на рисунке 1. Анализом установлено, что экономика потенциала представляется неравномерно развиваемой во времени структурой затрат и результатов.

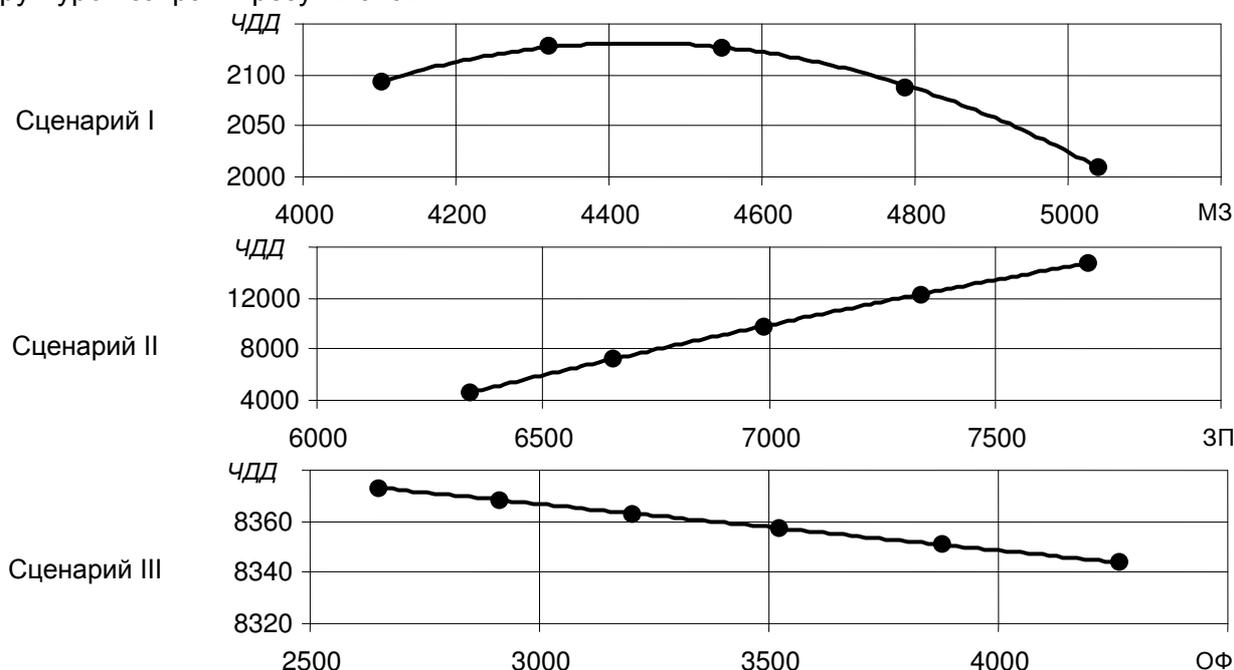


Рисунок 2 – Графики зависимостей параметров планирования на примере ООО «Спецстрой-3»

По параметрам фонда развития, заработной платы, ресурсов, чистого дохода, чистого дисконтированного дохода, фондоотдачи отмечается тенденция резкого изменения их значений в момент ввода новой технологии.

Базовая зависимость представлена уравнением:

$$y = \frac{ОФ_{осн}}{МТ} + \frac{ОФ_{вспом.}}{МТ} + \frac{ОФ_{с.с.с.}}{МТ}, \quad (1)$$

где $OF_{осн}$ – фондоотдача основного производства;
 $OF_{вспом.}$ – фондоотдача вспомогательного производства;
 $OF_{с.с.с.}$ – фондоотдача сервисной службы.

Из этой зависимости получены следующие уравнения:

$$Y_1 = -0,0003x_1^2 + 2,97x_1 - 4466,4 ; \quad (2)$$

$$Y_2 = -0,0008x_2^2 + 18,906x_2 - 82371 ; \quad (3)$$

$$Y_3 = 2 \cdot 10^{-9}x_3^2 - 0,0182x_3 + 8421,3 , \quad (4)$$

где Y_1, Y_2, Y_3 – чистый дисконтированный доход по предложенным сценариям;
 x_1 – материальные затраты производства строительной продукции;
 x_2 – заработная плата работников на производство строительной продукции;
 x_3 – фондоотдача основных фондов.

На основе множества классификационных моделей ситуаций и управляющих воздействий разрабатываются ситуационные модели процесса стратегического планирования в каждой его фазе.

В качестве критериев эффективности стратегического планирования примем следующие

$$\begin{cases} Z_{сп} = \frac{Z + \Pi}{3} \rightarrow \max \\ Z_t = \sum Z_t^{Si} \cdot a_t \rightarrow \min \\ \Pi_t = \sum \Pi_t^{Si} \cdot a_t \rightarrow \max \end{cases} \quad (5)$$

где a_t – весовые коэффициенты.

На основе модулей стратегического планирования разработаны имитационные модели.

На основе экспериментальных исследований автором предложены соотношения ожидаемых потерь дохода в зависимости от отклонений нормализованных параметров плана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Воропаев, В.И.** Управление проектами в России / В.И. Воропаев. -М.: Аланс, 1995. - 225 с.
 - 2 **Виханский, О.С.** Стратегическое управление / О.С. Виханский. -М.: Гардарика, 1998. - 296 с.
 - 3 **Герасимов, В.В.** Основы проектирования региональных строительных систем / В.В. Герасимов. -Новосибирск: НГАСУ, 1998. -300 с.
 - 4 **Стратегическое планирование** / под ред. Э.А. Уткина. -М.: Ассоц. авт. и издат. «ТАНДЕМ»: ЭКМОС, 1999. -440 с.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* стратегическое планирование развития, имитационная модель
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Аникеева Мария Евгеньевна, соискатель ГОУ ВПО «СГУПС»

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.С. Никифоров, З.Т. Саитбаталова, Н.В. Чекулаева

Приводятся постановка и методические основы решения задачи обоснования рационального числа региональных логистических центров на транспортной сети Обь-Иртышского бассейна.

Постановка задачи и исторический обзор. Транспортная сеть Западной Сибири, территориально совпадающей с Обь-Иртышским бассейном, в составе Тюменской области, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского округов, Омской, Новосибирской, Томской и Кемеровской областей, Алтайского края и Республики Алтай, включает в себя все виды сообщения, при этом три из них (водные, железнодорожные, автомобильные пути) служат основой эффективного взаимодействия в решении задач транспортного обслуживания региона.

Обеспеченность водными путями сообщения в Западно-Сибирском регионе существенно выше, чем железнодорожными и автомобильными, (соответственно 95, 36 и 21 км/10 тыс. км²), однако следует отметить рациональное развитие железных и автомобильных дорог не только в широтном, но и меридиональном направлениях.

На территории Западной Сибири можно выделить около 30 транспортных узлов (перевалочных портов, железнодорожных и автомобильных станций, крупных аэропортов, баз накопления и т.д.) и соответствующее число транспортных ходов, связывающих транспортные узлы. При этом наибольшее число транспортных узлов и ходов приходится на Тюменскую область в ее прежних границах (с округами) – больше 10.

Наиболее развитую транспортную инфраструктуру имеют краевые и областные центры Новосибирск, Омск, Томск, Барнаул, Тюмень. Эти города были построены на берегах великих сибирских рек, через них или вблизи них проходит Транссибирская магистраль, они связаны с близлежащими населенными пунктами сетью автодорог, имеют аэропорты федерального и международного значения. Однако даже в этих центрах отсутствует специализированная логистическая инфраструктура, не говоря уже об остальных транспортных узлах.

Между тем развитие транспортно-логистической инфраструктуры и ее пропорциональное размещение на региональной сети путей сообщения – важнейшее условие дальнейшего роста национальной экономики, тем более ориентированной на добычу и перевозку сырья. Особенное значение это имеет для Западной Сибири. Однако в концептуальных проектах и стратегических планах [2] развитие в Сибири транспортно-логистической инфраструктуры в ближайшее время не предусматривается. К тому же есть опасность, что при ее создании возобладает корпоративно-отраслевой принцип и свою логистическую инфраструктуру станут создавать ОАО «РЖД», ОАО «Газпром» и т.д. Необходима единая методическая основа развития транспортной инфраструктуры региона с учетом зарубежного опыта интеграции транспорта, производства и потребления, воплощенного в грузораспределительных центрах (ГРЦ).

Высокоавтоматизированные грузораспределительные центры расположены в крупных транспортных узлах Европы. Особенное развитие они получили в ФРГ, где в среднем каждый ГРЦ обслуживает регион площадью свыше 10 тыс. км² численностью населения свыше 2 млн. чел. Первый ГРЦ был создан в Бремене в 1985 году. Участок для центра, расположенный в 3 км от порта рядом с железнодорожной станцией и промышленной зоной, был выкуплен городом. Суммарные затраты на создание инфраструктуры ГРЦ, включая выкуп земли, разделили между собой город Бремен (75%), федеральная земля Нижняя Саксония (15%), Федеральное правительство (10%). Отдельные участки на территории центра были проданы частным компаниям, в договоре с которыми четко оговаривался профиль деятельности, то есть исключительно транспортно-складские услуги. Для управления деятельностью и развития ГРЦ было создано Общество развития, зарегистрированное в форме GmBH. Его членами с равными долями капитала стали город Бремен, государственная железнодорожная компания и все фирмы-владельцы участков. В 1993 году было создано акционерное общество DGG, представляющее общие интересы нескольких десятков германских ГРЦ [1].

Методика обоснования. Возникает задача хотя бы приближенно оценить потребность Западно-Сибирского региона в региональных логистических центрах (РЛЦ), прообразом которых могут служить ГРЦ. Однако ориентироваться на данные Западной Европы весьма затруднительно, поскольку в территориальном масштабе объекты несоизмеримы: общая площадь региона почти в 6 раз превышает территорию объединенной Германии. Более реально ориентироваться на численность населения, которая в Сибирском регионе вшестеро меньше, соответственно число РЛЦ должно составлять 5-6, что, в общем-то, близко к числу крупных транспортных узлов. При этом необходимы тщательные экономические обоснования с учетом социально-экономических и региональных особенностей.

Прежде всего, должна быть подтверждена эффективность создания универсальных РЛЦ с учетом сложившейся структуры товародвижения. Во многих транспортных центрах созданы специализированные оптовые склады, напрямую связанные с фирмами-поставщиками, как правило, зарубежными, и являющиеся элементами логистической цепи. Развитие сети РЛЦ зависит, прежде всего, от уровня производства отечественных товаров. Товарооборот отечественного производства является основным параметром при обосновании числа РЛЦ, а экономия логистических издержек за счет создания РЛЦ должна покрывать затраты на его создание и эксплуатацию.

Задача определения оптимального числа РЛЦ относится к числу экстремальных. В составе издержек можно условно выделить те, которые увеличиваются с ростом числа РЛЦ (Z_1), и те, которые уменьшаются с ростом числа РЛЦ (Z_2)

$$Z = Z_1 + Z_2 \rightarrow \min. \quad (1)$$

По аналогии с обычными складами, можно считать, что к первой группе относятся эксплуатационные и управленческие затраты, а также затраты на хранение (в связи с увеличением общего страхового запаса). Снижаются с увеличением числа РЛЦ издержки по тем логистическим операциям, которые выполняются им. Что касается пробега транспортных средств, то он может как уменьшаться, так и увеличиваться при росте числа складов, это зависит от конфигурации транспортной сети.

Точных функциональных зависимостей для расчета тех и других издержек не существует, поэтому варианты расчеты, проведенные даже самым тщательным образом, не гарантируют высокую точность. Выход видится в использовании в ориентировочных расчетах эмпирических зависимостей, устанавливаемых исходя из очевидных соображений. Так, издержки, связанные с ростом числа РЛЦ, не прямо пропорциональны их числу n , а в соответствии с масштабным эффектом могут быть выражены степенной зависимостью

$$Z_1 = C_1 \cdot n^a, \quad (2)$$

где C_1 – переменная часть общих издержек по РЛЦ;

a – эмпирический коэффициент, $a \geq 0$.

Соответственно издержки, уменьшающиеся с ростом n , выражаются степенной функцией

$$Z_2 = \frac{C_2 \cdot \tau}{n^b},$$

где C_2 – товарооборот всех РЛЦ;

τ – доля складских издержек в общих затратах на производство и доставку товара;

b – эмпирический коэффициент.

В таком случае общие издержки

$$Z = C_1 \cdot n^a + \frac{C_2 \cdot \tau}{n^b} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Найдя первую производную и приравняв нулю, получим эмпирическую формулу для определения числа РЛЦ на обслуживаемой территории:

$$n = \left(\frac{b \cdot \tau \cdot C_2}{C_1} \right)^{\frac{1}{a+b}}. \quad (4)$$

Очевидно, что

$$n \geq n_{\min} = \frac{C_2}{g}, \quad (5)$$

где g – пропускная способность РЛЦ в единицах товарооборота.

Следует отметить, что в формуле (4) можно использовать не абсолютные значения C_1 и C_2 , а их соотношение, в определенной мере коррелирующее с отношением C_2/g . То есть при сравнительно небольшом значении g издержки будут соответственно меньше, а оптимальное число РЛЦ больше; и наоборот.

Полученное значение n служит ориентиром и подлежит уточнению на последующей стадии, при определении мест расположения РЛЦ на обслуживаемой территории. Для этого могут быть использованы, прежде всего, методы полного перебора всех вариантов. При общем числе N возможных пунктов размещения n РЛЦ число вариантов равно числу сочетаний из N элементов по n

$$N! / (n!(N-n)!).$$

Критерием для отбора вариантов может служить минимум суммарного расстояния перевозки грузов от товаропроизводителей товарополучателям. Трудоемкость задачи может быть уменьшена, а качество решений повышено путем применения экспертной системы принятия решений.

На следующем этапе решается задача привязки пунктов потребления производства к соответствующим РЛЦ, которую можно представить как гравитационную задачу теории гра-

фов [4].

Транспортные узлы (центры) соответствуют вершинам E неориентированного графа, а транспортные связи – его ребрам ℓ . Вершины графа характеризуются интенсивностью $d(E)$. В вершинах, соответствующих предприятиям-товаропроизводителям, $d(E) > 0$, в вершинах товарополучателей $d(E) < 0$. В вершинах, в которых расположены ГРЦ, $d(E) = 0$. Характеристиками транспортных связей в общем случае служат пропускная способность b_{ij} , стоимость доставки c_{ij} , расстояние ℓ_{ij} .

По аналогии с физической молью гравитации объемы перевозок между пунктами i , характеризующимися объемом производства G_i и j -х пунктов с объемами потребления G_j определяются как мера притяжения этих пунктов друг к другу

$$x_{ij} = \frac{f \cdot G_i \cdot G_j}{\ell_{ij}}; f = \frac{1}{\sum G_i / \ell^\alpha}, \quad (5)$$

где α – эмпирический коэффициент.

Для решения применяются алгоритмы Форда-Фалкерсона и Франка-Вульфа [5]. Однако более просто задача решается на основе модели транспортной задачи линейного программирования.

Запишем модель задачи в следующем виде. Требуется получить такой план $\{x_{ijk}\}$ привязки пунктов i и j к r -ным ГРЦ по всем грузам k , обеспечивающий минимум совокупных издержек

$$\sum 3_{ijk} \cdot x_{ijk} \rightarrow \min,$$

при ограничениях по вывозу товаров

$$\sum_{jr} x_{ijk} = G_{ik},$$

по доставке товаров потребителям

$$\sum_{ir} x_{ijk} = G_{jk},$$

по неперевышению пропускной способности ГРЦ

$$\sum_{ij} x_{ijk} \leq g_{kr},$$

а также $x_{ijk} \geq 0$.

Данная модель при необходимости может быть расширена введением ограничений по наличию подвижного состава и пропускной способности путей сообщения.

Результаты расчетов и выводы. Проведем ориентировочные расчеты числа РЛЦ при различных значениях доли складских издержек в общих затратах τ и соотношения C_2/C_1 (рисунок). На основании экспертных оценок принято: $a = 0,8$; $b = 0,5$.

Выводы.

1 Значения оптимального числа РЛЦ располагаются в значительных пределах, разница составляет свыше 10.

2 В реальных значениях (соотношение общего товарооборота, планируемого для прохождения через РЛЦ региона, и переменных текущих издержек на обслуживание одного РЛЦ составляет от 80 до 100, а доля складских издержек в общих затратах составляет примерно 20%) число РЛЦ равно 5-6.

3 Число возможных вариантов размещения РЛЦ может достигнуть $10! / (5!(10-5)!) = 252$.

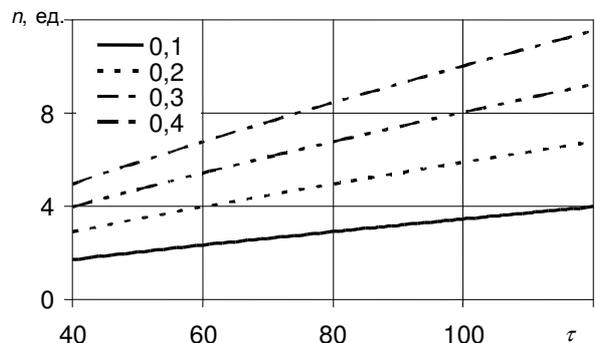


Рисунок – Обоснование числа РЛЦ (при разных значениях τ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Логистика и система. -2006. -№1. -С. 7-11.
- 2 Модернизация транспортной системы России (2002-2010): Федеральная целевая прогр. // Мор. вести России. -2002. -№17/18. -С. 12-13.

3 **Никифоров, В.С.** Мультимодальные перевозки и транспортная логистика / В.С. Никифоров. -М.: Транслит, 2007. -272 с.

4 **Richter, K.J.** Eine notwendige Ergänzung: Raum-teit Structur ist mesbar / K.J. Richter // DDR Verkehr. -1987. -V. 20, №2. -С. 47-49.

5 **Van Vliet, D.** The Frank-Wolfe algorithm for equilibrium traffic assignment viewed as a variational inequality / D. Van Vliet // Transp. Res. -1987. -V. 21, №1. -С. 87-89.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптимизация развития транспортной сети; логистические центры

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Никифоров Владимир Семенович, канд. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Саитбаталова Зульфия Тимурбаевна, соискатель Тобольский филиал ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Чекулаева Наталья Викторовна, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЕНИСЕЙСКОГО БАССЕЙНА

«Подтесовская РЭБ» филиал ОАО «Енисейское речное пароходство»

Н.С. Олейников

Итоги промышленной деятельности ОАО «Енисейское речное пароходство» в 2000-2007 гг. Особенное внимание уделено крупнейшему предприятию бассейна – Подтесовской РЭБ флота.

Промышленную деятельность Енисейского речного пароходства, в 1994 г. преобразованного единым комплексом в составе всех эксплуатационных и промышленных предприятий в открытое акционерное общество (ОАО), в 1994-1999 гг. обеспечивали семь предприятий: дочерние акционерные общества (ДАО) «Красноярский судоремонтный завод» и «Красноярская судовой верфь», Минусинская, Ермолаевская, Кононовская, Павловская и Подтесовская ремонтно-эксплуатационные базы (РЭБ) флота на правах филиалов. В связи с резким падением спроса на перевозки и последующим сокращением наличия флота Минусинская и Кононовская РЭБ были ликвидированы.

По состоянию на 01.01.2005 г. на балансе ОАО «ЕРП» находилось 555 судов, в том числе 40 самоходных сухогрузных судов, 19 наливных, 129 буксирных, и 367 несамоходных судов, из них 301 сухогрузное и 66 наливных. В период 2000-2005 гг. достигнута определенная стабильность работы флота: средний объем грузовых перевозок составил 3,9 млн. т, из них 71% приходилось на сухогрузы, на нефтеналив – 8,5%, на плотовые перевозки – 20,5%.

Из общих расходов затраты на ремонт флота составили около 16%. Промышленные предприятия бассейна обладают значительными, хотя и весьма устаревшими производственными мощностями (таблица 1). Коэффициент их использования составляет около 60%, в том числе в РЭБ – почти 70%.

Таблица 1 – Использование производственных мощностей

Предприятия	Производственная мощность, тыс. н-ч	Трудоемкость, тыс. н-ч	Коэффициент использования производственной мощности, %
Подтесовская РЭБ	500	329	66
Павловская РЭБ	131	98	75
Ермолаевская РЭБ	94	78	83
ДАО «Красноярский СРЗ»	494	240	49
ДАО «Красноярская судовой верфь»	373	172	46
Итого	1592	917	58

Общий объем реализованной продукции в 2000-2005 гг. вырос втрое, при этом судоремонт занимал лишь половину объема промышленной продукции (таблица 2). Наибольший вклад в промышленную деятельность вносят Подтесовская РЭБ (29%) и Красноярский СРЗ (36%) – таблица 3.

Следует отметить, что все промышленные предприятия бассейна являются рентабельными. Наивысшую рентабельность обеспечивает продукция Красноярский СРЗ. В то же время наивысшую производительность труда достигнута на «Красноярской судовой верфи» (таблица 4).

Таблица 2 – Структура товарной продукции (2003 г.)

Наименование продукции	%
Судоремонт	55,4
Прочие заказы	20,2
Разовые заказы ОАО «ЕРП»	18,0
Лесопиление	6,4

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица 3 – Производственно-экономические показатели промышленной деятельности

Предприятия	Объем реализованной продукции		Себестоимость, тыс. руб.	Финансовый результат, тыс. руб.	Рентабельность, %
	тыс. руб.	%			
Подтесовская РЭБ	72548	28,7	70617	1931	2,7
Павловская РЭБ	21867	8,6	21618	249	1,2
Ермолаевская РЭБ	13378	5,3	13271	107	0,8
ДАО «Красноярский СРЗ»	90448	35,8	77759	12689	16,3
ДАО «Красноярская судовой верфь»	54531	21,6	51066	3465	6,8
Итого	252772	100	234331	18441	7,9

Таблица 4 – Производительность труда в промышленности

Предприятия	Численность работающих, человек		Производительность труда ППП	
	общая	в том числе ППП	н-ч/человек	руб./человек
Подтесовская РЭБ	599	192	1714	378
Павловская РЭБ	104	57	1716	384
Ермолаевская РЭБ	158	42	1848	318
ДАО «Красноярский СРЗ»	499	138	1738	655
ДАО «Красноярская судовой верфь»	274	72	2389	757
Итого	1634	501	1830	505

Анализ промышленной деятельности в целом по ОАО «ЕРП» и по одному из крупнейших предприятий бассейна (таблице 5), позволяет сделать следующие выводы.

Промышленная деятельность для ОАО «Енисейское речное пароходство» имеет тем большее значение, что износ транспортного флота растет. Доля заказов ОАО выросла по Подтесовской РЭБ более чем вдвое: с 20 до 43%, а с учетом прочих видов работ – до 90%.

При росте общей себестоимости товарной продукции в 5 раз расходы по всем статьям выросли в той же пропорции, кроме стоимости сырья и материалов (рост почти в 7 раз).

Рентабельность промышленной деятельности Подтесовской РЭБ выросла от отрицательной до 7%.

Среднесписочная численность работающих снизилась за пять лет более чем на 10% при стабилизации численности промышленно-производственного персонала.

Рост фонда зарплаты (в 2,2 раза) произошел на фоне роста производительности труда более чем втрое. В то же время рост средней тарифной ставки был пропорционален росту производительности.

В целом можно отметить, что РЭБ работает достаточно стабильно. Однако экстенсивный период развития предприятия подошел к концу, использование производственных мощностей достигло предела (свыше 85%).

Таблица 5 – Техничко-экономические показатели производственной деятельности Подтесовской РЭБ

Показатель	Годы					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Расчетная мощность, тыс. н-ч	368	500	500	500	500	500
Объем производства, тыс. н-ч	250	329	326	394	429	417
Товарная продукция, тыс. руб., в том числе:	43173	83099	108453	157785	189633	236156
– судостроение/модернизация)	11582	21101	9451	3791	0	0
– судоремонт сторонний	9381	5407	2645	1410	4284,7	6163,6
– судоремонт внутренний		16175	29052	68180	89221	103546
– прочие	22210	40326	67305	84404	96127,3	126446,4
Себестоимость товарной продукции, тыс. руб., в том числе:	43939	81051	103721	147716	179885	220495
– оплата труда	23524	46087	60125	74832	91208	120185
– сырье и материалы	11864	23635	33149	56259	69231	80720
– топливо	1758	3782	4270	4810	6445	6135
– электроэнергия	1098	2329	2603	2064	2247	4499
– амортизация	...	1654	1562	2255	2884	5391
– прочие	1939	3009	1966	7002	8451	10811
– незавершенное производство	...	555	46	494	-581	-7246

Продолжение таблицы 5

Показатель	Годы					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Финансовый результат	-1501	1958	4732	10069	9748	15661
Среднесписочная численность персонала, человек, в том числе:						
– промдеятельность, из них	1226	1209	1244	1210	1137	1098
ППП	361	599	606	586	595	581
– непромышленный персонал	183	192	191	180	191	174
– плавсостав	7	12	13	9	8	7
Производительность труда, тыс. руб./человека	858	597	625	615	534	510
Фонд зарплаты, тыс. руб. в том числе:	120	139	179	269	319	406
– эксплуатационного персонала	91428	92848	115607	123800	140762	201857
Средняя тарифная ставка, руб./ч	74755	52357	64418	61375	71078	111642
	7,53	12,56	13,83	15,62	21,09	25,35

Необходима разработка программы интенсификации промышленного производства, иначе оно станет барьером на пути роста объемов и повышения эффективности основной деятельности ОАО «Енисейское речное пароходство».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анализ промышленной деятельности; производительность труда

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Олейников Николай Степанович, заместитель директора по экономике и социальным вопросам «Подтесовская РЭБ» филиал ОАО «ЕРП»

ИННОВАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Симонов

Рассмотрены основные тенденции развития конкурентоспособности. Приведены системы оценки показателей конкурентоспособности, их достоинства и недостатки.

Современная транспортная система России пока во многом не соответствует возложенным на нее задачам – в частности:

- а) нестабильного уровня конкурентоспособности транспортных услуг в сравнении с мировым;
- б) развитие всех видов транспорта идет преимущественно по пути ежегодного повышения тарифов;
- в) недостаточен учет требований клиентов.

Несогласованность действий транспортников и потребителей транспортных услуг по-прежнему является одним из основных вопросов. Между тем главной тенденцией в развитии ведущих зарубежных стран является переход к сотрудничеству с грузовладельцами и повышению конкурентоспособности национального транспорта. Министерство транспорта РФ планирует уделить большое внимание этому вопросу в стратегии развития транспорта до 2030 года, которая декларирует активную позицию государства в снижении совокупных транспортных издержек. Предполагается, что транспорт будет развиваться на инновационной основе. Под «инновационной основой» прежде всего, понимается опора на логистику. Создание логистических узлов, способных перерабатывать и распределять грузопоток в течение короткого времени совершенно необходимо. «Кроме того, рынок транспортных услуг усложняется, сегменты транспорта и логистики стали интегрироваться, что привело к развитию транспортной инфраструктуры нового типа – товарно-транспортным комплексам, которые образуют единую сеть.

Транспортные центры при этом становятся управляющими элементами товаропроводящей системы, что дает возможность оптимизировать сквозные тарифы. Все это приводит к переносу источника прибыльности с собственно перевозок в область транспортно-логистических услуг. Качество транспортных услуг в мире достигло высокого уровня, по сути, оно сравнялось во многих странах (к сожалению, это не относится к России)» [4], поэтому

транспортная конкуренция сегодня существенно видоизменяется и переходит от первобытных «диких» форм к современным цивилизованным, основанным на взаимодействии и сотрудничестве. На рисунке 1 представлены данные о динамике роста мирового рынка транспортно-логистических услуг в 2005-2007 гг., а также прогноз на 2008 год [3].

Темпы роста российского рынка за последние годы сопоставимы с мировыми. Данный рост обеспечивается в основном за счет увеличения объемов грузоперевозок и транспортно-экспедиторских услуг.

Согласно оценки РосБизнесКонсалтинга, опубликованной в исследовании «Российский рынок транспортно-логистических услуг: итоги 2007 г. и прогноз до 2015 г.» и основанной на показателях Минтранса и Минэкономразвития, грузооборот транспортных организаций в 2015 г. достигнет 2779,6 млрд. т-км (122% к 2007 г.). Среднегодовые темпы

роста рынка транспортных услуг (по грузообороту) прогнозируются на уровне 2,5%. Наиболее динамично будет расти грузооборот в сегментах автомобильных и воздушных перевозок (соответственно на 14,0% и 12,9% в год в 2007-2015 гг.). Объем перевозок морским транспортом (на судах под российским флагом) в 2007-2015 гг. увеличится на 98,7% [3].

Ряд экспертов считает, что в настоящее время «наступил четвертый этап логистизации экономики, когда на смену создания отдельных фрагментов логистических цепей приходят все более протяженные логистические цепи поставок, объединяющие разных собственников ресурсов и продуктов как физических носителей потоковых процессов.

Создаваемые на фирмах, использующих логистику в качестве нового инструмента хозяйствования, новые подразделения и службы, которым поручается «логистизация», прежде всего тщательнейшим образом изучают модель стадийности цикла хозяйственной деятельности фирмы.

Чтобы иметь возможность это делать, служба логистики, объединенная в «логистическую систему управления потоковыми процессами (ЛСУ ПП)» фирмы, должна обладать собственной службой с обученными кадрами, техническим и технологическим инструментарием в виде соответствующих средств обслуживания и движения потоковых процессов «от источника к цели» [1].

Одной из инновационных составляющих в увеличении конкурентоспособности является так называемая концепция обновления транспортного производства с применением логистики, которая включает в себя:

- сокращение времени пребывания продукции (здесь - подлежащей перевозке) и технологии ее производства (здесь – например, повышение грузоподъемности транспортных средств, применение централизованного завоза доставляемых заказчиком груза);
- увеличение количества используемых на предприятии технологий (в данном случае – тех, из которых состоит подготовка к транспортировке и сама транспортировка грузов);

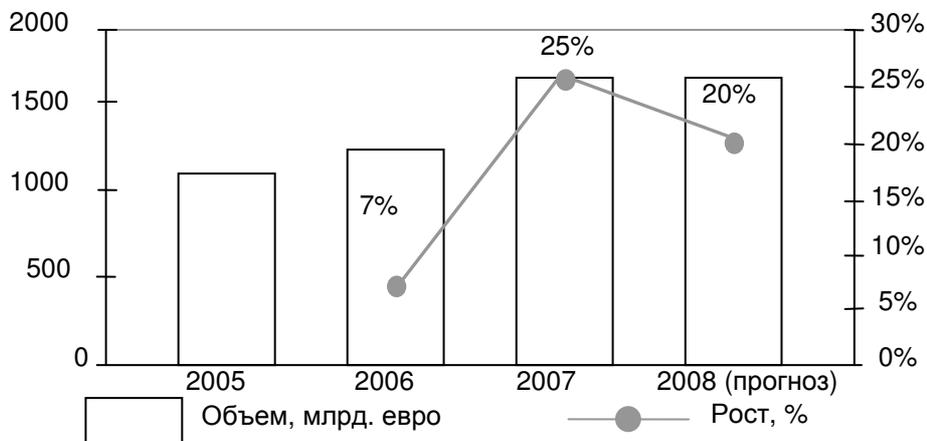


Рисунок 1 – Динамика мирового транспортно-логистического рынка, 2005-2008 гг., млрд. €

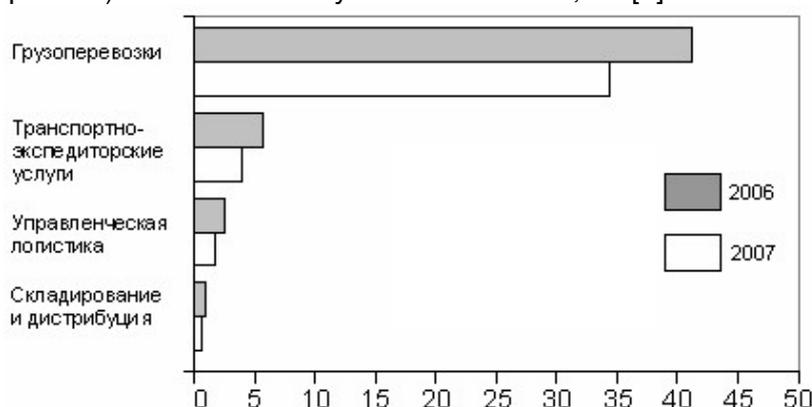


Рисунок 2 – Рост сегментов российского рынка транспортно-логистических услуг в 2006-2007 гг., млрд. \$

– рост числа элементов и перечней типов продукции, находящихся в производственном процессе (для транспортного предприятия это означает усложнение комплектации подлежащих перевозке грузов);

– повышение требований к качеству и надежности реализуемых на рынках товаров, наполняющих данный материальный поток (для транспортного предприятия это означает повышение уровня требований к сохранности перевозимых грузов).

Главное же требование концепции обновления состоит в том, чтобы заменить традиционную организацию транспортного процесса на обновляемую. Это вызывает необходимость выявить центры переориентации в функционировании производственного процесса и в транспортном звене потоковых процессов. И здесь этими центрами будут обработка продуктов (перевозимых транспортом) и обработка заказов (на перевозку грузов).

В настоящее время существует несколько систем для оценки конкурентоспособности транспортных услуг. Одна из них включает следующие направления оценки [5]:

- номенклатура;
- количество;
- сроки доставки;
- сохранность;
- стоимость;
- надежность обеспечения по объемам, качеству, времени, цене.

Направление «номенклатура» рассматривает показатель отклонения K_n в количестве N номенклатуры оказываемых транспортных услуг предприятием и количеством $\sum N$ номенклатуры транспортных услуг, существующих на рынке (по профилю предприятия):

$$K_n = \frac{N}{\sum N}.$$

Направление «количество» рассматривает показатель степени неудовлетворенности спроса грузовладельцев по объему перевозок

$$K_y = \frac{Q_{\phi}}{Q_{\text{общ}}},$$

где Q_{ϕ} – фактический объем перевозок;

$Q_{\text{общ}}$ – объем перевозок по количеству принятых заказов и заключенных договоров на транспортное обслуживание.

Направление «сохранность» рассматривает степень сохранности перевозимых грузов по каждому виду

$$K_c = \frac{Q_{\text{общ}} - Q_{\text{пот}}}{Q_{\text{общ}}},$$

где $Q_{\text{пот}}$ – потери продукции в пунктах погрузки, выгрузки и при транспортировке в соответствующем периоде.

Направление «сроки доставки» рассматривает отклонения в сроках доставки грузов по каждому направлению перевозок в рассматриваемый период времени. Уровень выполнения установленных сроков доставки грузов определяется:

$$K_d = \frac{\sum Q_n}{\sum Q_{\text{общ}}},$$

где $\sum Q_n$ – объем перевозок грузов, доставленный грузополучателям с соблюдением нормативных сроков доставки;

$\sum Q_{\text{общ}}$ – общий объем перевозок анализируемых грузов.

Направление «цена» рассматривает отклонение в тарифах C по i -му виду перевозок от среднерыночной цены

$$K_{\text{ц}} = \frac{C_i}{C_{\text{иср}}}.$$

Для обобщенной оценки уровня конкурентоспособности транспортного предприятия требуется единый, комплексный показатель. Комплексный показатель уровня конкурентоспособности транспортного предприятия и его основных конкурентов может быть определен на основе геометрического усреднения рассмотренных показателей конкурентоспособности:

$$K_o = \sqrt[5]{K_n K_y K_c K_d K_u}.$$

Однако в ситуации, когда «каждый отдельный вид транспорта, кроме автомобильного, в большинстве ситуаций не способен выполнить весь комплекс необходимых потребителям услуг, а осуществляет только часть работ в общем процессе доставки грузов», данная система показателей неэффективна, так как более высокий уровень конкурентоспособности при перевозке одним видом транспорта, не означает превосходство всей схемы доставки груза в целом. Кроме того, не учитываются такие важные составляющие, как внутренние неявные издержки «отвергнутых (неиспользованных) возможностей», обусловленных омертвлением оборотных средств в грузах, а также экологические последствия загрязнения природной среды.

Целесообразней было бы использовать систему показателей, характеризующих «не конкурентоспособность того или иного вида транспорта, а комплексных транспортно-технологических схем доставки грузов (ТТСДГ) конкретным потребителям с участием нескольких фирм» [2].

При таком подходе [2] сравнительная конкурентоспособность, транспортного обслуживания выражается условием

$$K_{pm/i} = \frac{Z_i^{y\partial}}{Z_{pm}^{y\partial}} \Rightarrow \max > 1,$$

где $K_{pm/i}$ – степень конкурентоспособности рассматриваемой схемы (например, с участием речного транспорта) с другими альтернативными видами транспорта, схемами доставки, типами судов и т.п.

$Z_i^{y\partial}$ – удельная величина полных экономических издержек потребителя, обусловленных i -ой заменяемой альтернативной (конкурирующей) схемой доставки, руб./т;

$Z_{pm}^{y\partial}$ – удельная величина полных экономических издержек потребителя, обусловленных рассматриваемой схемой доставки (с участием речного транспорта), руб./т.

Издержки по схеме доставки грузов делятся на пять групп:

1) внешние платежи и сборы непосредственно за услуги других организаций по подготовке грузов к транспортировке и в ее процессе, определяемые по согласованным договорным ценам;

2) сопутствующие издержки клиентов по содержанию складов оперативного хранения, агентских представителей, выполнению работ, связанных с доставкой, своими силами и средствами и т.п.;

3) потери клиента вследствие естественной убыли груза и коммерческого брака, связанные с доставкой;

4) внутренние неявные издержки «отвергнутых (неиспользованных) возможностей», обусловленных омертвлением оборотных средств в грузах за время доставки и вынужденного оперативного и операционного хранения из-за перерывов в транспортном обслуживании (opportunity costs);

5) оценка экологических последствий загрязнений природной среды.

«Конкурентоспособностью транспортных услуг является их способность отвечать качественным требованиям конкурентного рынка в данный момент времени и превосходить по потребительским свойствам подобные услуги конкурентов. Для обеспечения таких качественных требований потребителей транспортных услуг, как правило требуются затраты, и порой значительные» [5]. Инновационно-логистическая составляющая является неотъемлемой частью механизма хозяйствования предприятия в современных условиях рыночной экономики. Таким образом, предприятиям транспорта независимо от форм собственности, чтобы успешно работать на транспортном рынке, необходимо уделять этому аспекту соответствующее внимание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Голиков, Е.А.** Взаимодействие маркетинга и логистики: учеб. пособие / Е.А. Голиков. - М.: Флинта, 2007. -568 с.

2 **Быков, Г.С.** Хозяйственный механизм и маркетинг на предприятии транспорта: учеб. пособие / Г.С. Быков; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2007. -158 с.

3 **Российский рынок транспортно-логистических услуг: итоги 2007 года и прогноз до**

2015 года: аналит. обзор. -3-е изд. -М.: РосБизнесКонсалтинг, 2008.

4 **Андреева, Т.** Стратегия инноваций / Т. Андреева // Трансп. России. -2008. -№34.

5 **Фурсов, В.А.** Система оценки конкурентоспособности транспортных услуг / В.А. Фурсов, О.А. Роин // Сб. науч. тр. СевКавГТУ. Сер. Экономика. -2006. -№4.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурентоспособность транспортных услуг; методы оценки конкурентоспособности
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Симонов Александр Владимирович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СМЕШАННЫХ «РЕКА-МОРЕ» ПЕРЕВОЗОК

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Ю.С. Котов

Рассматриваются основные факторы, влияющие на перспективу развития перевозок судами смешанного «река-море» плавания.

Деятельность Федерального агентства морского и речного транспорта на среднесрочную перспективу до 2010 года направлена на реализацию целей и задач, определенных Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2020 года.

Для достижения результатов реализации указанной программы определены следующие приоритетные цели:

1 Развитие современной и эффективной инфраструктуры морского и внутреннего водного транспорта;

2 Улучшение инвестиционного климата и развитие рыночных отношений на морском и внутреннем водном транспорте;

3 Повышение конкурентоспособности морского и внутреннего водного транспорта, реализация транзитного потенциала России;

4 Обеспечение эффективности использования федеральной собственности;

5 Повышение уровня комплексной безопасности мореплавания в портах и морских зонах ответственности Российской Федерации, а также судоходства на внутренних водных путях.

В рамках подпрограммы «Морской транспорт» ведется разработка планов и программ развития российских судоходных компаний с целью повышения их конкурентоспособности. Усиление конкурентных позиций зависит от развития международных транспортных коридоров «Запад-Восток» и «Север-Юг», в рамках которых формируется конкуренция в Северо-Западном, Южном и Дальневосточном бассейнах.

Другим направлением является развитие портовой инфраструктуры с точки зрения повышения географической и экономической доступности, качества транспортных услуг, повышение пропускной способности портов, развитие проектов со смежными видами транспорта, снижение транспортных издержек перевозчиков и создание новых рабочих мест.

Вышеприведенные направления развития благоприятно скажутся как на морских судах, так и на судах смешанного «река-море» плавания, технические характеристики которых позволяют в более полной мере использовать потенциал международных транспортных коридоров.

Важно отметить, что при планировании введения новых производственных мощностей акцент делался на развитие нефтяных терминалов (таблица 1 и 2) [1].

Как видно из таблицы 1, повышение производственных мощностей переработки сухогрузов менее значительно. При этом основную часть в структуре в структуре перерабатываемых в морских портах России грузов составляют экспортные перевозки, они составляют 79% от общего объема.

Общий объем инвестиций в строительство и реконструкцию портовых мощностей с начала реализации ФЦП «Модернизация транспортной система России (2002-2010 годы)» по состоянию на начало 2008 года составил 113,2 млрд. рублей. При этом средства федерального бюджета составили 15,8 млрд. рублей, а внебюджетные инвестиции – 97,9 млрд. рублей. Таким образом, на каждый вло-

Таблица 1 – Динамика переработки грузов в морских портах России

Наименование груза	2005 г.	2006 г.	2007 г.	Прогноз на 2010 г.
Нефтеналивные	173,3	174,4	186,6	225,0
Сухогрузы	233,7	246,6	264,4	315,0
Всего	407,0	421,0	451,0	540,0

женный рубль государственных средств приходится 6,4 рубля внебюджетных инвестиций [1], что свидетельствует о привлекательности отрасли для частного капитала.

Таблица 2 – Структура перерабатываемых грузов в морских портах России

Наименование	%
Экспорт	79
Транзит	8
Импорт	8
Каботаж	5

С целью увеличения притока в отрасль частного капитала будут также созданы особые экономические зоны портового типа (ПОЭЗ). Статус ПОЭЗ предусматривает налоговые льготы, субсидии из федерального бюджета, внешнеторговые преференции и упрощение ряда административных процедур.

С точки зрения развития смешанных «река-море» перевозок значительную роль играет состояние внутренних водных путей. В рамках реализации одноименной подпрограммы «Внутренние водные пути» основными мероприятиями являются:

- комплексное развитие транспортных связей в стране, интеграция их в международную транспортную систему, особенно на направлении МТК «Север-Юг»;
- ликвидация «узких мест» на водной сети для эффективного развития речного судоходства в интересах общества;
- обеспечение безопасности на внутренних водных путях.

Ключевыми мероприятиями по модернизации внутренних водных путей в 2007 году являлись:

- в рамках ФГУ «Енисейское ГБУВПиС»: реконструкция защитной дамбы Симоновских РММ на р. Енисей;
- в рамках ФГУ «Обское ГБУВПиС»: реконструкция Новосибирского шлюза;
- в рамках ФГУ «Ленское ГБУВПиС»: реконструкция нефтебазы Витимского района водных путей;
- в рамках ФГУ «Волго-Балтийское ГБУВПиС»: реконструкция отдельных элементов механического оборудования голов Нижне-Свирского шлюза, разработка проектно-сметной документации на реконструкцию отдельных элементов Верхне-Свирского шлюза.

В настоящее время на внутреннем водном транспорте завершены работы по строительству второй нитки шлюза Кочетовского гидроузла на р. Дон.

В 2008 году на модернизацию транспортной системы России выделены государственные капитальные вложения в объеме 4 244,5 млн. руб. Средства направляются на реконструкцию 24 переходящих объектов, 22 объекта будут начаты заново, одновременно с этим предусмотрена разработка 21 нового проекта. Динамика финансирования работ представлена на рисунке 1 [1].

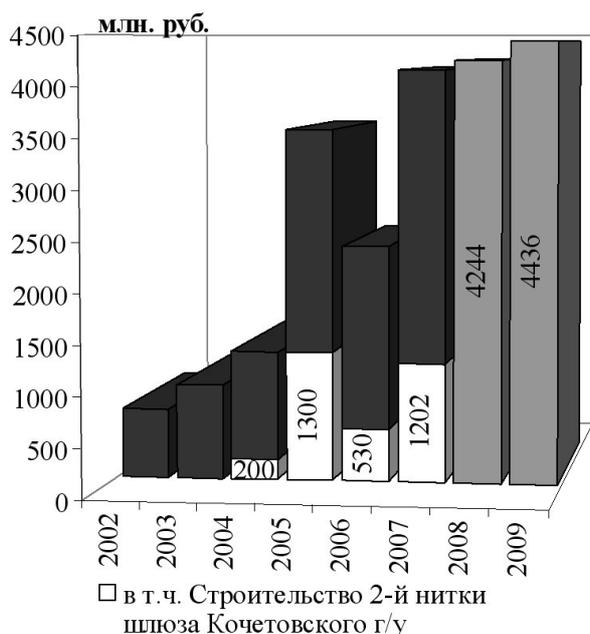


Рисунок 1 – Динамика финансирования работ по реконструкции и модернизации транспортной системы РФ

Освоение средств, выделенных по подпрограмме, позволит также завершить реконструкцию объектов центрального и южного районов, в том числе:

- аварийные ворота №104 и камера шлюзов №7, №8 ФГУП «Канал имени Москвы»;
- основные двустворчатые ворота шлюзов №3, №5 на Волго-Балте;
- аварийно-ремонтные ворота шлюза №13 Городецкого гидроузла на р. Волга;
- ворота шлюзов №4, №10, №14 Волго-Донского судоходного канала.

Очень остро стоит вопрос о повышении конкурентоспособности российских портов. Так, например, в настоящее время не выдерживается конкуренция в части портовых сборов, что во многом связано с географическими и климатическими особенностями. В связи с необходимостью содержания ледокольного флота власти вынуждены взимать с судовладельцев ледокольные сборы, размер которых прямо пропорционален тоннажу судов в ледовом караване. Необходимость содержания подходных каналов также увеличивает вели-

чину портовых расходов почти вдвое. Так, например, протяженность канала в Калининграде составляет более 50 км, в связи с чем уже возник вопрос о переносе грузовых операций в регионе в Балтийск, что позволит исключить из портовых сборов статью расходов по содержанию канала.

Минтранс при участии Росморречфлота разработал комплекс мер по развитию российских портов, который в числе прочих включает предложение компенсировать затраты на поддержание каналов и содержание ледокольного флота из федерального бюджета.

Проблема безопасности судоходства является ключевой для всех видов флота с точки зрения эффективности его использования. Работа по модернизации систем управления движением судов проводится в тесном сотрудничестве с соседними странами и регионами.

В настоящее время Росморречфлотом ведется научно-исследовательская работа по совершенствованию технологической связи на внутреннем водном транспорте с учетом возможности создания систем мониторинга судов технического флота в бассейнах с недостаточно развитой береговой инфраструктурой. Приведение технологических сетей связи в соответствие с растущим уровнем технических решений в области информационно-телекоммуникационных технологий осуществляется на базе КНС ГЛОНАС/GPS с использованием спутниковых и традиционных систем связи на внутренних водных путях РФ.

По итогам научных проработок будут откорректированы проекты по строительству и реконструкции технико-технологической связи в бассейнах, что обеспечит снижение эксплуатационных затрат более чем на 10%, окупаемость проектов составит 8-10 лет.

Среди расходов по содержанию судна ключевую позицию занимает стоимость топлива. Расходы на топливо в себестоимости транспортных предприятий составляет порядка 50% и остается устойчивая тенденция увеличения расходов по данной статье затрат. На рисунке 2 показана динамика цен, по которым суда смешанного «река-море» плавания предприятия ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» осуществляли бункеровку.

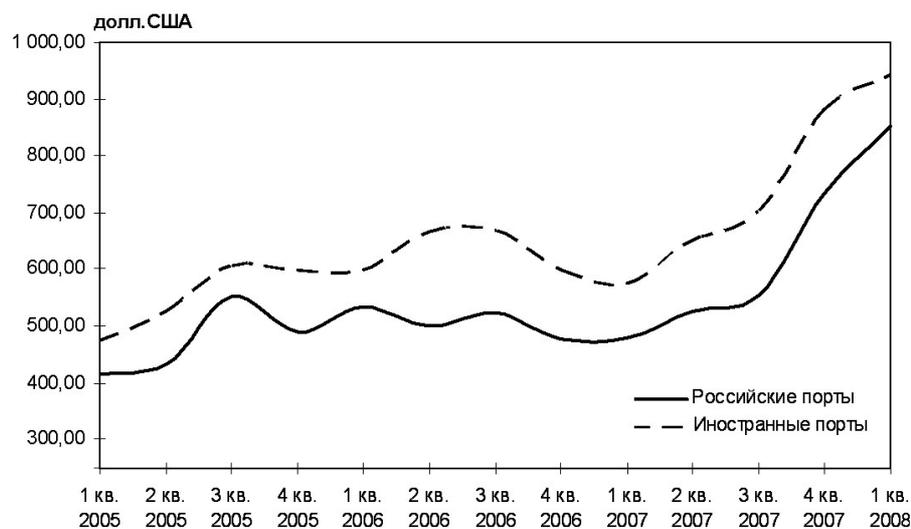


Рисунок 2 – Динамика стоимости тонны дизельного топлива в российских и иностранных портах

Как видно из рисунка 2, в российских портах средняя цена за тонну топлива в четвертом квартале 2007 года составила 730 долларов (увеличение на 32,5% по сравнению с третьим кварталом того же года), в иностранных портах – 880 долларов (увеличение на 25,3%).

Быстрый рост цен на ГСМ отражается на рентабельности транспортных предприятий. В целом по стране цены на дизельное топливо за 2002-2005 годы выросли на 235%. Рост цен на го-

рючеее привел к росту расходов транспортных организаций России на 20-25% и поставил в критические условия. Динамика повышения цен на бензин и дизельное топливо оказалась в 8-10 раз выше среднеевропейской [2].

Анализ экспертов в области государственной ценовой политики европейских стран показал, что эти страны сумели разработать достаточно эффективную ценовую систему воздействия государства на ценообразование. В зарубежных странах действуют гибкие рыночные механизмы в сочетании с жестким контролем, закрепленным в законодательстве. Правительства европейских стран, используя комплекс законодательно-правовой базы и механизмов ее реализации, свели до минимума негативные колебания воздействия роста цен на топливно-энергетические ресурсы [2].

Особенностью зарубежной законодательной правовой базы является то, что все законы – прямого действия, имеют быстродействующие механизмы их реализации. В России необходимо создать единое системное правовое поле, должна быть единая политика его созда-

ния, а также единый центр создания комплексной законодательно-правовой базы [2].

По данным комитета по транспорту и экспедированию Торгово-промышленной палаты РФ, в России транспортные средства расходуют на 30% топлива больше, чем в Европе. Это в значительной степени обусловлено работой на устаревшем подвижном составе. Рост цен на топливо и другие материально-технические ресурсы снижает рентабельность транспортных предприятий. В условиях несбалансированной экономической политики работа транспортных предприятий долгое время велась на критической точке рентабельности. Данное обстоятельство делало невозможным обновление основных фондов предприятий. Рост цен на металл также негативно сказывается на отечественном судостроении. Как следствие, происходит старение флота, средний возраст судов под российским флагом – более 24 лет.

Большинство судов транспортного флота, строившихся крупными сериями (типа «Сормовский», «Балтийский» и др.), исчерпали свои нормативные сроки службы. Более 35% флота составляют суда возрастом старше 30 лет. В таблице 3 приведены данные по возрасту транспортных судов в эксплуатации [3].

В настоящее время эксплуатируется в основном флот, построенный в 1970-1979 гг. (почти 8000 судов) и в 1980-1989 гг. (более 10200 судов).

Таблица 3 – Средний возраст транспортных судов, находящихся на учете в Российском Речном Регистре

Тип судна	Средний возраст, лет
Наливные	32,78
Сухогрузные	31,30
Пассажирские	30,69
Буксирные	28,83
Несамостоятельные	25,54

европейскими странами лизинговых финансовых структур, особенно с использованием инструментов частно-государственного контроля. Государство должно более активно привлекать частный капитал в сферу строительства новых судов, развития транспорта в целом.

Особую озабоченность на сегодня вызывает вопрос возвращения российского флота под национальный флаг. По подсчетам иностранных экспертов Россия находится на 13-м месте в мире по тоннажу флота, сразу после Великобритании, Дании и опережая такие страны, как Италия, Турция.

Среди флота, контролируемого Россией, можно выделить следующие группы судов:

- флот морских пароконств – 153 судна общим дедвейтом 1,9 млн. т, что составляет 12% от общего тоннажа России;
- флот прочих судоходных компаний России, в том числе суда смешанного «река-море» плавания речных пароконств, зарегистрированные в морских портах России и используемые на перевозках грузов морем – 1154 судна общим дедвейтом 3,9 млн. т (24,1%);
- флот судоходных компаний России, зарегистрированный под иностранными флагами состоит из 164 судов общим дедвейтом 10,4 млн. т (63,9%), в том числе флот ОАО «Совкомфлот» – 58 судов общим дедвейтом 4,5 млн. т (27,8%).

Общее количество судов морского транспорта, контролируемого Россией, по состоянию на начало 2008 года составляло 1471 судно общим дедвейтом 16,2 млн. т, из которых 63,9% тоннажа эксплуатируется под иностранными флагами, в 1992 году эта величина составляла только 18,4%.

В планах правительства продолжать работу по созданию условий, способствующих привлечению судов под российский флаг, и закреплению за национальным флотом не менее 50% российской грузовой базы (в настоящее время данная величина составляет 4-5%).

Необходимо законодательно закреплять право отечественных перевозчиков на национальную грузовую базу, что является мировой практикой.

Положительную роль в данном вопросе должен сыграть Российский международный реестр судов, с помощью которых собственники освобождаются от ряда налогов и таможенных пошлин. Если на начало 2007 года в реестре было зарегистрировано 42 судна общим дедвейтом 384 тыс. т (в основном суда класса «река-море»), то в январе 2008 года было зарегистрировано уже 197 судном общим дедвейтом 900 тыс. т, в том числе и крупнотоннажные танкеры и газозовы. Положительная динамика свидетельствует о необходимости дальнейшей работы по совершенствованию реестра.

Таким образом, для решения проблем, возникающих на пути повышения конкуренто-

способности судов смешанного «река-море» в морских и речных перевозках, являются следующие:

- развитие международных транспортных коридоров;
- развитие портовых мощностей как транзитных (морских), так и речных портов;
- обеспечение безопасного судоходства в море и на внутренних водных путях;
- обновление основных фондов транспортных предприятий в части грузовой базы флота;
- возвращение российского флота под национальный флаг;
- урегулирование политики ценообразования в области топливных тарифов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ключевое звено транспортной системы России** // Рос. газета. -2008. -№116, спец-вып.: Экономика. Порты России. -С. 2-3.

2 **Итоги работы морского и внутреннего водного транспорта за 2007 год и задачи на 2008 год** / М-во трансп. РФ, Федер. агентство мор. и реч. трансп. -2008. -149 с.

3 **Кожина, В.** Проблемы ценообразования: по итогам Внеочеред. тариф. съезда трансп. России / В. Кожина // Реч. трансп. (XXI век). -2006. -№1. -С. 52.

4 **Внутренний водный транспорт России** / Б.Ф. Новосельцев [и др]. -М., 2006. -224 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перспективы развития судовых перевозок; модернизация транспортной системы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Котов Юрий Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ РАССТАНОВКИ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ В БАСЕЙНАХ БАЛТИЙСКОГО И СЕВЕРНОГО МОРЕЙ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Ю.С. Котов

Производится расчет оптимальной расстановки различных типов судов смешанного река-море плавания в бассейнах Балтийского и Северного морей на опыте ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство».

В рамках правительственного курса, направленного на экономическое развитие страны, на первый план в области водного транспорта выходит задача обновления парка отечественных судов с целью повышения его конкурентоспособности.

В настоящее время для решения данной проблемы рассматриваются проекты постройки новейшего морского флота, а также судов смешанного река-море плавания.

ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» эксплуатирует 48 судов смешанного река-море плавания [1], несколько лет назад состав флота был расширен за счет судов типа «Русич» (проект 00101), первое из которых было построено в ноябре 2003 года. Суда этого проекта строились на заводе ОАО «Завод Красное Сормово» (Нижний Новгород) при участии ОАО «Окская судостроительная» (Навашино).

Выбор в пользу «Русичей» был сделан не случайно – теплоход, являясь судном смешанного «река-море» плавания, позволяет эффективно осуществлять перевозки на внутренних водных путях. Кроме морских и речных портов России суда также эксплуатируются в Европе, Азии, Африке. Судно построено по Правилам и под надзором РМРС, в отношении ограничений по районам плавания имеет I класс. Это позволяет эксплуатацию в морских районах на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 8,5 м, с удалением от места убежища до 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль.

Более того, высокий ледовый класс ЛУ2 позволяет эффективную и безопасную эксплуатацию даже в районах Крайнего Севера. В соответствии с правилами РМРС, данный ледовый класс допускает регулярное плавание в мелкобитом льду толщиной до 0,5 м.

На сегодняшний день возникла серьезная проблема эффективного использования судов смешанного река-море плавания в связи с резким ростом цен на рынке топлива.

Для выполнения международных грузовых перевозок используются суда, технические характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики судов

Показатели	Волго-Дон	Сормовский	Волга	Русич
Проект	507Б	488АМ	19610	00101
Главные размерения судна $L \times B \times T$, м	107,4×16,7×3,5	119,2×13,4×4,2	140×16,4×4,5	128,2×16,7×4,3
Высота борта, м	5,5	6	4,52	6,1
Скорость, узлов	8,5	9,0	10,0	11,0
Грузоподъемность, т	3300	3500	5800	5250
Грузовместимость, м ³	4045	4751	6864,3	8125
Мощность главных двигателей, кВт	1324	1280	1940	2280

Рассмотрим удовлетворение спроса потребителей с учетом расходов по наиболее существенной статье прямых затрат – топливу. Расходы на топливо являются основным критерием задачи не случайно – данная статья занимает до 70% в части прямых затрат по судну. Функцией цели является рейсовая прибыль.

В таблице 2 представлена реальная корреспонденция грузопотоков [2].

Целью задачи является выбор оптимальной расстановки судов при минимальных расходах на топливо с целью максимизации прибыли. Для решения задачи внедрена система организации перевозок по схеме «судно-груз» – запланированный грузопоток осваивается конкретным типом судна в строгом соответствии с целью задачи.

Анализ технических характеристик используемого флота показывает, что наибольшей грузоподъемностью обладают суда типа «Волга». Однако наибольший объем трюмов имеют суда типа «Русич», что делает их незаменимыми при перевозке объемных грузов – древесных, генеральных грузов и т.п.

В соответствии с классификацией методов прогнозирования вариант расчета выбран с учетом условий и ограничений объекта исследования [3]. В связи с этим расчет задачи целесообразно выполнить в двух вариантах:

- 1 Оптимальная расстановка флота без учета объемов и вместимости трюмов.
- 2 Оптимальная расстановка флота с учетом объемов трюмов.

Длительность кругового рейса судна состоит из длительности балластного перехода, время следования в грузу, время стоянок в ходу, а также время обработки судна в портах

$$T_{кр.р} = T_{хе} + T_{хп} + T_{сп} + T_{оп}, \quad (1)$$

где $T_{хе}$ – время хода с грузом, сут.;

$T_{хп}$ – время хода порожнем, сут.;

$T_{сп}$ – время стоянок в пути (ожидание прохождения проливов, шлюзования и пр.), сут.

$T_{оп}$ – суммарное время обработки в портах, сут.

На основании времени кругового рейса производится расчет тоннаже-суток за рейс

$$T_{тнж-сут} = Q_e \cdot T_{кр.р}, \quad (2)$$

где Q_e – грузоподъемность судна, т.

Себестоимость кругового рейса рассчитывается следующим способом

$$C = P_э \cdot T_{кр.р} + P_п, \quad (3)$$

где $P_э$ – эксплуатационные расходы по содержанию судна, \$/сут.;

$P_п$ – портовые расходы по судну, \$.

Величина суточных эксплуатационных расходов рассчитывается исходя из расходов по содержанию судна в ходу и на стоянке. Для оперативного расчета воспользуемся фактическими отчетными данными ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» по представленным типам флота [2]: «Сормовский» – 1900 \$/сут.; «Волго-Дон» – 1950 \$/сут.; «Волга» – 1800 \$/сут.; «Русич» – 1500 \$/сут.

Портовые расходы по судну рассчитываются исходя из его габаритных размеров, тоннажа, гидродинамических характеристик и пр.

Таблица 3 – Расхода топлива судами заграничавания, т/сут.

Тип судна	IFO в ходу		MGO в ходу		MGO на стоянке
	в грузу	в балласте	в грузу	в балласте	
Сормовский	4,104	4,104	0,288	0,288	0,432
Волго-Дон	–	–	4,992	4,800	0,384
Волга	7,776	7,776	0,480	0,480	0,432
Русич	7,992	7,752	0,228	0,228	0,432

Совокупный расход топлива складывается из количества топлива, затраченного в портах грузовых операций и топлива, затраченного на выполнение переходов между портами

$$P_m = P_{mgo} + P_{ifo}, \quad (4)$$

где P_{mgo} – совокупный расход за рейс дизельного топлива MGO в ходу и на стоянке, т;

P_{ifo} – совокупный расход за рейс моторного топлива IFO-30 в ходу, т.

С учетом факта эксплуатации судов на различных сортах топлива, расходы по данной статье также можно представить в следующем виде

$$P_m = P_{ig} \cdot T_{кр.р} \cdot C_j, \quad (5)$$

где P_{ig} – расход i -судном j -вида топлива, т;

C_j – стоимость j -вида топлива, \$/т.

Стоимость топлива MGO составляет 1 271,75 \$ США за тонну, цена IFO-30 – 858,75 \$ США. В таблице 3 приведен расход топлива различными типами судов.

Величина доходов за рейс рассчитывается следующим образом

$$D = Q_2 \cdot d, \quad (6)$$

где d – ставка фрахта по роду груза, \$/т.

Величина прибыли за рейс

$$\Pi = D - C. \quad (7)$$

Функцией цели является максимизация прибыли [4]

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \Pi_{ij} \cdot X_{ij} \Rightarrow \max, \quad (8)$$

где i – индекс типа судна, $i \in I$ (I – множество индексов i);

j – индекс планового периода расчета, $j \in J$ (J – множество индексов j);

X_{ij} – число рейсов грузового судна i -типа в j -периоде, ед.;

Π_{ij} – количество прибыли от грузового судна i -типа в j -периоде, \$. США.

Введем следующие ограничения:

1 Обеспечение максимального количества перевозок грузов в плановом периоде

$$\sum_{i \in I} Q_{ij} \cdot X_{ij} \geq Q_j, j \in J, \quad (9)$$

где Q_j – количество груза, которое может перевести судно i -типа в j -периоде, т.

2 Ограничение по не превышению тоннаже-суток планового периода

$$\sum_{i \in I} T_{тнж-сут ij} \cdot X_{ij} \leq T_{тнж-сут j}, j \in J, \quad (10)$$

где $T_{тнж-сут ij}$ – тоннаже-сутки за круговой рейс судна i -типа в j -периоде, тнж-сут.

3 Переменные решаемой задачи должны быть неотрицательными целыми величинами

$$X_{ij} \leq 0, X_{ij} \text{-целое}, i \in I, j \in J \quad (11)$$

Результаты расчетов на основании представленных данных, сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет оптимальной расстановки флота с учетом максимизации прибыли

Параметры	Сормовский	Волго-Дон	Волга	Русич
Количество отправок	31	32	48	47
Прибыль, тыс. \$	3 630,025	4 815,648	8 493,469	9 672,810
Затраты на топливо, тыс. \$	1 986,710	3 117,881	3 897,499	3 829,121
Итоговая прибыль, тыс. \$	1 643,316	1 697,767	4 595,970	5 843,690

Результат расчетов очередности освоения грузов по линиям показал следующую эффективность типов флота в порядке убывания: «Русич», «Волга». «Волго-Дон», «Сормовский».

При втором варианте расчета фрахтовые ставки за транспортировку грузов рассчиты-

ваются исходя из перевезенной кубатуры.

Для расчета возьмем фактические грузопотоки перевозки леса и хвойных балансов:

- п. Лиепая – порты Швеции – 115 тыс. м³;
- п. Мууга – порты Германии – 130 тыс. м³.

Тарифные ставки за перевозку составляют 49 и 51 \$ США соответственно. Итоги по данному варианту расчета представлены в таблице 5.

Второй вариант расчета подтверждает эффективность эксплуатации в бассейнах Балтийского и Северного морей судов, приспособленных для перевозки максимальной номенклатуры грузов.

Таблица 5 – Расчет оптимальной расстановке флота по второму варианту

Параметры	Сормовский	Волго-Дон	Волга	Русич
Количество отправок	34	31	51	41
Прибыль, тыс. \$	3 469,214	2 029,973	10 274,483	10 331,293
Затраты на топливо, тыс. \$	2 025,593	3 182,803	3 869,527	3 719,554
Итоговая прибыль, тыс. \$	1 443,620	-1 152,830	6 404,956	6 611,739

Флот, грузовые трюма которого не приспособлены для перевозки объемных грузов, показывает большую экономию в части затрат на топливо. Однако недостаточная грузоемкость не позволяет получить желаемую прибыль.

При внедрении методики расчета в рамках управления международных грузовых перевозок предприятия ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» деятельность по перевозкам грузов позволяет получить увеличение прибыли на 5-7%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Судоходная компания «Волжское пароходство». 165 лет.** -Н. Новгород: ЛИТЕРА, 2008. -11 с.

2 **Отчетные материалы ОАО «Судоходная компания «Волжское пароходство» за первое полугодие 2008 г.**

3 **Жмачинский, В.И.** Стратегическое управление предприятием: учеб. пособие / В.И. Жмачинский, О.И. Карташова, А.В. Новиков. -Астрахань, 2006. -508 с.

4 **Иванов, А.В.** Текущее планирование производительности ресурсного потенциала судоходной компании / А.В. Иванов // Тр. ВГАВТ. -Н. Новгород, 2001. -Вып. 296, Ч.4.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА оптимальная расстановка судов; эксплуатационные расходы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Котов Юрий Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОСНОВНЫМИ И ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЕНИСЕЙСКОЕ РЕЧНОЕ ПАРХОДСТВО»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

И.Г. Фютик, Н.Н. Путилова

Общая политика управления рисками должна согласовываться с общими целями и задачами конкретного предприятия. На примере ОАО «Енисейское речное пароходство» рассмотрены риски наиболее актуальные для предприятия водного транспорта: обеспечение собственными средствами предприятия (имущественные риски); риски достаточности оборотных средств с учетом их ликвидности.

В основе управления деятельностью транспортной компании в условиях неопределенной хозяйственной ситуации лежат целенаправленный поиск и организация работы по снижению уровня риска и минимизации возможных потерь, как финансовых, так и материальных. В качестве необходимого элемента управления выступает анализ риска. Существует различное множество видов и классификаций риска. На примере ОАО «Енисейское речное пароходство» рассмотрим наиболее актуальные риски с хозяйственной точки зрения. К ним можно отнести: обеспечение собственными средствами предприятия (имущественные риски); риски обеспечения оборотными средствами с учетом их ликвидности (наличие дебиторской задолженности и денежных средств на предприятии).

В процессе анализа фиксируется отношение финансового результата или прибыли в

деятельности компании, и выявляются причины возникновения этого. В дальнейшем оцениваются возможные последствия развития неблагоприятной ситуации на рынке транспортных услуг. Применение различных методов анализа и оценки риска позволяет выбрать оптимальную стратегию управления транспортной компанией. Такая стратегия обеспечивает минимальный размер упущенной выгоды, достижение наиболее высоких результатов при изменяющихся внешних и внутренних условиях.

В системе управления предприятием транспортного комплекса существенная роль отводится привлечению финансовых ресурсов, как для компенсации финансовых потерь, так и для модернизации транспортной инфраструктуры. И здесь важно найти баланс между собственными средствами предприятий отрасли и привлеченными средствами. Разработка и внедрение программ альтернативного распределения экономических рисков и возможных источников их покрытия становится важнейшей задачей при планировании деятельности современной транспортной компании. Проблемам повышения эффективности функционирования различных видов транспорта, анализа производственно-хозяйственных отношений на транспортных предприятиях посвящены работы В.Ю. Савченко-Бельского [3].

Таблица 1 – Аналитическая структура активов ОАО «Енисейское речное пароходство» за период 2003-2007 гг., %

Наименование показателя	01.01.04 г.	01.01.05 г.	01.01.06 г.	01.01.07 г.	30.06.08 г.
I Внеоборотные активы	61,17	66,63	66,38	59,38	42,77
Нематериальные активы	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Основные средства	57,13	63,58	61,85	56,62	39,59
Незавершенное строительство	3,54	2,49	3,91	2,21	2,69
Долгосрочные финансовые вложения	0,44	0,50	0,54	0,46	0,32
Прочие внеоборотные активы	0,06	0,07	0,07	0,08	0,17
II Оборотные активы	38,83	33,37	33,62	40,62	57,23
Запасы, в том числе:	13,92	13,35	13,65	14,73	19,10
– сырье, материалы	10,61	11,80	12,44	11,79	16,68
– затраты в незавершенном производстве	0,04	0,00	0,10	1,95	1,44
– готовая продукция и товары для перепродажи	0,55	0,56	0,36	0,25	0,22
– расходы будущих периодов	2,72	0,99	0,90	0,74	0,77
Долгосрочная дебиторская задолженность в том числе:	6,08	5,81	4,01	2,92	1,90
– покупатели и заказчики	5,51	5,33	3,61	2,60	1,73
– векселя к получению	0,05	0,06	0,06	0,05	0,00
– задолженность дочерних и зависимых обществ	0,14	0,13	0,10	0,10	0,08
– прочие дебиторы	0,37	0,30	0,25	0,18	0,09
Краткосрочная дебиторская задолженность, в том числе:	15,88	11,07	14,40	18,42	28,59
– покупатели и заказчики	4,90	4,46	5,33	6,70	20,37
– задолженность дочерних и зависимых обществ	0,59	0,68	0,72	0,21	0,80
– авансы выданные	2,83	2,58	3,67	5,39	2,39
– прочие дебиторы	7,56	3,36	4,53	6,13	5,03
Краткосрочные финансовые вложения	0,70	0,61	0,33	0,25	0,17
Денежные средства	1,02	1,09	0,32	3,91	7,20
Прочие оборотные активы	1,25	1,43	0,76	0,39	0,26
Активы всего	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Для транспортных организаций серьезными факторами риска, стала ограниченность материальных ресурсов: топлива, энергии, материалов, основных производственных фондов и существенное повышение цен на эти ресурсы. С 1995 по 2007 гг. доля материальных затрат (включая сырье и материалы, топливо и энергоресурсы) в общей сумме затрат на производство продукции транспортных предприятий выросла на 7,2 процентных пункта. Весьма сильное влияние на результаты деятельности транспортной компании на рынке оказывают экономические риски. Одни из них связаны с деятельностью транспортной компании по производству и предоставлению транспортных услуг, другие – с различными финансовыми операциями.

Правильно подобранный пакет конкретных предупредительных мероприятий позволит

обеспечить финансовую устойчивость, стабильную деятельность и защиту имущественных интересов при возникновении непредвиденных ситуаций.

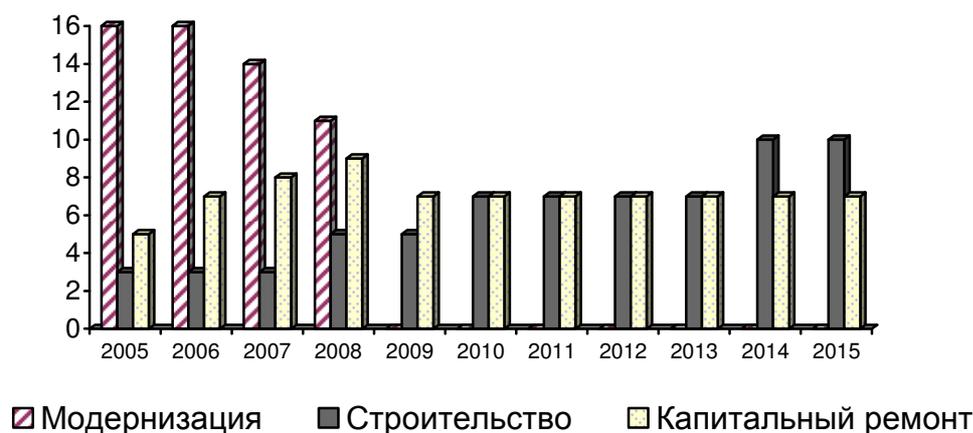


Рисунок 1 – График обновления флота ОАО «ЕРП», шт.

Обеспечение средствами ОАО «Енисейское речное пароходство» необходимо анализировать по структуре активов (таблица 1) на основании данных бухгалтерской финансовой отчетности [2]. Затем в процессе этого анализа проводится расчет показателей деятельности пред-

приятия и вырабатываются решения по улучшению результатов работы предприятия.

Основную часть стоимости внеоборотных активов транспортного предприятия составляют основные средства. Доля статьи «Здания, машины и оборудование» – около 10%, а остальной объем приходится на флот /по данным бухгалтерской финансовой отчетности ОАО «ЕРП»/. В динамике данный показатель почти не изменяется, но по составу устаревшие суда списываются, а новые строятся или модернизируются (рисунок 1). Также можно отметить появление в структуре средств предприятия нематериальных активов, которые заявляют о себе с развитием инноваций и рыночных отношений.

Изменение в структуре активов предприятия обусловлено ростом объема оборотных средств (рисунок 2) за счет увеличения краткосрочной дебиторской задолженности и денежных средств, что положительно сказывается на ликвидность средств предприятия.

Значительные изменения в структуре дебиторской задолженности выявляют рациональность экономико-управленческих решений аналитического управления пароходства, в том числе с целью снижения экономических рисков в работе с клиентами и кредиторами (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика структуры дебиторской задолженности в ОАО «ЕРП» на 2006-2008 гг., %

Дебиторская задолженность	На 01.01.06 г.	На 01.01.07 г.	На 01.01.08 г.
Краткосрочная	100,00	131,26	199,37
Долгосрочная	100,00	70,34	59,59
Общая сумма	100,00	110,29	151,25

нии обеспеченности оборотными средствами предприятия с точки зрения ликвидности его имущества. Наглядно эту динамику можно наблюдать на диаграмме (рисунок 3).

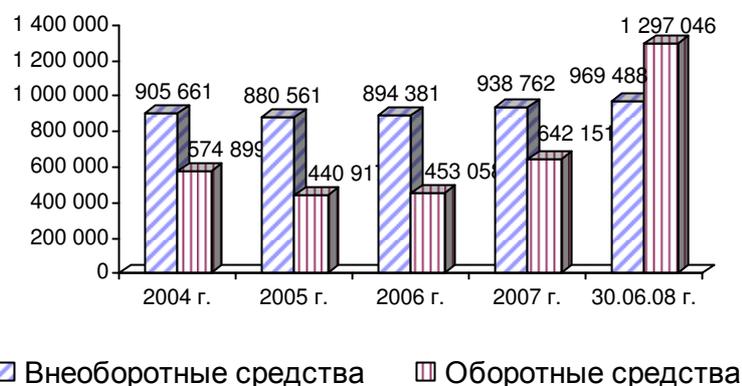


Рисунок 2 – Динамика структуры средств ОАО «ЕРП» в 2004-2008 гг., тыс. руб.

При рассмотрении динамики дебиторской задолженности ОАО «ЕРП» наблюдается тенденция снижения доли долгосрочной дебиторской задолженности и увеличение краткосрочной дебиторской задолженности. Соотношение краткосрочной и долгосрочной задолженностей в 2006 году составляли 66% и 34%, а в 2008 году – 86% и 14%, что говорит об улучше-

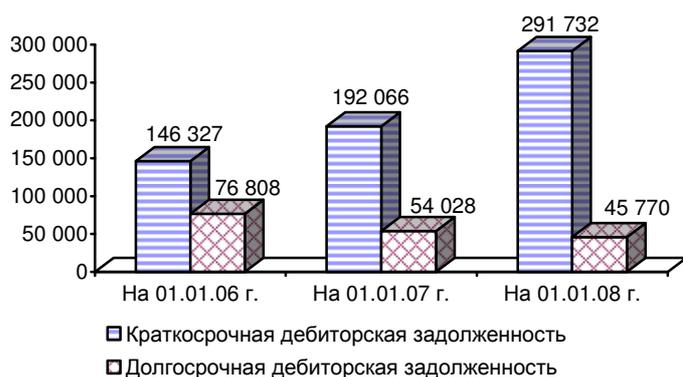


Рисунок 3 – Динамика дебиторской задолженности ОАО «ЕРП» в 2006-2008 гг., тыс. руб.

По мере стабилизации производственной деятельности предприятия постепенно складывается определенная структура имущества и источников средств, обусловленная оптимизацией финансовых рисков на предприятии. Поэтому коэффициенты ликвидности обычно варьируют в некоторых вполне предсказуемых границах. Напротив, финансовое состояние в плане платежеспособности может быть весьма изменчивым: вчера предприятие было платежеспособным, сегодня – пришло время расплатиться с

кредитором, а у предприятия отсутствуют средства на счете, поскольку не поступил своевременно платеж за предоставленные ранее услуги.

Говоря о ликвидности предприятия, имеют в виду наличие у него оборотных средств в размере, теоретически достаточном для погашения краткосрочных обязательств хотя бы и с нарушением сроков погашения, предусмотренных контрактами. Основным признаком ликвидности, следовательно, служит формальное превышение (в стоимостной оценке) оборотных активов над краткосрочными пассивами. Чем больше это превышение, тем благоприятнее финансовое состояние предприятия с позиции ликвидности. Однако, коэффициенты ликвидности могут характеризовать финансовое положение как удовлетворительное, но по существу эта оценка может быть ошибочной, если в оборотных активах значительный удельный вес приходится на неликвиды и просроченную дебиторскую задолженность. Неликвиды, т.е. активы, которые нельзя реализовать на рынке вообще или без существенной финансовой потери и неоправданная дебиторская задолженность характеризуют с качественной точки зрения оборотные средства и их фактическая ценность сомнительна для оценки ликвидности. Проанализировать состояние оборотных средств можно при рассмотрении их структуры (рисунок 4).

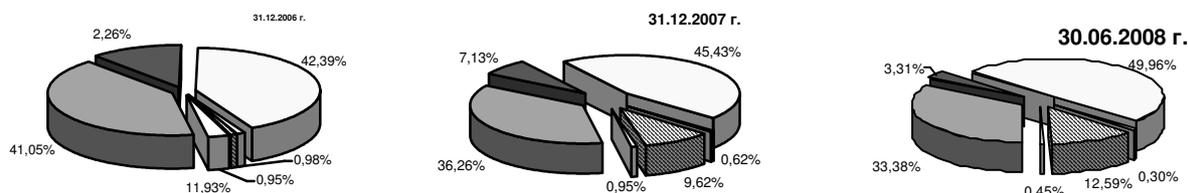


Рисунок 4 – Структура оборотных средств ОАО «Енисейское речное пароходство» на 2006-2008 гг., %

При анализе структуры оборотных средств наблюдается увеличение достаточно ликвидной дебиторской задолженности, платежи по которой ожидаются в течение 12 месяцев после отчетной даты (50%). Также в сравнении с 2006 годом значительно увеличилась доля денежных средств (12,6%) являющихся высоколиквидными активами. Таким образом, рискованность обеспечения оборотными средствами снижается за счет их высокой ликвидности, а следовательно, с учетом увеличения оборотных средств в общем объеме активов, повышается и платежеспособность предприятия.

Оценка ликвидности и платежеспособности может быть выполнена с определенной степенью точности. В частности, в рамках экспресс-анализа платежеспособности обращают внимание на статьи, характеризующие наличные деньги в кассе и на расчетных счетах в банке, так как они выражают совокупность наличных денежных средств, т.е. имущества, которое имеет абсолютную ценность, в отличие от любого другого имущества, имеющего ценность лишь относительную. Эти ресурсы наиболее мобильны, они могут быть включены в финансово-хозяйственную деятельность в любой момент, тогда как другие виды активов нередко могут включаться лишь с определенным временным лагом. Искусство финансового управления как раз и состоит в том, чтобы держать на счетах минимально необходимую

сумму средств, а остальную часть, которая может понадобиться для текущей оперативной деятельности, – в быстро реализуемых активах.

Специфика предприятий водного транспорта обуславливается, прежде всего, сезонностью работы и движением оборотных средств в течение календарного года. При анализе наличия денежных средств в ОАО «Енисейское речное пароходство» с января по июнь 2008 года [2] наблюдается тенденция их увеличения (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика наличия денежных средств в ОАО «Енисейское речное пароходство» за период с января по июнь 2008 г., %

Наименование показателя	01.01.08 г.	31.03.08 г.	30.06.08 г.
Денежные средства, в том числе	100,0	6,3	264,5
– касса	100,0	159,5	239,9
– расчетные счета	100,0	5,8	264,5
– валютные счета	100,0	100,0	100,0
– прочие	100,0	100,0	111,5

Для рассматриваемого периода характерно значительное снижение денежных средств к марту (на 93%), а затем рост в 2,5 раза. Таким образом, предприятие обладает возможностью свободной финансовой деятельности в период поступления денежных средств на расчетные счета за предоставляемые транспортные услуги, в том числе для обновления флота путем собственной постройки на ОАО «Красноярская судостроительная верфь» или модернизации на ОАО «Красноярский судоремонтный завод».

Направления использования средств ОАО «Енисейского речного пароходства» можно проследить на графике обновления флота (см. рисунок 1) [2].

По данным диаграммы (см. рисунок 1) до 2008 года в ОАО «ЕРП» интенсивно проводится модернизация флота и параллельно ведется строительство новых судов. Расходы на ремонт судов увеличиваются, что свидетельствует о росте потребности в транспортном флоте, а значит и объемов перевозок грузов и пассажиров.

Финансовая устойчивость предприятия характеризуется коэффициентами ликвидности, обеспеченности и автономии. Проблемами оптимизации структуры финансово-экономического механизма функционирования сложных систем, в том числе на транспорте занимается Т.А. Владимирова [1].

Логика коэффициентов ликвидности в следующем, предприятие погашает свои краткосрочные обязательства в основном за счет оборотных активов; следовательно, если оборотные активы превышают по величине краткосрочные пассивы, предприятие может рассматриваться как успешно функционирующее.

Обеспеченность текущей деятельности предприятия собственными средствами оценивается соотношением собственного оборотного капитала к оборотным активам. Очевидно, что величина собственных оборотных средств зависит от многих факторов, а ее увеличение обуславливается: реинвестированием прибыли, относительным снижением внеоборотных активов, получением долгосрочных кредитов и займов, привлечением новых акционеров. Кроме того, чем более интенсивно оборачиваются средства на предприятии, тем в большей степени оно нуждается в относительно значимой величине собственных оборотных средств и, соответственно, увеличивается риск деятельности предприятия.

Чем выше доля собственного капитала в общей сумме авансированных средств, тем более устойчиво и независимо от внешних кредиторов предприятие. Значение коэффициента автономии (собственности) зависит от отрасли, структуры капитала и других факторов. Коэффициент собственности имеет большое значение для инвесторов и кредиторов, т.к. чем выше значение коэффициента, тем меньше риск потери инвестиции и кредитов. Результаты расчетов коэффициентов финансовой устойчивости с 2003 г. по 2007 г. представлены в таблице 4.

В рассматриваемые годы ОАО «ЕРП» сохраняло достаточный уровень обеспеченности обязательств текущими активами, о чем свидетельствует коэффициент текущей ликвидности, составивший на конец 2007 года 6,61. Коэффициент обеспе-

Таблица 4 – Показатели финансовой устойчивости работы ОАО «ЕРП» в 2003-2007 гг.

Коэффициенты	Норма	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Текущей ликвидности	более 2,0	2,72	2,08	4,66	4,44	6,61
Обеспеченности собственными средствами	более 0,1	0,63	0,57	0,79	0,74	0,83
Автономии	более 0,6	0,87	0,83	0,93	0,92	0,93

ценности собственными средствами гарантирует безрисковую деятельность предприятия, т.к. на протяжении всего периода значение данного показателя значительно превышало норму. Анализ финансовой устойчивости позволяет говорить о значительном запасе прочности, а соответственно и снижении риска, обусловленном высокой долей собственного капитала, которая в рассматриваемом периоде составила более 80%.

Таким образом, обозначились положительные тенденции в динамике и структуре средств ОАО «Енисейское речное пароходство». А так как каждое предприятие в своем осознании риска относительно результатов хозяйствования действует целенаправленно, то с точки зрения риска, тенденция повышения значений коэффициентов ликвидности и обеспеченности средствами (см. таблицу 4) в Енисейском речном пароходстве ведет к снижению риска деятельности. Поэтому то и существует необходимость учета риска как экономической реальности, чтобы согласовывать с ним шаги в деятельности предприятия, уменьшать потери и увеличивать выгоду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Владимирова, Т.А.** Анализ как составная часть финансово-экономического механизма функционирования сложных систем / Т.А. Владимирова. -Новосибирск: ИЭиОПП, СИФБД, 2002. -140 с.

2 **Официальный сайт ОАО «Енисейское речное пароходство»** [Электронный ресурс]. -Режим доступа: www.e-river.ru.

3 **Савченко-Бельский, В.Ю.** Теория и методология управления экономическими рисками транспортных предприятий: автореф. дис. / В.Ю. Савченко-Бельский. -М., 2007. -40 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

управление рисками; оборотные средства

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фюттик Ина Геннадьевна, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Путилова Наталья Николаевна, докт. экон. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ОСОБЕННОСТИ СТРАХОВАНИЯ ГРУЗОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА В РОССИИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

О.Н. Секач

Рассмотрены особенности страхования грузов на различных видах транспорта. Представлены основные страховые случаи.

Рынок страхования в России переживает период бурного развития. Последние 2-3 года Россия демонстрирует один из самых высоких в мире темпов роста страховых сборов. Введение ОСАГО создало новый рынок емкостью порядка 1,6 млрд \$. и дополнительно привлекло к страхованию свыше 10 млн. новых клиентов. Одновременно сборы от страхования юридических лиц растут более чем на 30% ежегодно. При этом российская страховая отрасль еще очень далека до точки насыщения, что позволяет оптимистично оценивать потенциал рынка страхования в России на ближайшие 5-10 лет.

Россия – страна, занимающая огромное пространство, охватывающая несколько климатических зон и часовых поясов. Разумеется, ни один регион такой большой территории не может быть самодостаточным, именно поэтому транспортная система выходит на первое место в жизнеобеспечении российских краев и областей. Более того, развитие экономики напрямую можно связывать с развитием транспорта, наличием глобальной транспортной сети.

Сегодня перевозчики и экспедиторы, работающие по международным контрактам, уже не представляют свою деятельность без страхования ответственности. Но их меньшинство – по данным из разных источников, в России отдается на страхование 8-11% от общего потока грузов, и, конечно же, основными застрахованными грузами являются те, которые относятся к экспортно-импортным контрактам.

Ни одна иностранная компания сегодня не отправляет свои грузы незастрахованными, и, работая с российскими партнерами, они часто включают в контракты поставок страхование грузов как обязательное условие. В России же многие российские компании, работаю-

щие на внутреннем рынке, считают страхование лишней тратой денег. Российский менталитет и отсутствие страховой культуры достаточно часто мешают развитию как страхования грузов в частности, так и страхования вообще. Еще один фактор, препятствующий развитию страхования грузов, – жесткая и зачастую неоправданная конкуренция на рынке экспедиторских услуг. Многие небольшие транспортно-экспедиционные компании готовы брать на себя ответственность буквально «за все», дабы заполучить крупного клиента. Во многих случаях это заканчивается банкротством грузоперевозчика.

Впрочем, даже если перевозчик заключил договор страхования ответственности, далеко не все страховые случаи покрываются возмещением. В Гражданском кодексе РФ, что соответствует Федеральному закону о транспортно-экспедиционной деятельности, сказано: «Лицо, не исполнившее обязательства, несет ответственность при наличии вины (умысла или неосторожности), кроме случаев, когда законом или договором предусмотрены иные основания ответственности. Лицо признается невиновным, если при той степени заботливости и осмотрительности, какая от него требовалась по характеру обязательства и условиях договора, оно приняло все меры для надлежащего исполнения обязательства».

Например, экспедитор организует перевозку по поручению клиента (собственника груза), но в договоре не оговаривается наличие охраны. В период транспортировки на машину совершается разбойное нападение с применением оружия. Если сотрудники перевозчика выполнили свои обязанности полностью, ни перевозчик, ни экспедитор ответственности за гибель груза не несет. Именно в таких случаях выручает страхование самого груза. Разумеется, есть исключения из страхового договора и в этом виде страхования, но они относятся обычно к событиям непрогнозируемым и достаточно редким, например, природным катаклизмам. В основном, страховой случай это штатная ситуация, и страховщики компенсируют своим клиентам финансовые потери.

Как и любая другая отрасль, транспорт в области страхования имеет свои особенности. Остановимся на них подробнее.

Проблемы перевозок водным транспортом в основном связаны с возрастом транспортных средств. Подвижной состав крайне изношен. Сегодня любой страховщик при оценке риска задает вопрос о возрасте судна и флаге приписки. В основном, на внутренних рейсах на страхование отдаются промышленные товары, а также продукты сельского хозяйства. С учетом реализации программ Правительства о возрождении промышленности, перевозки сельскохозяйственного сырья – достаточно перспективное направление в страховании грузов. Зерно и сахар являются фактически стратегическим продуктом для многих областей. Поэтому здесь без страхования не обойтись.

В целом, водный транспорт (морской, речной), в соответствии с географическими особенностями России, используется во всех регионах страны. Этим обусловлен огромный объем грузов, перевозимых водным транспортом, что, естественно, вызывает интерес у страховщиков.

Наиболее распространенные убытки при перевозке данным видом транспорта: подмокание груза, повреждение при погрузке/выгрузке, повреждение техники во время шторма.

В последнее время рынок автомобильных перевозок является наиболее конкурентоспособным по сравнению с перевозками другими видами транспорта. И к страховым услугам на внутреннем рынке, в основном, прибегают автомобильные перевозчики и собственники, отправляющие товар этим способом, в связи с тем, что большинство страховых событий происходит именно на этом виде транспорта. Влияют на это и качество дорожного покрытия, в основном, на дорогах федерального значения, и возраст подвижного состава.

Учитывая все эти факторы, многие руководители компаний, работающих на внутреннем российском рынке, понимают, что грузы при перевозках автомобильным транспортом внутри страны должны обязательно быть застрахованы.

Существует некоторый выход из ситуации – обязать всех транспортников застраховать свою ответственность. Но если это решение не принять законодательно, многие мелкие перевозчики захотят сэкономить.

Не менее интересна с точки зрения страхования и железная дорога. Без нее невозможно представить связь между удаленными регионами, а также доставку грузов из портов в основные регионы и промышленные центры. Сотни тысяч километров железных дорог обеспечивают огромный грузопоток. Многие российские страховщики возлагают большие надежды именно на этот сегмент страхового рынка.

Наиболее распространенные страховые события на железной дороге: хищение груза,

повреждение при погрузке/выгрузке.

И, конечно же, нельзя представить нашу страну без авиации. Для государства, имеющего такие территориальные границы, значение авиaperевозок в транспортной схеме переоценить нельзя. На территории России существует ряд областей, добраться в которые другими видами транспорта в определенный сезон просто невозможно.

Поскольку авиатранспортом выгодно возить только достаточно дорогие грузы, их страхование зачастую сами собственники считают необходимым.

Основными страховыми событиями, связанными с авиaperевозками являются пропaжа (недостача) или кража груза. Реже бывают повреждения.

Российские транспортные предприятия осуществляют не только внутренние перевозки, они являются частью мировой транспортной системы. Поэтому немаловажную роль на данный момент играет мировой транспорт.

Участие в международных контрактах, транзит грузов по нашим территориям, имеет существенное значение в мировой транспортной инфраструктуре. Хотя многие иностранные экспедиторы отказываются сегодня провозить по России транзитом свои грузы, решение данного вопроса – лишь дело времени.

Отечественные страховые компании часто участвуют в схемах страхования «смешанных» (мультимодальных, интермодальных) перевозок и даже выступают в качестве генерального страховщика в тех контрактах, по которым основная часть маршрута движения груза проходит по территории России или конечным получателем является российская компания. Связано это, прежде всего, с тем, что российский документооборот не всегда удовлетворяет требованиям зарубежных страховщиков, и они готовы разделить ответственность или даже переложить большую ее часть на страховщиков с внутреннего рынка.

Активное участие российских страховых компаний обусловлено также тем, что правила большинства из них разработаны на основе «Оговорок Лондонских страховщиков» (I.C.C.) и соответственно удовлетворяют требованиям основных контрагентов за рубежом. Конечно, правила страхования грузов доработаны с учетом российских факторов риска. Однако сравнительно небольшие базовые тарифные ставки (0,1-0,6%), как по России, так и за рубежом, дают развиваться российскому страховому бизнесу на рынке грузоперевозок.

В соответствии с правилами страхования грузов большинства страховых компаний, принять груз на страхование можно на следующих условиях: с ответственностью за все риски; с ответственностью за частную аварию; без ответственности за повреждения.

Учитывая, что западные страховые компании крайне осторожно подходят к страхованию грузов,двигающихся по территории России, а ставки страховой премии, которые они предлагают, значительно выше, чем у российских страховщиков, именно страхование грузов позволит нам выйти на международный рынок.

На основе изложенного, можно сделать вывод, что условия страхового рынка России позволяют существенно расширить возможности страховой деятельности, особенно в сфере водного транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: страхование грузов; страховой рынок, транспорт
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Секач Ольга Николаевна, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

Р.М. Брызгалова, В.С. Воробьев, К.В. Катальмова

Предложен математический аппарат для имитационного моделирования управления стоимостью транспортного строительства.

Финансовое оздоровление железнодорожного транспорта долгое время определялось государственной политикой поддержки ключевых отраслей промышленности за счет сдерживания железнодорожных тарифов на перевозки, что позволило стабилизировать социально-экономическое положение страны. Государственной думой и Правительством РФ одобрена Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года, предусматри-

вающая расширение сети железных дорог. Причем расширение сети рассматривается как «инструмент реализации политики пространственного развития России, освоения ресурсной базы регионов и выравнивания уровня жизни населения». В соответствии с минимальным вариантом к 2030 году необходимо построить 14735 км новых железнодорожных линий общей стоимостью 1951,6 млрд. руб. По максимальному варианту к 2030 году необходимо построить 23792 км новых железнодорожных линий общей стоимостью 3852,0 млрд. руб. В настоящее время необходимо создать условия для притока частных инвестиций в железнодорожную отрасль. Чтобы частный бизнес пришел в отрасль, ему требуются определенные гарантии: политическая стабильность, сбалансированные риски, приемлемая доходность. Соответственно, инвесторам нужно обеспечить гарантии выполнения принятых властями решений. Риски должны быть сбалансированными, то есть адекватно распределенными между участниками сделок. Доходы или прибыль в значительной степени зависят от осознанной, экономически обоснованной и стабильной тарифной политики и системы ценообразования. Понятие «ценообразование», начиная с административно-командной экономики до сих пор носит ресурсно-затратный смысл и отождествляется с затратами ресурсов на реализацию проектов и является эквивалентом теоретического понятия «овеществленный общественно необходимый труд». Природа рыночной экономики такова, что капитал (деньги, инвестиции) всегда ищет то место, где его отдача будет выше.

Эффективная реализация Стратегии и, следовательно, пространственная диверсификация экономического роста в значительной степени обусловлена решением проблемы ценообразования строительства новых железных дорог. Инвестор стремится к минимизации договорных цен на строительную продукцию (железнодорожную линию) с целью получения доходов на стадии ее эксплуатации при обоснованной тарифной политике. Подрядчик стремится к максимизации доходов (прибыли) на стадии строительства.

В условиях рыночных отношений, складывающихся в постперестроечный период развития экономики России, нового железнодорожного строительства практически не велось. На сегодня отсутствует практический опыт управления стоимостью новостроек в районах слабого индустриального освоения. Поэтому необходим инструментарий, обеспечивающий допустимую точность расчетов. В качестве такового нами предлагается имитационная модель управления стоимостью строительства железных дорог, основанная на имитации хода строительного процесса и определения прямых затрат во времени.

1 Сметная стоимость СМР

$$C_{см} = ПЗ + НР + СП + ВР + ЗУ + НЗ \text{ или } C_{см} = (ПЗ + НР + СП) K_{вр} K_{зу} K_{нз}, \quad (1)$$

где *ПЗ* – прямые затраты;

НР – накладные расходы;

СП – сметная прибыль;

ВР – временные здания и сооружения;

ЗУ – дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время (зимнее удорожание);

НЗ – непредвиденные затраты;

K_{вр}, K_{зу}, K_{нз} – коэффициенты учитывающие затраты на временные здания и сооружения, зимнее удорожание и непредвиденные затраты соответственно.

2 Расчетная себестоимость СМР

$$C_p = \sum_{i=1}^n C_i R_i + \bar{З}_м H \frac{T}{T_{мес}} \cdot K_{вр} + \sum_{j=1}^m S_j K_{mj}, \quad (2)$$

где *C_i* – планово-расчетная цена единицы *i*-го материала;

n – число видов материалов;

R_i – объем *i*-го материала, израсходованный на СМР за расчетный период времени;

$\bar{З}_м$ – средняя месячная зарплата рабочих строителей;

H – численность рабочих на СМР;

T – расчетный период времени;

T_{мес} – длительность месяца;

S_j – стоимость машиномены *j*-й строительной машины;

K_{mj} – количество машиномен *j*-й строительной машины, отработавшей в периоде *T*;

$K_{нр}$ – коэффициент накладных расходов.

3 Производительность труда: денежная выработка СМР

$$B = \frac{Q}{C_o + C_n}, \quad (3)$$

где Q – объем СМР;

C_o – число работников, занятых на СМР;

C_n – число работников, занятых в подсобных производствах.

4 Фонд заработной платы

$$\Phi = \sum_{i=1}^n Z_i Q_i, \quad (4)$$

где Z_i – заработная плата за единицу объема i -й работы;

Q_i – объем i -й работы;

n – число работ.

5 Прибыль плановая

$$P_n = C_{см} - C_n, \quad (5)$$

где $C_{см}$ – сметная стоимость сдаваемых объектов или этапов;

C_n – плановая себестоимость СМР на этих объектах (этапах строительства).

Объем i -й работы, выполненный j -м исполнителем

$$Q_{ij}(t) = a_{ij}(1-\eta_i) \int_{t_{ji}}^t \Pi_{ij}(t) W_{ij}(t) dt, \quad (6)$$

где a_{ij} – булева переменная, равная единице, если j -й исполнитель занят на i -й работе и равная нулю в противном случае;

Π_{ij} – производительность труда;

W_{ij} – численность j -го исполнителя на i -й работе;

η_i – случайное число в интервале (0,1), учитывающее воздействие случайных факторов на строительный процесс.

Фонд оплаты труда в момент времени t по i -й работе, выполненной j -м исполнителем определим как

$$\Phi_{ij}(t) = Z_i Q_{ij}(t); \quad (7)$$

$$\Phi(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_i Q_{ij}(t) = \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{j=1}^m Q_{ij}(t) = \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{j=1}^m Q_{ij}(1-\eta_i) \int_{t_{ji}}^{t_2} \Pi_{ij}(t) W_{ij}(t) dt, \quad (8)$$

где $[t_1; t_2]$ – интервал времени, на котором определяется фонд оплаты труда, неделя, декада, месяц, квартал, год и т.д.;

m – число исполнителей, работающих в интервале $[t_1; t_2]$;

n – число работ, выполняемых в $[t_1; t_2]$.

Фонд оплаты труда по всему проекту определится как

$$\Phi \Big|_{t_{нп}}^{t_{кп}} = \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{j=1}^m a_{ij}(1-\eta_i) \int_{t_{ji}}^{t_{ki}} \Pi_{ij}(t) W_{ij}(t) dt, \quad (9)$$

где $t_{нп}, t_{кп}$ – сроки начала и окончания проекта;

t_{ji}, t_{ki} – сроки начала и окончания i -й работы.

При постоянной выработке (производительности труда) и численности основных рабочих фонд оплаты труда будет равен

$$\Phi \Big|_{t_{нп}}^{t_{кп}} = \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{j=1}^m a_{ij}(1-\eta_i) \int_{t_{ji}}^{t_{ki}} \Pi_{ij}(t) W_{ij}(t) dt = A \cdot \Pi_{ij} W_{ij} (t_{ki} - t_{ji}); \quad (10)$$

$$A = \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{j=1}^m a_{ij}(1-\eta_i).$$

Если i -ю работу выполняет один исполнитель, то $\Pi_{ij} \equiv \Pi_{i1}, W_{ij} \equiv W_{i1}$

$$\Pi_{ij} \equiv \{\Pi_{i1}, \Pi_{i2}, \dots, \Pi_{im}\};$$

$$W_{ij} \equiv \{W_{i1}, W_{i2, \dots}, W_{im}\};$$

и

$$\Pi_{ij} W_{ij} = \Pi_{i1} W_{i1} + \Pi_{i2} W_{i2} + \dots + \Pi_{im} W_{im}.$$

Иначе – объем i -й работы складывается из объемов этой работы, выполненных каждым исполнителем

$$Q_{ij} = Q_{i1} + Q_{i2} + \dots + Q_{im}. \quad (12)$$

Расчетный фонд оплаты труда на заданном интервале времени (день, неделя, декада, месяц, квартал, год, проект)

$$\Phi_p \Big|_{t_1}^{t_2} = \sum_{i=1}^n 3 \sum_{j=1}^m a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij} (t_{ki} - t_{hi}). \quad (13)$$

Потребность в k -м материале на i -ю работу на заданном интервале времени определим как

$$Z_{ik} = Z_{ik}^{(1)} Q_i = Z_{ik}^{(1)} \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} W_{ij} (t_2 - t_1), \quad (14)$$

где $Z_{ik}^{(1)}$ – объем потребления k -го материала для выполнения единичного объема i -й работы.

Расчетная себестоимость материалов

$$C_m \Big|_{t_1}^{t_2} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K C_{ik} Z_{ik}^{(1)} \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} W_{ij} (t_{ki} - t_{hi}), \quad (15)$$

где $Z_{ik}^{(1)}$ – цена единицы k -го материала применяемого при выполнении i -й работы.

Цена материалов определяется принятым методом расчета: базисно-индексным или в текущем уровне цен, а также стадией применения расчетов (ТЭО, проектирование, строительство).

В детерминированных расчетах расчетная стоимость эксплуатации машин определится как

$$S = \sum_{j=1}^{\bar{m}} S_j K_{mj}, \quad (16)$$

на заданном интервале времени $[t_1; t_2]$.

Используя полученные выражения для прямых затрат, учитывая влияние случайных факторов на выполнение СМР, построим алгоритм имитационного моделирования себестоимости строительного производства.

Объем работ, выполняемый машинами и механизмами определяется по формуле (6). Здесь $\Pi_{ij}(t)$ -производительность ведущей машины в машинном комплекте, $W_{ij}(t)$ -количество ведущих машин.

Например, при отсыпке земляного полотна из карьера ведущими являются автосамосвалы. При планировке – бульдозер. При укладке звеньев железнодорожного полотна ведущим является путеукладчик и т.д.

При $\Pi_{ij}(t) = \text{Const}$ и $W_{ij}(t) = \text{Const}$

$$Q_{ij}(t) = a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij} (t_{ij}^{(k)} - t_{ij}^{(h)}). \quad (17)$$

При известном проектном или плановом объеме i -й работы нас интересует продолжительность ее выполнения. Из (16) находим

$$\Delta t_{ij} = (t_{ij}^{(k)} - t_{ij}^{(h)}) = Q_{ij} / [a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij}]. \quad (18)$$

Число машиносмен в этом случае определится как

$$K_{mij} = \frac{\Delta t_{ij} K_u}{K_{cm}} K_{\pi}, \quad (19)$$

где K_{cm} – коэффициент сменности, он может быть равен 1, 2, 3;

K_{π} – коэффициент приведения длительности работы.

При Δt_{ij} , измеряемого в днях $K_{\pi} = 1$, при Δt_{ij} -измеряемого рабочими неделями $K_{\pi} = 5$ или $K_{\pi} = 6$ в зависимости от принятого рабочего календаря и т.д.; K_u -коэффициент использования машин.

Расчетная стоимость эксплуатации машин определится следующим образом

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_j \frac{Q_i K_u K_n}{K_{cm} a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij}}. \quad (20)$$

Для получения расчетной себестоимости СМР необходимо выбрать временной интервал и привести к нему элементы прямых затрат: фонд оплаты труда, стоимость материалов и эксплуатации машин и механизмов. Обозначим интервал как $[t_1; t_2]$

$$C_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij} (t_{2i} - t_{1i}) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} W_{ij} (t_{2i} - t_{1i}) K_{np} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_j \frac{Q_i K_u K_n}{K_{cm} a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} W_{ij}}. \quad (21)$$

Эта формула является основой для построения динамической имитационной модели управления стоимостью строительства.

При длительном производстве работ, как правило, число исполнителей или машин меняется. Это можно представить следующим образом

$$W_{ij}(t) = \begin{cases} W_{ij}^{(1)} & \text{при } t_j^H < t \leq t_j^{(1)} \\ W_{ij}^{(2)} & \text{при } t_j^{(1)} < t \leq t_j^{(2)} \\ \dots & \\ W_{ij}^{(n)} & \text{при } t_j^{(n-1)} < t \leq t_j^{(n)}. \end{cases} \quad (22)$$

На производительность труда (выработку или производительность машин) помимо случайных факторов влияет сезонность производства работ, тогда

$$\Pi_{ij}(t) = \begin{cases} \Pi_{ij}^{(1)} & \text{при } t_j^H \leq t < t_j^{(1)} \\ \Pi_{ij}^{(2)} & \text{при } t_j^{(1)} \leq t < t_j^{(2)} \\ \dots & \\ \Pi_{ij}^{(m)} & \text{при } t_j^{(m-1)} \leq t < t_j^{(m)}. \end{cases} \quad (23)$$

Объем i -й работы, выполненный j -м исполнителем или комплектом машин при $\Pi_{ij}(t) = \text{Const}$ равен

$$Q_{ij}(t) = a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} \left[\int_{t_j^H}^{t_j^{(1)}} W_{ij}^{(1)} (t_j^H \leq t < t_j^{(1)}) + \dots + W_{ij}^{(\xi)} (t_j^{\xi-1} \leq t < t_j^{(\xi)}) \right] dt = \\ = a_{ij} (1 - \eta_i) \Pi_{ij} \left[W_{ij}^{(1)} (t_j^{(1)} - t_j^H) + W_{ij}^{(2)} (t_j^{(2)} - t_j^{(1)}) + \dots + W_{ij}^{(\xi)} (t_j^{(\xi)} - t_j^{(\xi-1)}) \right]. \quad (24)$$

При постоянной численности основных рабочих и машин, занятых на i -й работе $W_{ij}(t) = \text{Const}$ и изменении производительности по сезонам объем определится по следующему выражению

$$Q_{ij}^{(t)} = a_{ij} (1 - \eta_i) W_{ij} \left[\int_{t_j^H}^{t_j^{(1)}} \Pi_{ij}^{(1)} (t_j^H \leq t < t_j^{(1)}) + \dots + \Pi_{ij}^{(\xi)} (t_j^{\xi-1} \leq t < t_j^{(\xi)}) \right] dt = \\ = a_{ij} (1 - \eta_i) W_{ij} \left[\Pi_{ij}^{(1)} (t_j^{(1)} - t_j^H) + \Pi_{ij}^{(2)} (t_j^{(2)} - t_j^{(1)}) + \dots + \Pi_{ij}^{(\xi)} (t_j^{(\xi)} - t_j^{(\xi-1)}) \right]. \quad (25)$$

В общем случае временные интервалы изменения производительности и численности можно привести к $[t_i - t_{i+1}]$, где $i = 1, 2, \dots, p$ (p -число временных интервалов). Тогда

$$Q_{ij}^{(t)} = a_{ij} (1 - \eta_i) \left[\Pi_{ij}^{(1)} W_{ij}^{(1)} (t^{(1)} \leq t < t^{(2)}) + \Pi_{ij}^{(2)} W_{ij}^{(2)} (t^{(2)} \leq t < t^{(3)}) + \Pi_{ij}^{(\xi-1)} W_{ij}^{(\xi-1)} (t^{(\xi-1)} \leq t < t^{(\xi)}) \right]. \quad (26)$$

Расчетная себестоимость СМР в этом случае также определяется по формуле (21). В ней

$$\Pi_{ij} W_{ij} = \Pi_{ij}^{(1)} W_{ij}^{(1)} + \Pi_{ij}^{(2)} W_{ij}^{(2)} + \dots + \Pi_{ij}^{(\xi)} W_{ij}^{(\xi)}. \quad (27)$$

Число слагаемых определяется количеством взвешенных интервалов $(t_j^{(\xi-1)} - t_j^{(\xi)})$, попадающих на интервал $(t_1; t_2)$.

Оптимизация себестоимости СМР. При строительстве возникают зоны убытков и прибыли. Убытки могут появляться по внутренним и внешним причинам. Внутренние причины обусловлены организацией строительства и методами управления, а именно нерациональным календарным графиком (линейной или сетевой моделью), нерациональным распределением трудовых ресурсов, машин и механизмов, стоимостью эксплуатации машин, нерациональным управлением поставками и запасами материалов и рядом других факторов.

Внешние причины сводятся к ошибкам проектирования, появлению дополнительных работ не учтенных в проекте, условий строительства, применения строительной техники, не заложеной в ПОС, рыночные колебания цен на материалы, инфляцию и др.

На интервале времени (t_1, t_2) себестоимость определится как

$$C_p = \left[C_1(t_2 - t^{(1)}) + C_2(t^{(3)} - t^{(2)}) + \dots + C_\xi(t^{(\xi-1)} - t^\xi) + \dots \right] \frac{1}{t_2 t_1}.$$

Прибыль соответственно равна

$$P = C_{cm} - C_p.$$

Постановка задачи оптимизации при равномерно распределенной во времени сметной стоимости сводится к следующему:

$$P \rightarrow \max \text{ иначе } C_{cm} - \sum_{i=1}^l C_i(t_{i+1} - t_i) \frac{1}{T} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$C_M \leq C_{cm,M}; S \leq S_{cm}; \Phi \leq \Phi_{cm}.$$

где $C_{cm,M}, S_{cm}, \Phi_{cm}$ – сметная или договорная стоимость соответственно материалов, эксплуатации машин и фонд оплаты труда.

При управлении стоимостью строительства управляющими переменными выступают численность основных рабочих, привлекаемых для выполнения СМР, маркетинг цен на материалы, условия их поставки и хранения, типы строительной техники, организация ее эксплуатации и др.

Процесс моделирования представим алгоритмом (рисунок) содержащим следующие блоки: определения стоимости строительства объектов при заданной очередности или определения очередности под имеющиеся (выделенные) инвестиции; формирования фронта работ с учетом лимитов финансирования; учета затрат на ФОТ строительных подразделений для выполнения строительномонтажных работ; имитации затрат на поставки материалов и конструкций; на строительную технику; использование автотранспорта; моделирования стоимости процесса строительства; технико-экономических показателей.

В модели характер связей между объектами или работами может быть представлен набором работ, линейным графиком, сетевым графиком и обобщенным сетевым графиком. При этом следует иметь в виду, что сетевой график в модели обозначает лишь технологические связи, при которых следующая работа не может быть начата раньше предыдущей. Методы же расчета сетевых графиков в данном случае не используются.

Применение имитационного моделирования управления стоимостью железнодорожного строительства на конкретной новостройке позволяет из множества вариантов организации

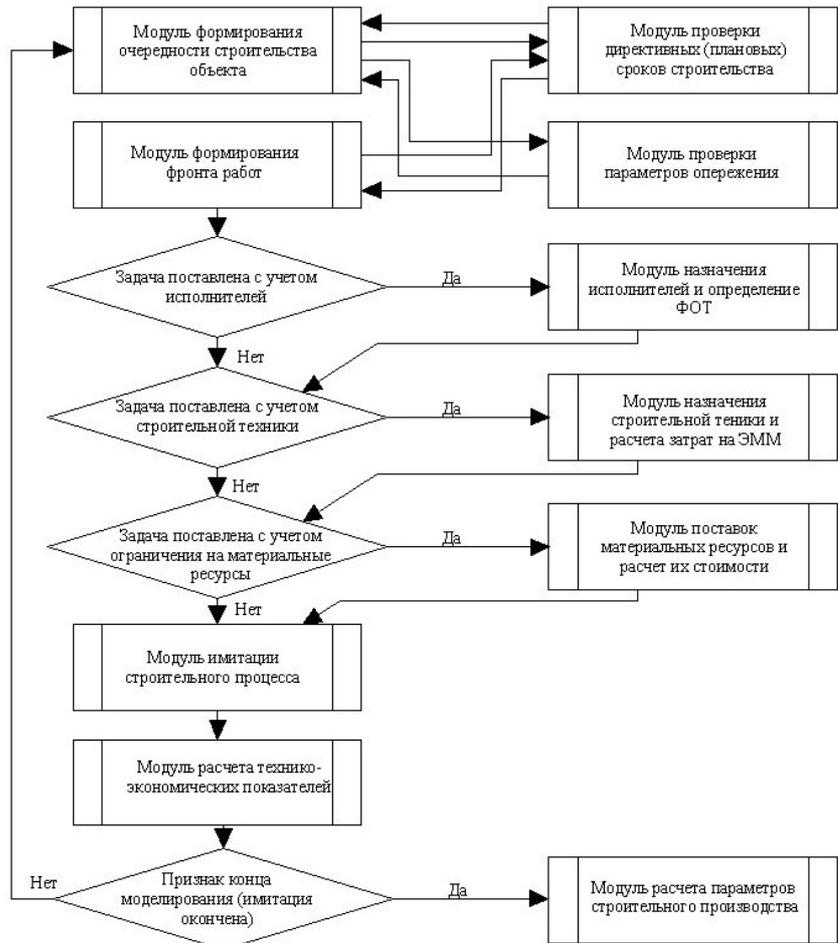


Рисунок – Имитационная модель управления стоимостью строительства

работ и ценовых показателей элементов прямых затрат выбрать оптимальный, что позволяет в конечном итоге снизить стоимость строительства железной дороги.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имитационное моделирование; транспортное строительство
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Брызгалова Роксана Маратовна, канд. экон. наук, доцент ГОУ ВПО «СГУПС»
 Воробьев Валерий Степанович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «СГУПС»
 Каталымова К.В. ГОУ ВПО «СГУПС»

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЗАПАСОВ И ПОСТАВОК НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ГОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Р.М. Брызгалова, В.С. Воробьев, Н.М. Лихачева

Предложена система моделей и их взаимосвязь для планирования и управления стоимостью транспортно-складских процессов на строительстве новой железной дороги.

Согласно Стратегии развития новых железных дорог до 2030 г. основное строительство должно развернуться в экономически неосвоенных районах Сибири (таблица 1). Это сопряжено с огромными затратами по хранению и обработке всевозможных грузов, а также их доставке в места производства работ.

Проблема управления материально-техническим обеспечением транспортного строительства и, соответственно, стоимостью наиболее актуальна для железнодорожных линий большой протяженности. К ним в первую очередь относится Северо-Сибирская магистраль.

Это объясняется большим разнообразием технических, экономических, географических и региональных условий прохождения трассы железной дороги.

Таблица 1 – Перечень и назначение железнодорожных линий и объектов на 2008-2030 гг. (минимальный вариант) по СФО

Длина линии, км	Стоимость, млрд. руб.	Перечень линий	Железная дорога	Цель строительства
Стратегические линии				
1827	188,5	–		
Социально-значимые линии				
1247	142,0	Бийск-Горно-Алтайск	Зап.-Сиб.	Обеспечение выхода на сеть железных дорог для перевозок грузов и пассажиров в административный центр
100	11,39			
Грузообразующие линии				
4588	530,7	Кызыл-Курагино	Красн.	Освоение Элегестского месторождения коксующегося угля
505	58,378			
156	18,0336	Чадобец-Чадобецкий ГОК	Красн.	Освоение Чадобецкого месторождения алюминиевого сырья и редкоземельных металлов
22	2,5422	Чадобец-Кода	Красн.	Обеспечение производства алюминия
40	4,624	Новая Чара-Апсатская	Вост.-Сиб.	Освоение Апсатского месторождения коксующегося угля
30	3,468	Новая Чара-Чина	Вост.-Сиб.	Освоение Чинейского месторождения ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд
1100	127,16	Лена-Непа-Ленск	Вост.-Сиб.	Создание опорной сети для освоения нефтегазоконденсатных месторождений и лесных ресурсов
125	14,45	Приаргунск-Березовское	Забайкал.	Освоение Березовского месторождения железной руды
375	43,35	Нарын-Лугокан	Забайкал.	Освоение Быстринского месторождения полиметаллических руд

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Продолжение таблицы 1

Длина линии, км	Стоимость, млрд. руб.	Перечень линий	Железная дорога	Цель строительства
Технологические линии				
6414,0	790,4	Нижневартовск-Белый Яр-Усть-Илимск	Вост.-Сиб.	Создание альтернативной Северо-Сибирской магистрали для развития и обслуживания промышленной зоны в Нижнем Приангарье
2002	246,246			
63	7,749	Карабула-Ельчимо	Красн.	Создание опорной транспортной сети Нижнего Приангарья
50	6,15	Обход Новосибирского узла	Зап.-Сиб.	Усиление пропускной способности и выноса транзитного грузового движения из крупных жел.-дорожных узлов
50	6,15	Обход Иркутского узла	Вост.-Сиб.	
27	3,321	Обход Читинского узла	Забайкал.	
Высокоскоростные магистрали				
659,0	300,0	нет		
Итого:				
14735,0	1951,6			
В том числе в СФО				
4645	553,0118			
31,5%	28,34%			
Развитие пропускных способностей существующей инфраструктуры				
4738,2	332,0			
17,8	1,246	<i>Вторых:</i> Томусинская-Ерунаково	Зап.-Сиб.	Усиление пропускных способностей сети железных дорог для освоения перспективных объемов грузовых и пассажирских перевозок
3,2	0,224	Рямы-Камень-на-Оби	Зап.-Сиб.	
35,5	2,485	Саянская-Кошурниково	Красн.	
75,2	5,264	Карымская-Забайкальск	Забайкал.	
1053,2	73,724	Участки БАМа	Вост.-Сиб.	
23,2	1,624	Хани-Новая Чара	Вост.-Сиб.	
		<i>Третьих: –</i>		
17,6	1,232	<i>Четвертых:</i> Иркутск-Гончарово	Вост.-Сиб.	
Всего:				
19473,2	4802,6			

Проблема управления стоимостью материально-технического обеспечения транспортного строительства должна решаться в неразрывной связи с транспортным обеспечением самого строительства, развитием сети складов и перевалочных баз, увязанных в рамках стратегического планирования и определяющих стратегию строительства железной дороги.

Наиболее эффективной для решения этой проблемы в современных условиях является методология логистики, включающая ее системные составляющие: строительную, транспортную, складскую, финансовую логистику. Качественное решение методологических проблем управления указанных составляющих невозможно без использования экономико-математических методов, современных возможностей использования вычислительной техники.

В силу этого актуальной становится проблема, связанная с формированием моделей функционирования транспортно-складских систем и разработкой методов управления стоимостью материальных потоков.

Данная работа является развитием в новых экономических условиях научных исследований и практической реализации их результатов, выполнявшихся на протяжении многих лет научными школами МИИТа, ЛИИЖТа, ЦНИИСа, и его Новосибирского филиала, НИИЖТа, ХабиИЖТа и других авторов.

Очевидно, что построение новых систем управления строительством железных дорог невозможно без построения модели самого строительного процесса и программы его ресурсного обеспечения. Построение и анализ единой всеобъемлющей модели весьма затруднен из-за большой сложности и огромной размерности задач. Поэтому рациональным подходом является разработка системы моделей. Учитывая долгосрочный период реализации крупномасштабных проектов железных дорог, возникает необходимость рассматривать

транспортно-складской процесс в фиксированные моменты времени с включением в контур планирования и участников строительства: заказчика, подрядчиков, поставщиков, объединенных на период реализации проекта в виртуальную вертикально-интегрированную структуру.

Анализ механизма планирования и управления строительством новых железных дорог. Функционирование транспортного строительного комплекса, включающего организации с различной формой собственности, объединенного генеральной целью реализации проекта железнодорожного строительства и объединенного в виртуальную вертикальную интегрированную структуру, происходит во времени. Поэтому входные и выходные показатели, характеризующие систему (объект управления и управляющую систему), должны быть приведены к определенным временным интервалам.

Как известно, и в плановой, и в рыночной экономике выделяют операционный (оперативный), тактический (текущий), стратегический (перспективный) уровни планирования и управления. Им соотносятся исполнители (менеджеры низшего звена – руководители строительных участков, складов и др.), специалисты (менеджеры среднего звена – руководители строительно-монтажных подразделений, складских комплексов, управлений производственно-технологической комплектации и др.), топ-менеджеры (руководители высшего звена). Указанные уровни управления используют информацию разной степени агрегированности.

Проблемы моделирования транспортно-складской системы связаны, в основном, с выбором и построением моделей, описывающих функционирование системы в оперативном (недельно- или декадно-суточном), текущем (месячном, квартальном, годовом) и стратегическом (срок реализации проекта) аспектах управления.

Характер моделей должен меняться при переходе от одного временного периода к другому. Так, для стратегического планирования при выработке управляющих решений следует оперировать агрегированными продуктами, при оперативном управлении необходима максимальная детализация материальных ресурсов. Текущее планирование и управление занимает промежуточное положение.

На наш взгляд, эти три типа моделей должны быть включены в контур управления стоимостью поставок и запасов материальных ресурсов следующим образом (рисунок 1). На рисунке 1 выделены три контура управления, соответствующие временным периодам, видам моделей, степени детализации проекта и материальных ресурсов.



Рисунок 1 – Взаимосвязь моделей планирования и управления поставками и запасами материальных ресурсов

Участники строительства традиционно были объединены договорными отношениями, с нередко нарушаемыми условиями по срокам, качеству, номенклатуре, штрафным санкциям и т.д. С целью повышения эффективности управления строительством в целом, поставками и запасами, минимизации издержек нами предлагается нетрадиционная, так называемая виртуальная структура управления, объединяющая отдельные службы, специалистов-

участников реализации проекта в некую организационную и информационную совокупность с единым деревом целей, критериями и задачами.

Ниже рассмотрим контур выработки стратегических управляющих решений в перспективном аспекте. Систему моделей стратегического планирования и управления стоимостью материальных ресурсов представим рисунком 2.

Выделим модели трех уровней детализации: глобальную модель транспортно-складской системы (ТСС) строительства железной дороги с определением стоимости поставок монопродукта по укрупненным звеньям на первом уровне; модели ТСС участка строительства железной дороги с определением стоимости полипродукта по укрупненным звеньям железной дороги на втором уровне; локальную модель ТСС участка строительства железной дороги с определением стоимости полипродукта по элементарным звеньям.

Модели объединены операторами агрегирования и дезагрегирования материальных ресурсов, а также определения их стоимости.

Представленная система моделей позволяет перейти к их формализованному построению применительно к конкретной новостройке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

транспортно-складские процессы; планирование и управление стоимостью

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Брызгалова Роксана Маратовна, канд. экон. наук, доцент ГОУ ВПО «СГУПС»

Воробьев Валерий Степанович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «СГУПС»

Лихачева Наталья Маратовна, преподаватель ГОУ ВПО «СГУПС»



Рисунок 2 – Система моделей стратегического планирования и управления стоимостью транспортно-складских процессов на строительстве новой железной дороги

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПРОЕКТОВ МОСТОСТРОЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ РИСКОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

ОАО «Сибмост»

О.Н. Войтенко

Предложен подход к оценке надежности проектов мостостроения как функция рисков по ключевым участникам их реализации.

В связи с кардинальным изменением политики Правительства РФ, Министерства транспорта РФ и в целом государства Российского становится крайне актуальным решение проблем железнодорожной и автомобильной отраслей с учетом специфики рыночной экономики. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает серьезную модернизацию железнодорожного и автомобильного транспорта, увеличение протяженности железнодорожной сети на 21 тыс. км и рост протяженности автодорожной сети страны в 1,9 раза – до 1,7 млн. км, в том числе в зоне Сибирского федерального округа (СФО).

Нами выполнены маркетинговые исследования мостостроения в СФО и Новосибирской области, что является основанием быстрого реагирования на политическую конъюнктуру как

Государства, так и субъектов РФ в дорожной отрасли (рисунок 1).

Учитывая огромные инвестиционные потребности для реализации программных документов, в которых мостостроение занимает наиболее материалоемкую и финансовозначимую составляющую дорожного строительства, актуальными становятся исследования по выявлению закономерностей соответствия надежности объектов мостостроения их стоимости на всех фазах жизненного цикла при допустимых рисках.

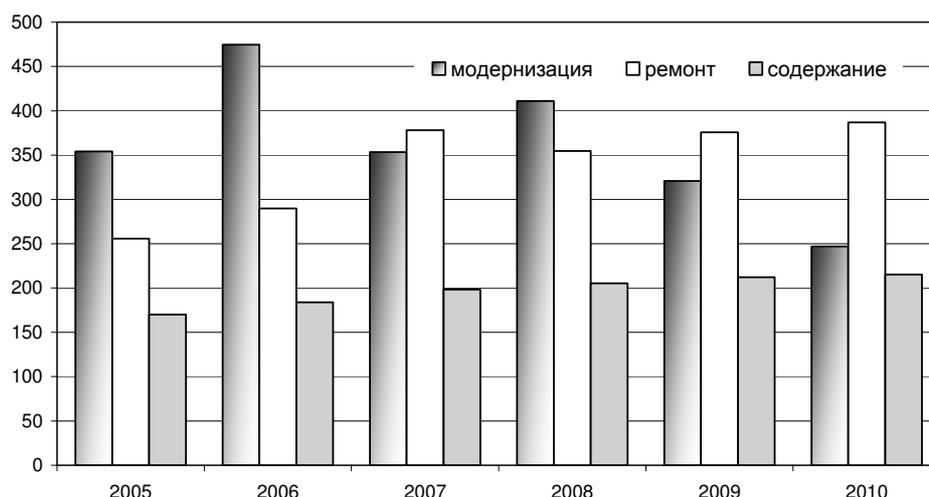


Рисунок 1 – Объемы финансирования строительства и реконструкции мостов Сибирского федерального округа (федеральные дороги) млн. руб.

Надежность – это критический аспект выполнения проекта и качества конструкций его составляющих. Надежность проекта закладывается в конструкторском бюро, на заводах стройиндустрии, на строительной площадке и, наконец, в течение всего времени эксплуатации объекта.

Надежность – это не только технический вопрос, решаемый расчетами конструкций, – это также проблема менеджмента и ответственности, определяемая организационно – технологическими решениями. Используя так называемый «технологический подход» и диаграмму структур, в статье выявляются основные критерии, требования и практические решения, которые направлены на достижение гарантированного значения надежности.

Строительный процесс подвергается влиянию многих случайных факторов, в том числе и человеческого. Поэтому, требования, связанные с безопасностью и надежностью строительства являются вопросами первой важности среди многих существенных требований и критериев, предписанных СНиП РФ, «Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденному Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. №87, и вступившему в силу с 1 июля 2008 г., а также правилами и стандартами строительства зарубежных стран, в частности Еврокодами [1].

Проблема качества безопасности имеет две составляющие: техническую и организационно – технологическую, имеющие одинаково важное значение. Строительные технологии определяют технические требования (критерии), в то время как безопасность качества предоставляет инструмент – процедуры, которые должны помогать инженерам и менеджерам выполнять эти требования с удовлетворительным уровнем соответствия, избегая огромных человеческих ошибок. Желаемое объединение технических критериев и процедур может быть достигнуто при использовании процессного подхода, принятого в новом выпуске стандартов ISO 9000, как фундаментального принципа реализации проектов.

Анализ показывает, что вопросы научного обоснования надежности организационно-технологических решений при заданном уровне допустимых рисков еще недостаточно разработаны. Это создает возможность возникновения вторичных рисков невыполнения этапов строительства в договорные сроки, снижения качества работ, а, следовательно, надежности структуры объекта и, соответственно, снижает эффективность деятельности строительных организаций и в целом всех участников реализации проекта.

В общепринятой методологии проектирования, принятой международными стандартами качества и положениями в Еврокодах, надежность строительства определяется как способность строительства или его компонентов действовать «без провала» во время всего срока эксплуатации объекта недвижимости. Термин надежность охватывает безопасность, обслуживание и долговременность его эксплуатации. Иногда добавляют требование прочности (структурная целостность в несчастных случаях).

При этом определяются две категории пограничного положения надежности [2]:

– предельное пограничное положение ULS, касающееся способности выдерживать нагрузку и являющееся относительно безопасным;

– пограничные положения обслуживания SLS, касающиеся нормальной эксплуатации объекта.

Пограничные положения разделяются на неаварийное (предпочтительное) и аварийное (нежелательное) положения.

В этом контексте сопротивляемость (к аварии) – это общий термин как аварийность), хотя преимущественно относится к ULS.

В кодификации дизайна, основанного на вероятности, последующие стандарты измерения надежности и критерии надежности были приняты следующие [2]:

$$\beta = \frac{P_f}{\Phi} \geq \beta_0,$$

где β – главный индекс надежности;

β_0 – целевая стоимость (требуемая безопасность, зависит от класса безопасности);

Φ – стандартное нормальное распределение;

P_f – возможная вероятность аварийности на протяжении жизненного цикла объекта.

Эквивалент измерения надежности принимает форму

$$r = 1 - P_f.$$

Проблема структурной надежности (безопасности) на практике тносится к вопросу адекватного сопротивления и сроку службы обзоре возможных нагрузок.

Для каждого структурного компонента проекта срок службы определяется следующим отношением

$$S_d = R_{d, \min} \leq \phi(t) R_d \leq R^*(t),$$

где S_d – эффект конструктивного решения (нормативный максимум);

$R_{d, \min}$ – требуемое (нормативное) сопротивление конструкции (нормативный минимум);

R_d – сопротивление конструкции (зависит от процесса конструирования);

$R^*(t)$ – актуальное (временное) сопротивление, достигнутое или установленное в процессе эксплуатации;

$\phi(t)$ – функция снижения надежности с пограничными условиями и последствиями:

– во время сдачи объекта в эксплуатацию..... $t = t_0 : \phi(t_0) = 1 \rightarrow R^*(t_0) \geq R_d$;

– по истечении срока..... $t = t_u : \phi(t_u) = \phi_{\min} \rightarrow R^*(t_u) \geq \phi_{\min} \cdot R_d$.

В случае очень медленного процесса снижения надежности прочность структуры может быть расценена как свойство, не изменяющееся во времени, и, следовательно, может быть принята равной единице.

Выполнение первого условия должно быть обеспечено инженером-проектировщиком, выполнение второго условия в последующих фазах реализации проекта – входит в обязанности подрядчика и клиента (заказчика, эксплуатационника) соответственно. Подрядчик несет ответственность как во время производства работ, так и во время эксплуатации объекта, что изначально является проблемой безопасности.

Надежность проекта как функция срока его службы и ответственности участников. Независимо от типа контракта и строительного сценария существуют всегда три ключевых участника в строительном процессе, которые вместе делят ответственность за надежность структуры: проектировщик, подрядчик и пользователь (рисунок 2).

Инженер несет ответственность за технические решения структуры проекта, адекватное моделирование его действий, поведения и сопротивления, проверку релевантных (значимых) критериев граничного положения. Таким образом, в соответствии с рабочим проектом и правилами проектирования требуемая устойчивость определяется чертежами и детализацией, всецело передаваемые подрядчику. Ответственность за процесс выполнения СМР лежит на подрядчике.

Генеральный подрядчик с субподрядчиками и поставщиками конструкций ответственны за выполнение работ в соответствии с проектом и соответствующими стандартами, которые обязывают их к более детальному контролю качества материалов, конструкций, производст-

ву работ и учету погрешности. После завершения строительно-монтажных работ и сдачи объекта заказчику считается, что актуальное сопротивление структуры не меньше, чем устойчивость проекта.

Пользователь (собственник) несет ответственность за правильную эксплуатацию и таким образом за долговременность в течение всего срока службы объекта. Он должен соблюдать нагрузки с определенными ограничениями. Кроме того, он несет ответственность за периодический мониторинг и ремонт для того, чтобы избежать его чрезвычайно износа.

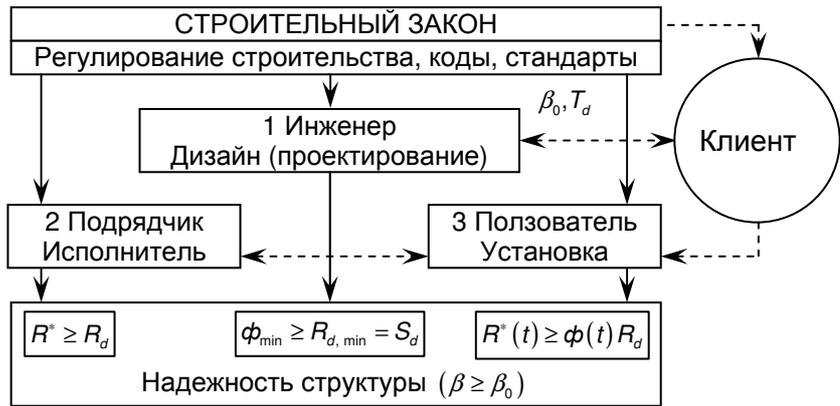


Рисунок 2 – Надежность структуры по ключевым участникам строительного процесса

Диаграмма положений.

Каждое потенциальное положение структуры связано с определенной организацией проекта и может быть представлено в двумерном изображении RS пространства, где R -сопротивление, а S -эффект действия (рисунок 3). В приведенной диаграмме некоторые характерные сектора (набор событий) определены следующим образом:

Зона ответственности [$S^* \leq R^*$]

- (1) $S_0 \geq S \leq R \leq R_0$ -неаварийное состояние объекта, благодаря недостаточной нагрузке;
- (2) $S_0 \geq S^* \leq R^* \geq R_0$ -зона безопасного проектирования;
- (3) $S_0 \leq S^* \leq R^* \geq R_0$ -неаварийное состояние объекта из-за чрезвычайного сопротивления (высокого запаса прочности);

Зона аварии [$S^* > R^*$]

- (4) $S_0 \leq S^* > R^* \geq R_0$ -катастрофическая нагрузка (а);
- (5) $S_0 \leq S^* > R^* \leq R_0$ -совместимость (b) и (a)-(c);
- (6) $S_0 \geq S^* > R^* \leq R_0$ -неэффективное сопротивление (b).

В зоне аварии S обозначает воображаемый эффект действия, соответствующий действительной нагрузке; S -независимая переменная. В действительности строительный отклик (эффект действия) ограничивается прочностью сооружения. Так называемая точка дизайна (S_d, R_d) в действительности не лежит на разделительной прямой $S = R$. Это – довольно обычная практика в структурном проектировании, т.е. достигается дополнительный детерминистический резерв к возможному пределу безопасности. Это особенно важно, когда необходимо принять во внимание уменьшение прочности (сопротивления). Диаграмма событий имеет демонстрационный характер. Точная идентификация событий аварий (ошибок) довольно сложна, если вообще возможна. Очень часто единственная оценка, которая может быть сделана – это лишь размещение действительных результатов в возможном секторе аварии. По этой причине

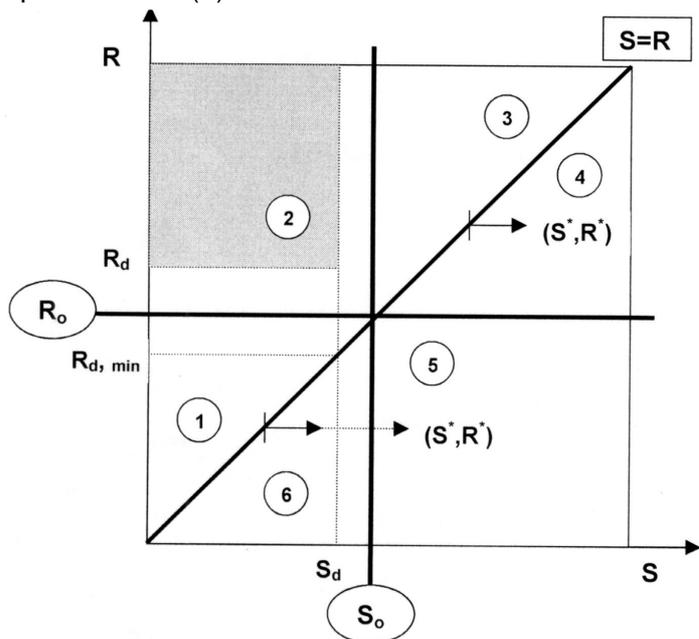


Рисунок 3 – Диаграмма состояний или возможных событий

должна быть выбрана центральная точка сноски (S_0, R_0). Например $S_0 = R_0 = \phi \cdot R_d$.

Ошибка может произойти, когда происходят относительные перегрузки ($S^* > R^*$). В зависимости от уровня, на котором случается это неравенство, необходимо изначально определить две категории случаев: катастрофическая перегрузка (а) и недостаточная прочность (б). Совпадение обоих случаев едва ли возможно. Недостаточную прочность, являющуюся причиной аварии, всегда идентифицируют с человеческим фактором, пока не будет доказано, что произошел не прогнозируемый случай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ISO/DIS 9000:2000. **Quality management systems – Fundamentals and vocabulary.**

2 Lind, N. Tolerable Risk / N. Lind // Proc. of the conf. on safety. Risk and Reliability. -Malta, 2001.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *риск; оценка надежности*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Войтенко Олег Николаевич, заместитель генерального директора ОАО «Сибмост»*

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОСТАВКАМИ И ЗАПАСАМИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ОАО «Сибмост»,
ГОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

В.И. Антонов, Р.М. Брызгалова, Н.М. Лихачева

Приведена постановка задачи и этапы реализации моделей оптимального управления запасами и поставками во внутренней транспортной зоне линейного строительства.

Строительство железных и автомобильных дорог представляет собой комплекс линейно-рассредоточенных объектов. Транспортную схему доставки грузов в места производства работ в этом случае принято разбивать на три зоны: внутреннюю (пути от опорных пунктов строительства до объектов на строящейся линии); региональную (пути сообщения между опорными и региональными пунктами); внешнюю (общесетевые пути сообщения от заводов-поставщиков до региональных пунктов) [1]. Эти зоны существенно отличаются друг от друга по характеру своего функционирования в системе материально-технического снабжения. Во внешней транспортной зоне существенны производственные затраты, связанные с изготовлением потребляемых при строительстве ресурсов, и транспортные издержки.

Издержки хранения материальных ресурсов в пунктах внешней зоны можно не учитывать, так как в этой зоне, как правило, движение через пункты осуществляется транзитом (без перегрузок). Для региональной зоны наряду с транспортными становятся существенными затраты, связанные с организацией поставок, погрузочно-разгрузочных операций, хранением продукта в пути и развитием её отдельных элементов. Вместе с тем здесь должны быть учтены затраты хранения продукта, возникающие во время погрузочно-разгрузочных операций. Это объясняется тем, что пункты региональной зоны выполняют роль перевалочных баз, хранение в которых осуществляется лишь для того, чтобы обеспечить нормальное проведение погрузочно-разгрузочных операций.

Во внутренней зоне существенны издержки хранения продуктов на притрассовых складах, издержки по перемещению грузов, а также издержки развития притрассовых автодорог и складов.

Разделим проблемы снабжения объектов на три этапа: на первом этапе анализируются процессы управления запасами и поставками вдоль строящегося объекта; на втором – процессы, протекающие в региональной зоне; на третьем – стратегия перемещения грузов от поставщиков в региональные пункты.

Проблемы, которые решаются на каждом из этих этапов, носят, по существу, экстремальный характер. Поэтому, их моделирование целесообразно осуществлять с помощью оптимизационных моделей.

Так, для внешней транспортной зоны, которая характеризуется относительной стабильностью, целесообразно использование всевозможных статических транспортных моделей.

Относительная простота их реализации позволяет существенно облегчить решение проблемы снабжения строительства.

Для региональной транспортной зоны, которая является более подвижной частью системы снабжения, целесообразно использование транспортных моделей, в которых ограничения также линейны, в то время как целевые функции нелинейны. В последней должны учитываться факторы развития системы. Критерием оптимизации в этом случае является минимум затрат, связанных с транспортировками, погрузочно-разгрузочными операциями, развитием звеньев и пунктов сети и хранением продукта.

При моделировании внутренней транспортной зоны наиболее приемлемы динамические модели, которые к тому же учитывают многопродуктовый характер потребления [1, 2].

Проблемы моделирования внутренней зоны связаны, в основном, с выбором и построением моделей транспортно-складских процессов, описывающих функционирование системы в оперативном (недельно-суточном), средне-суточном (годовом, квартальном и месячном) и в долговременном (перспективном) аспектах управления.

В целом необходимо рассматривать несколько типов моделей:

- модели перспективного планирования и управления процессом снабжения строительства и организации хранения ресурсов;
- модели годового, квартального и месячного планирования и управления снабжением;
- модели оперативного планирования и управления процессами снабжения.

Задачу оптимального управления запасами и поставками во внутренней транспортной зоне, следуя [2], сформулируем следующим образом.

Введем основные обозначения:

- t – год строительства;
- i, j – номера пунктов трассы;
- I_1 – множество пунктов трассы, имеющих склады и связанных с региональной зоной;
- I_2 – множество пунктов трассы, имеющих склады, но не связанных с региональной зоной;
- I_3 – множество пунктов трассы, не имеющих склада и не связанных с региональной зоной;
- $A_i(t)$ – объем продукта, хранимого в i -м пункте в t -м году;
- A_i^H – емкость i -го склада в t -м году;
- $y_i(t)$ – объем поступления продукта в i -й пункт из региональной зоны в t -м году;
- $q_i(t)$ – объем потребления продукта в i -м пункте в t -м году;
- $\delta_{ij}(t)$ – объем поступления продукта из i -го пункта в пункт j в t -м году;
- $a_i(t), a_i(t)$ – величины допустимого положительного и отрицательного приростов емкости i -го склада в t -м году соответственно;
- $\alpha_i(t), \beta_i(t)$ – величины допустимых положительного и отрицательного приростов поставок продукта соответственно в i -м пункте в t -м году;
- $K_i^t, \varepsilon K_i^t$ – коэффициенты, учитывающие динамику изменения приростов емкости i -го склада и прироста интенсивности поставок в i -й склад;
- α_{ij}^t – коэффициент, связывающий спрос j -го пункта в продукте с интенсивностью его поставок из i -го пункта.

Система разностных уравнений, связывающих вышеописанные параметры, выглядит следующим образом.

Уравнения баланса продукта в пунктах трассы:

$$\begin{aligned}
 A_i(t+1) &= A_i(t) + \gamma_i(t) + \sum_{j \in J_i} \delta_{ji}(t) - \sum_{j \in E_i} \delta_{ij}(t) - q_i(t); i \in I_1; \\
 A_i(t+1) &= A_i(t) + \sum_{j \in J_i} \delta_{ji}(t) - \sum_{j \in E_i} \delta_{ij}(t) - q_i(t); i \in I_2; \\
 0 &= \sum_{j \in J_i} \delta_{ji}(t) - q_i(t); i \in I_3.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Уравнения, описывающие динамику прироста емкостей складов

$$A_i^H(t+1) = A_i^H(t) + a_i(t) - b_i(t); i \in I_1 \cup I_2.
 \tag{2}$$

Уравнения, описывающие динамику прироста интенсивности поставок из региональной зоны

$$\gamma_i(t+1) = \gamma_i(t) + \alpha_i(t) - \beta_i(t); i \in I_1. \quad (3)$$

Ограничения на прирост емкостей складов:

$$а) 0 \leq a_i(t) \leq K_i^t A_i^h(t); K_i^t A_i^h(t); б) 0 \leq b_i(t) \leq A_i^h(t); i \in I_1 \cup I_2. \quad (4)$$

Ограничения на прирост поставок продукта:

$$а) 0 \leq \alpha_i(t) \leq \varepsilon_i^t \gamma_i(t); б) 0 \leq \beta_i(t) \leq \gamma_i(t); i \in I_1. \quad (5)$$

Неотрицательность переменных

$$а) A_i(t) \geq 0; i \in I_1 \cup I_2; б) \delta_{ij}(t) \geq 0; i \in I_1 \cup I_2 \cup I_3. \quad (6)$$

Найдем соотношения, связывающие изменения интенсивности передачи продукта из пункта i в пункт j .

Прежде всего заметим, что величина $(A_j^h - A_j)$ когда она больше нуля, означает спрос, а когда меньше – предложение j -го пункта. Аналогично и для i -го пункта, когда величина $(A_i^h - A_i)$ больше нуля, она играет роль спроса, а когда меньше – предложения.

Начальный и конечный пункты $\langle ij \rangle$ звена находятся в равноправном положении (в смысле поставок и потребления продукта). Поэтому, если $(A_j^h - A_j) > (A_i^h - A_i)$ то перемещение продукта в количестве $(A_j^h - A_j + A_i - A_i^h)$ единиц осуществляется от пункта i в пункт j , если $(A_i^h - A_i) > (A_j^h - A_j)$, то перемещение осуществляется от j к i . Таким образом, на $\langle ij \rangle$ звене будет перевезено груза либо в количестве $(A_j^h - A_j + A_i - A_i^h)$ либо в количестве $(A_i^h - A_i + A_j - A_j^h)$.

Пусть q_{ij} -грузоподъемность транспортных средств, эксплуатируемых на $\langle ij \rangle$ звене трассы, K_{ij} -количество транспортных средств, находящихся на этом звене. С учетом порожнего пробега количество груза, которое можно перевезти по этому звену за один рейс, составит $q_{ij}K_{ij}/2$ единиц.

Обозначив через m_{ij} число рейсов, потребное для перевозки грузов, можно записать:

$$а) \frac{q_{ij}K_{ij}m_{ij}}{2} \geq (A_j^h - A_j + A_i - A_i^h); б) \frac{q_{ij}K_{ij}m_{ij}}{2} \geq 0. \quad (7)$$

Пусть V_{ij} -скорость транспортировки грузов на $\langle ij \rangle$ звене. Тогда для интенсивности передачи груза δ_{ij} можно записать

$$\frac{q_{ij}K_{ij}m_{ij}V_{ij}}{2l_{ij}} = \delta_{ij}, \quad (8)$$

где l_{ij}/V_{ij} – время, в течение которого проходит транспортировка одной партии груза (один рейс).

Легко видеть, что требование (7) с учетом выражения (8) сводится к требованию неотрицательности $\delta_{ij}(t)$. Дифференцируя выражение (8) по t , получим

$$\frac{d\delta_{ij}}{dt} = \frac{q_{ij}K_{ij}}{2l_{ij}} \frac{dV_{ij}}{dt} + \frac{V_{ij}K_{ij}}{2l_{ij}} \frac{dq_{ij}}{dt} + \frac{V_{ij}q_{ij}}{2l_{ij}} \frac{dK_{ij}}{dt}.$$

С учетом (7) это выражение преобразуется к виду:

$$\frac{d\delta_{ij}}{dt} \geq d_{ij} (A_j^h - A_j + A_i - A_i^h),$$

где $d_{ij} = \frac{V_{ij}}{l_{ij}m_{ij}} \frac{d \ln V_{ij} q_{ij} K_{ij}}{dt}$ – коэффициент усиления интенсивности поставок.

Полученное выражение справедливо для случая, когда поставщиком продукта для j -го пункта является единственный пункт i . В действительности же в пункт j продукт поступает из некоторого множества пунктов J_i . Таким образом, j -й пункт влияет на интенсивность поставок продукта из пунктов $i \in J_i$. Это влияние в первом приближении можно учесть, считая, что истинный коэффициент усиления интенсивности поставок из пункта i прямо пропорцио-

нален индивидуальному коэффициенту d_{ij} и обратно пропорционален сумме индивидуальных коэффициентов усиления тех пунктов, которые участвуют в удовлетворении спроса пунктов j , т.е. $\sum_{i \in I_j} d_{ij}$.

Таким образом, имеем

$$\frac{d\delta_{ij}}{dt} \geq \alpha_{ij} (A_j^H - A_j + A_i - A_i^H); i, j \in I_1 \cup I_2, \quad (9)$$

где $\alpha_{ij} = d_{ij} / \sum_{i \in I_j} d_{ij}$ – истинный коэффициент усиления интенсивности поставок. Он показывает, какая доля спроса пункта j удовлетворяется за счет поставок из пункта i . Очевидно, что α_{ij} является также функцией времени t . Выражение (9) в разностном виде может быть переписано так:

$$\delta_{ij}(t+1) \geq \delta_{ij}(t) + \alpha_{ij}^t [A_j^H(t) - A_j(t) + A_i(t) - A_i^H(t)]; i, j \in I_1 \cup I_2, t \in [0, T]. \quad (10)$$

Целевая функция предлагаемой модели (минимум транспортно-складских издержек) записывается следующим образом

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^n \left[\sum_{k \in J} C_{ki}(t) \delta_{ki}(t) + B_i(t) A_i(t) + G_i(t) A_i^H(t) + D_i(t) a_i(t) + \right. \\ \left. \sum_{k \in J} G_i(t) A_i^H(t) + C_i(t) \gamma_i(t) + F_i(t) b_i(t) \right] \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $C_{ki}(t)$ – стоимость доставки одной единицы груза из пункта k в пункт i в t -й период времени;

$B_i(t)$ – стоимость хранения одной единицы груза в i -м пункте в t -м периоде;

$G_i(t)$ – стоимость содержания одной единицы емкости i -го склада;

$D_i(t)$ – стоимость расширения склада на одну единицу емкости;

$F_i(t)$ – стоимость ликвидации одной единицы емкости склада;

$C_i(t)$ – стоимость поставки одной единицы продукта в i -й склад из региональной зоны.

Рассмотрим структуру переменных параметров модели. Их, в принципе, можно разделить на две группы: управляемые и управляющие. В первую группу можно отнести $A_i(t)$, $\delta_{ij}(t)$. Они описывают фазовые состояния транспортно-складской системы внутренней зоны. Начальные и конечные условия, которым должны удовлетворять фазовые переменные, записываются в следующей форме:

$$\text{а) } A_i(0) = A_i^0; \delta_i(0) = \delta_i^0; i, j \in I; \text{ б) } A_i(T) = 0; \delta_i(T) = 0; i, j \in I. \quad (12)$$

К другой группе относятся $A_i^H(t)$, $a_i(t)$, $b_i(t)$, $\gamma_i(t)$, $\alpha_i(t)$, $\beta_i(t)$. Этими параметрами можно варьировать в процессе движения системы. Поэтому можно считать, что ограничения (1)-(4) описывают область управлений рассматриваемой системы. Таким образом, задача оптимального управления поставками и запасами свелась к следующей. Необходимо систему, описываемую уравнениями (1) и неравенствами (10), перевести из начального состояния в конечное (12) с помощью управлений, принадлежащих допустимой области, описываемой неравенствами (2)-(6), удовлетворяя при этом условиям (8) с тем, чтобы целевая функция (11) достигала своего минимума.

Изложенные выше вопросы должны прорабатываться каждый раз заново при подготовке рабочих моделей управления поставками и запасами. Такого рода анализ и исследования необходимо проводить для всех без исключения уровней управления.

Для реализации моделей оптимального управления запасами и поставками необходимо выполнить следующие этапы.

Определить назначение модели и назначить в соответствии с этим шаг квантования состояний системы и уровень агрегированности материальных ресурсов, используемых при строительстве.

Проработать основные вопросы организации строительства и на этой основе построить расчетную схему материальных потоков и состояний строительного процесса.

Рассчитать календарные потребности отдельных пунктов и звеньев трассы в ресурсах (динамику потребления).

Проанализировать систему коэффициентов и параметров модели, не являющихся искомыми, назначить их величины и, при необходимости, задать динамику их изменения.

Сформировать исходную информацию, необходимую для описания целевой функции.

Определить начальные, конечные и промежуточные условия и ограничения, которым должны удовлетворять искомые параметры модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **О методике исследования организации строительства железных дорог с использованием информационной объемной модели и машинной имитации** / В.Я. Ткаченко [и др.] // Вопросы совершенствования проектирования организации строительства новых железных дорог. -М., 1978. -Вып.102. -С. 83-102.

2 **Докучаев, В.Н.** Анализ одной модели управления поставками на сети / В.Н. Докучаев // Экономико-математические методы. -1979. -Т.XV, Вып.4. -С. 774-782.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модель оптимального управления запасами и поставками; строительство дорог

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Антонов В.И., заместитель генерального директора ОАО «Сибмост»

Брызгалова Роксана Маратовна, канд. экон. наук, доцент ГОУ ВПО «СГУПС»

Лихачева Наталья Маратовна, преподаватель ГОУ ВПО «СГУПС»

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Бунеев

Изложены методологические принципы и методы формирования заказов осуществления общественных городских пассажирских перевозок органами муниципального управления.

Методологические принципы и методы формирования заказов на выполнение городских пассажирских перевозок постоянно совершенствуются. Это обусловлено, прежде всего, экономическими процессами, происходящими во всех отраслях хозяйственного комплекса страны, регионов и городов. Основу методологии и методов решения задач в системе экономического обоснования составляет общая теория рынка и принцип максимизации проведения экономических агентов (субъектов экономики), системный подход и теории городских пассажирских перевозок.

Городской пассажирский транспорт – это сложная производственно-хозяйственная система, которая рассматривается во взаимодействии с социально-экономической системой города. Взаимосвязь этих систем обуславливает необходимость исследования спроса на транспортные услуги и моделирование поведения пассажиров и пассажиропотоков в зависимости от потребности экономики муниципального образования и стоимости проезда. В результате таких исследований появляются основные элементы информационной базы для формирования заказов на выполнение городских пассажирских перевозок.

Рынок транспортных услуг по перевозке пассажиров в современных экономических условиях сформировался и продолжает развиваться. Субъектами его являются перевозчик с различной организационно-правовой формой. В общем можно выделить две основные группы: коммерческий и муниципальный транспорт. Муниципальный представлен главным образом, трамвайными и троллейбусными депо и в меньшей мере автобусными парками.

Их деятельность регламентируется различными законодательными и нормативными актами на федеральном и региональном управлениях, а также местного самоуправления. В них определены основные принципы организации пассажирских перевозок и порядок их выполнения. Предусматривается, что общественные пассажирские перевозки по муниципальной маршрутной сети осуществляются на основании договора между государственным (муниципальным) заказчиком и перевозчиком на выполнение соответствующего государственного (муниципального) заказов [4].

Перевозчик – юридические или физические лица, имеющие специальное разрешение (лицензию) на право осуществления деятельности по пассажирским перевозкам.

Государственный (муниципальный) заказ – заказ органов государственной власти (местного самоуправления) на организацию пассажирских перевозок на территории районов и городов в соответствии с условиями договора, заключенного государственным (муници-

пальным) заказчиком с перевозчиком.

Государственный (муниципальный) заказ – уполномоченный на организацию пассажирских перевозок исполнительный орган государственной власти (местного самоуправления), в регионе – это администрация области, а в городе – мэрия либо другой орган местного самоуправления.

Выполнение ряда функций заказчика их организации и управлению общественными пассажирскими перевозками на подведомственной территории, по решению соответствующего исполнительного органа государственной власти (органы местного самоуправления), могут быть переданы специализированному государственному (муниципальному) учреждению.

Учреждение, выполняющее функцию государственного (муниципального) заказчика пассажирских перевозок, не может одновременно выполнять функции перевозчика.

Потребитель транспортных услуг определен как физическое (пассажир) либо юридическое лицо, заключившее с перевозчиком договор перевозки. Formой такого договора для пассажира можно считать проездной билет.

По условиям выполнения общественных пассажирских перевозок, определяющим уровень их регулирования органами государственной власти (местного самоуправления), заказы осуществления общественных пассажирских перевозок подразделяются:

- социальный государственный (муниципальный) заказ;
- общий государственный (муниципальный) заказ;
- общественный коммерческий заказ.

Пассажирские перевозки, не относящиеся к общественным пассажирским перевозкам, осуществляются на условиях индивидуальных коммерческих заказов. Такие перевозки осуществляются на условиях индивидуальных договоров непосредственно между перевозчиком и заказчиком.

Общественные пассажирские перевозки по территориальной (муниципальной) сети, обеспечивающие транспортное обслуживание населения, включая все без исключения категории населения, в том числе имеющие в соответствии с действующим законодательством, право на получение льгот по оплате проезда (бесплатный проезд), осуществляются на основании договора между государственным (муниципальным) заказчиком и перевозчиком на выполнение социального государственного (муниципального) заказа. Тарифы здесь устанавливаются решениями соответствующих органов государственной власти (местного самоуправления). Этот вид заказа формируется в пределах утвержденных плановых объемов бюджетного финансирования общественных перевозок общего пользования на перевозку льготных категорий пассажиров.

Договор на выполнение социального государственного (муниципального) заказа, заключается заказчиком по итогам проведения открытого конкурса на выполнение общественных пассажирских перевозок. К участию в проведении конкурса допускаются все предприятия общественного пассажирского транспорта, а также юридические лица, имеющие разрешение (лицензию) на осуществление пассажирских перевозок.

Финансирование перевозчиков, выполняющих социальный государственный (муниципальный) заказ, осуществляется за счет средств соответствующего бюджета, и должно распределяться заказчиком с учетом пропорционального обеспечения регулярности перевозок по всем маршрутам, включенным в маршрутную сеть данного территориального образования.

Общий государственный (муниципальный) заказ – дополнительный к социальному государственному (муниципальному) заказу, заказ органов государственной власти (местного самоуправления) на выполнение общественных пассажирских перевозок, по согласованным (регулируемым) ими тарифам, общественным пассажирским транспортом, не относящимся к категории общественного пассажирского транспорта общего пользования.

Этот вид заказа формируется соответствующими исполнительными органами государственной власти (органа местного самоуправления) в пределах необходимых объемов выполнения общественных пассажирских перевозок, обеспечивающих потребность территории в транспортном обслуживании населения (за исключением перевозок льготных категорий пассажиров), не обеспеченных выполнением социального государственного (муниципального) заказа.

Общий государственный (муниципальный) заказ выполняется перевозчиком на условиях договора с государственным (муниципальным) заказчиком. Наполнение маршрутной сети

общественным пассажирским транспортом в рамках обеспечения выполнения этого заказа производится по итогам открытого конкурса. При этом заказчик обязан финансировать выполнение общего государственного (муниципального) заказа, исходя из условий определенных соответствующими органами и направленное на обеспечение полной компенсации убытков, связанных с осуществлением указанными органами регулирования тарифов на общественные пассажирские перевозки.

Общественный коммерческий заказ формируется государственным (муниципальным) заказчиком на выполнение дополнительных объемов общественных пассажирских перевозок как по территориальной (муниципальной) сети, так и на отдельных дополнительных (в том числе сезонных) маршрутах, открытых по согласованию между заказчиком и перевозчиком. Этот вид заказа выполняется транспортными предприятиями независимо от организационно-правовой формы собственности, а также предпринимателями, осуществляющими свою деятельность без образования юридического лица, на условиях договора с государственным (муниципальным) заказчиком по итогам открытого конкурса.

Маршруты общественных пассажирских перевозок по общественному коммерческому заказу, регулярность осуществления движения транспорта при его выполнении устанавливается по согласованию сторон, а тарифы – перевозчиком самостоятельно.

Важнейшим элементом в организации управления городским пассажирским транспортом является подбор исполнителей (перевозчиков) на выполнение всех видов заказов на общественные пассажирские перевозки, который осуществляется на конкурсной основе. Условия проведения конкурсов утверждаются соответствующим исполнительным органом государственной власти (местного самоуправления), ответственным за организацию транспортного обслуживания населения данной территории. В городе Новосибирске – это городской Совет. Его решением №279 от 03.07.2003 г. утверждено «Положение о конкурсе на право выполнения пассажирских перевозок по «муниципальной маршрутной сети города Новосибирска» и подписано Мэром (с изменениями на 27.11.2006 г.).

Основным критерием приоритета при заключении договоров на осуществление общественных пассажирских перевозок является подтверждение перевозчиком обязательного исполнения условий того либо иного вида заказа, формируемых исполнительными органами государственной власти (местного самоуправления).

Основными оценочными показателями определения победителей конкурсов являются: обеспечение эффективности работы общественного пассажирского транспорта (оценка уровня затрат бюджетного финансирования и тарифов на общественные пассажирские перевозки); обеспечение безопасности перевозочного процесса (оценка уровня технического состояния транспортных средств и организации пассажирских перевозок); гарантий выполнения согласованной с заказчиком регулярности движения по утвержденной маршрутной сети.

Дискриминация перевозчиков по мотивам избрания той или иной организационно-правовой формы (при распределении заказов на общественные перевозки, представления налоговых льгот, расчетах за оказанные услуги и другие ограничения) не допускается.

Порядок финансирования общественных пассажирских перевозок, выполняемых по условиям договоров по социальному и общему государственному (муниципальному) заказу предусматривает производить за счет следующих источников:

- собственные тарифные доходы предприятий общественного пассажирского транспорта;
- целевые бюджетные средства на возмещение затрат по перевозке льготных категорий пассажиров за счет средств соответствующих бюджетов территорий, формирующих социальный государственный (муниципальный) заказ на общественные пассажирские перевозки;
- целевые бюджетные средства на компенсацию выпадающих тарифных доходов предприятий общественного пассажирского транспорта, связанных с осуществлением государственного (муниципального) регулирования тарифов;
- дополнительные доходы предприятий общественного пассажирского транспорта государственной или муниципальной форм собственности от оказания дополнительных профильных услуг.

Государственная поддержка общественных пассажирских перевозок, выполняемых предприятиями общественного пассажирского транспорта общего пользования по формирующим социальному государственному (муниципальному) заказу органов государственной

власти (местного самоуправления), в части пополнения и обновления парка подвижного состава осуществляется на договорных условиях за счет целевых средств капитальных вложений из областного и местного бюджетов.

Предприятия общественного пассажирского транспорта, индивидуальные предприниматели, заключившие договора на выполнение общественных пассажирских перевозок по социальному и общему государственному (муниципальному) заказу, имеют право на получение налоговых льгот в части налогов, зачисляемых в областной и местный бюджеты.

Предприятия общественного пассажирского транспорта общего пользования, вне зависимости от их организационно-правовых форм, а также предприниматели, осуществляющие деятельность без образования юридического лица, заключившие с органами государственной власти (местного самоуправления) договор на выполнение социального государственного (муниципального) заказа, в объеме не менее 50% от общего объема, выполняемых данным предприятием (предпринимателем), пассажирских перевозок, освобождаются от уплаты налога на имущество и земельного налога, в части зачисляемой в областной бюджет.

Таким образом, комплекс перечисленных выше нормативно-правовых актов регулирует взаимоотношения между субъектами рынка транспортных услуг по перевозке пассажиров на территории города. Это также необходимо учитывать при формировании заказов на их осуществление. Решение задач комплекса направленно на создание и функционирование рациональной системы транспортного обслуживания населения и повышение эффективности работы городского пассажирского транспорта. При этом необходимо обеспечить безопасное, быстрое, комфортабельное, удобное, экономичное передвижение людей по маршрутам транспортной сети. Следовательно, рассматриваемая проблема достаточно сложная, представляет собой комплекс трудоемких, многовариантных, оптимизационных задач. Для их решения предлагается использовать соответствующий методический аппарат [1].

С позиции системного подхода проблема формирования заказов на выполнение общественных пассажирских перевозок по городской маршрутной сети рассматривается как комплекс задач и определена логическая последовательность их решения (рисунок 1). На первом этапе выполняется анализ закономерностей функционирования и развития экономики и социальной сферы города. Прежде всего, определяется роль и место пассажирского транспорта, устанавливается степень влияния его на размещение объектов различного назначения на территории города и развитие отраслей городского хозяйства, оптово-розничной торговой сети, спортивно-оздоровительных и других объектов. Кроме того, изучается обратная связь – влияние системы «город» на городской пассажирский транспорт, ее потребности и требования к организации общественных пассажирских перевозок.

При этом необходимо учитывать особенности города, его транспорта, размещение жилой застройки, промышленности, зеленых насаждений и лесопарков, плотность населения в различных районах и т.д. Например, Новосибирск – огромный город с площадью около 500 км². Его территория расчленена мелкими речками, оврагами, железными дорогами и рекой Обью. По характеру освоения городской территории Новосибирск имеет малую плотность населения, которая отличается большой неравномерностью по отдельным районам. Как следствие этого – большая дальность транспортных передвижений.

Анализ роли и места пассажирского транспорта в жиз-

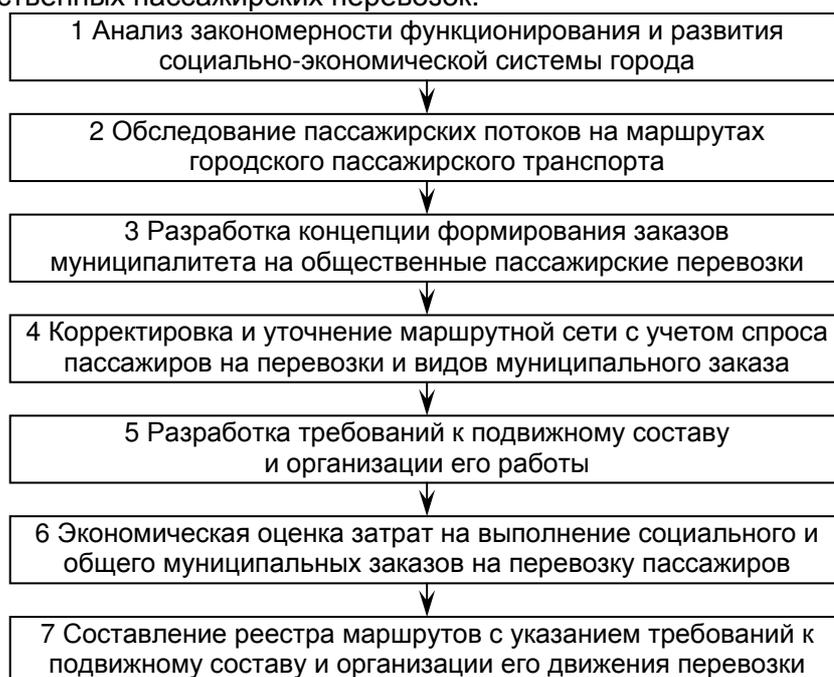


Рисунок 1 – Логическая последовательность решения задач при формировании заказов на выполнение общественных пассажирских перевозок

ни города будет неполным без рассмотрения экологических проблем и взаимодействия транспорта и человека. Ведь транспорт – это не только благо, дающее возможность жителю города удовлетворить свои потребности в многокилометровых передвижениях внутри города, сократив при этом затраты времени. Это еще и источник шума и газа. Зона функционирования городского транспорта – зона повышенной опасности для пешехода.

Полученные в результате выполнения анализа данные необходимо дополнить материалами обследования пассажирских потоков на маршрутах городского пассажирского транспорта. К традиционным методам обследования [1] следует добавить автоматизированную систему учета и безналичной оплаты проезда в городском общественном пассажирском транспорте. Такая система внедряется во многих городах России, в том числе в Новосибирске [3]. Она призвана улучшить транспортное обслуживание граждан, совершенствовать организацию учета их проезда и современного расчета за оказанные услуги по перевозке пассажиров.

Основу автоматизированной системы учета и безналичной оплаты проезда в муниципальном общественном пассажирском транспорте Новосибирска составляет использование бесконтактных микропроцессоров пластиковых карт «Электронный проездной». Они имеют две разновидности: «Социальная карта» – для лиц, имеющих право на получение мер социальной поддержки при проезде в городском пассажирском транспорте, и «Транспортная карта» – для других лиц. Полученные результаты автоматизированной обработки данных учета проезда граждан оформляются в виде сводных отчетов организаций городского общественного транспорта и заявок на возмещение выпадающих доходов при предоставлении транспортных услуг по бесконтактным пластиковым картам «Социальная карта».

Главным недостатком автоматизированной системы учета и безналичной оплаты проезда является ограниченность ее применения. Эта система полностью охватывает только льготную категорию пассажиров и решает ограниченный круг задач по обследованию пассажирских потоков. Пассажиры, не имеющие льгот, предпочитают рассчитываться наличными, а на немunicipальном (коммерческом) транспорте пластиковые карты имеют ограниченное применение. Следовательно, результаты такого обследования не соответствуют реальному состоянию пассажирских потоков, и требуется проведение дополнительных обследований.

Разработка концепции формирования заказов муниципалитета на выполнение общественных пассажирских перевозок по городской маршрутной сети осуществляется на основе полученных данных в результате произведенного обследования и их анализа. При этом, прежде всего, уточняется спрос на перевозки, а пассажирские потоки распределяются по видам транспорта: автобус, трамвай, троллейбус и метрополитен; устанавливаются для каждого из них параметры пассажиропотоков (количество пассажиров, пассажирооборот, дальность поездки, неравномерность по времени и направлению перевозок). Из общего количества пассажиров выделяются пассажиры, имеющие льготы по оплате поездки, что составляет общий размер социального муниципального заказа.

Размер общего муниципального заказа устанавливается исходя из величины выделенных бюджетных средств на возмещение выпадающих доходов при предоставлении транспортных услуг по регулируемым муниципалитетом пассажирским тарифам. Оставшиеся пассажирские потоки составляют общественный коммерческий заказ.

Таким образом, концепция формирования заказов муниципалитета на общественные пассажирские перевозки представляет собой распределение пассажирских перевозок по видам транспорта и заказам. Все маршруты делятся на две группы: первая – для выполнения социального и общего муниципального заказов, а вторая – общественного коммерческого. Возможно и другое решение этой задачи, когда на маршруте одна часть подвижного состава выполняет первые два заказа, а другая – третий. При этом на подвижном составе должна быть указана соответствующая информация для пассажиров.

Корректировка и уточнение действующей маршрутной сети производится в соответствии с разработанной концепцией формирования заказов муниципалитета на осуществление пассажирских перевозок с учетом спроса на них. Эта задача может быть решена как самостоятельная вне рассматриваемой проблемы. В любом случае целью является совершенствование городской маршрутной сети как одно из направлений повышения эффективности городского пассажирского транспорта. Решение задачи в такой постановке – весьма сложный и трудоемкий процесс. Он практически не возможен без построения топографической схемы. Для этого территория города разбивается на отдельные микрорайоны с учетом, по

крайней мере, двух основных требований: пешеходной доступности маршрутов внутри микрорайона и его относительной обособленности. В каждом микрорайоне выбирается центр, как правило, совпадающий с пересечением транспортных путей.

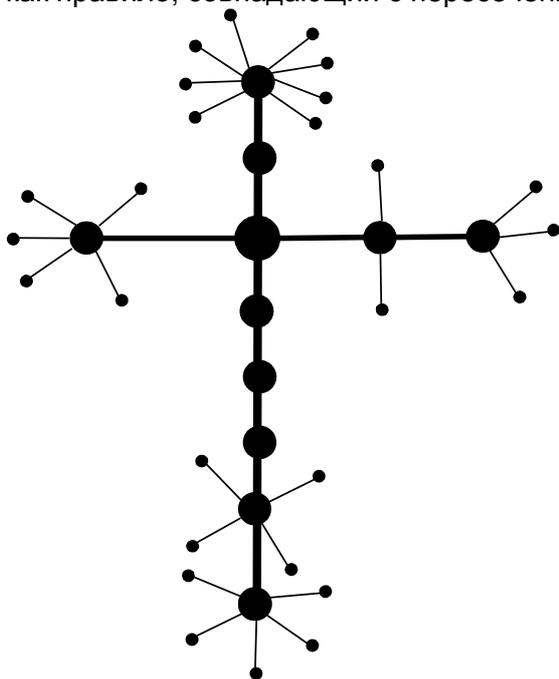


Рисунок 2 – Схема каркаса маршрутной сети города типа «сеть звезд»

Поскольку маршрутная сеть городского пассажирского транспорта Новосибирска сформировалась в результате функционирования в течение длительного времени, то такие микрорайоны, в основном, определены. Сеть можно представить в виде абстрактной строго иерархической древовидной системы маршрутов типа «сеть звезд». «Дерево» – это такой граф, вершины которого иерархически упорядочены: одна вершина высшего уровня связана с несколькими вершинами второго уровня, каждая из которых, в свою очередь, связана ребрами с несколькими вершинами третьего уровня и т.д. (рисунок 2).

Такая достаточно сложная конструкция считается наиболее перспективной пространственной формой каркасов городов. В ее основе узлы (фокусы активности) и лучи, соответствующие потокам товаров, людей и информации. Лучи, выходящие из одного центра, выявляют его зону влияния высшего уровня. Применительно к маршрутной сети городского пассажирского транспорта вершины высшего уровня («звезды») связаны пассажирскими перевозками высшей категории. Кроме того, эти вершины соединяются пассажирскими потоками более низкой категории с вершинами более низкого уровня.

«Звезды» – это станции метрополитена, а также железнодорожный, речной и автобусный вокзалы, аэропорт. Вершины более низкого уровня – микрорайоны города, его культурные, торговые, спортивные, научные и другие центры. К этому следует добавить возникающие мощные торговые центры, ориентированные на мелкооптовую и розничную торговлю на границе города и пригородной зоны. Например, в Новосибирске «Хилоцкий рынок», «вещевой рынок» и другие объекты мультимодального транспортного узла. В рамках решения задачи необходимо учесть их расположение на территории города и согласовать режим движения подвижного состава с режимом работы этих объектов.

С учетом научно-обоснованных предложений и рекомендаций по совершенствованию маршрутной сети наземного пассажирского транспорта Новосибирска она представляет собой систему, состоящую из маршрутов трех категорий. Первая – маршруты между конечными пунктами, где функционируют соответствующие городские центры или транспортные узлы. Вторая – маршруты, одна из конечных остановок которых является таковым пунктом. Третья – маршруты, в составе которых они отсутствуют. Кроме того, маршруты функционируют по принципу действия: основные, работающие постоянно во все дни недели; дополнительные, действующие только в периоды интенсивного пассажиропотока, в часы «пик»; маршруты праздничных дней, работающие по определенной схеме в связи с закрытием магистралей, площадей города; ночные маршруты для перевозки пассажиров в ночное время, когда основные не функционируют (например, аэропорт). Имеются категории маршрутов с различным режимом движения транспортных средств:

- 1) режим следования с расстоянием между остановками от 0,3 до 0,5 км;
- 2) ускоренное сообщение, при котором остановки предусматриваются только в крупных пассажирообразующих пунктах через 1,5-2,5 км;
- 3) экспрессное сообщение, при котором посадка и высадка пассажиров производится только на конечных остановках.

Весь комплекс организационно-технических мероприятий по совершенствованию маршрутной сети можно объединить в три группы. Первая связана с решением текущих оперативных задач снижения транспортной нагрузки по основным напряженным маршрутам, вторая – ближайшая и третья отдаленная перспектива развития маршрутной сети. В составе первой группы:

- сокращения протяженности и ликвидации некоторых нерентабельных маршрутов;
- перераспределение подвижного состава между маршрутами;
- изменение режима работы подвижного состава на маршрутах;
- привлечения дополнительного транспорта на конкурсной основе.

Вторая и третья группа организационно-технических мероприятий по совершенствованию муниципальной маршрутной сети представляет собой, соответственно, ближайшую и отдаленную перспективу ее развития. Реализация этих мероприятий потребует значительных инвестиций.

Вторая группа мероприятий предусматривает решение основных задач:

- обеспечить подвижным составом сложившуюся маршрутную сеть в необходимом количестве;
- организовать новые маршруты с учетом расположения действующих объектов на территории города и пригорода.

Третья группа мероприятий представляет собой стратегию развития маршрутной сети в системе «город», а также в составе проблемы градостроительства и дальнейшего совершенствования обслуживания населения. В Новосибирске приоритет предоставляется электрическому транспорту, как более экономичному. Акцент смещается к открытию новых, прежде всего троллейбусных, линий, соединяющих отдаленные районы с важными пассажирообразующими пунктами города. Предпочтение отдается троллейбусу по сравнению с трамваем из-за его экономичности и маневренности. В результате роль автобусного сообщения в транспортном обеспечении пассажиров в перспективе может снизиться.

На пятом этапе формирования заказов на выполнение общественных пассажирских перевозок разрабатываются требования к подвижному составу и организации его работ на городской маршрутной сети. Перечень общих требований к подвижному составу приведен в методике обоснования типа и количества транспортных средств [1]. Требования к организации работы подвижного состава на маршрутах городской сети устанавливаются на основе разработанных расписаний движения. На каждом маршруте отдельное расписание, выписка из него предназначена водителю и диспетчерской.

В дальнейшем производится экономическая оценка затрат на выполнение социального и общего муниципальных заказов на перевозку пассажиров. Такая оценка необходима для сопоставления размера выделенных бюджетных средств на покрытие выпадающих доходов, потребности в них при осуществлении этих перевозок. Задача может быть решена в системе планирования эксплуатационных расходов транспортных предприятий, [2] либо другими методами определения себестоимости перевозок. На основе полученных результатов корректируются социальный и общий муниципальные заказы.

Процесс формирования заказов на выполнение общественных пассажирских перевозок на территории города завершается составлением реестра маршрутов с указанием требований к подвижному составу и организации его движения в виде расписаний. Эти документы являются основой для подготовки обязательных условий выполнения заказов и включения их в договор между заказчиком и исполнителем, а также проверки его выполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бунеев, В.М.** Пассажирский транспорт Новосибирска. Проблемы повышения эффективности и развития / В.М. Бунеев, В.И. Новоселов; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. - Новосибирск: НГАВТ, 1999. -268 с.

2 **Лушникова, О.Н.** Научно-методические принципы планирования эксплуатационных расходов предприятий муниципального пассажирского транспорта / О.Н. Лушникова // Беренговский межконтинентальный транспортный коридор в развитии Чукотки: вчера, сегодня, завтра: междунар. конгресс. -Новосибирск, 2005. -Ч.3. -С. 160-162.

3 **О внедрении в городе Новосибирске автоматизированной системы учета и безналичной оплаты проезда в городском общественном пассажирском транспорте:** постановление Мэрии г. Новосибирска от 26 июня 2006 года №716 // Вечерний Новосибирск. - 2006. -30 июня.

4 **О пассажирских перевозках в Новосибирской области:** закон Новосиб. обл. от 21 июля 1999 года №71-03 (с изм. на 23 нояб. 2004 г.) -14 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: общественные городские пассажирские перевозки; муниципальное управление
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бунеев Виктор Михайлович, докт. экон. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИЗИНГА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.О. Самбур

Изложены проблемы использования лизинга для обновления и совершенствования материально-технической базы предприятий речного транспорта и методика оценки его эффективности.

Экономические реформы 90-х годов XX века в России привели к резкому спаду производства, что оказало прямое влияние на работу транспорта. Общий объем перевозок грузов на внутренних водных путях (ВВП) сократился в 6 раз [3]. Материально-техническая база пароходств оказалась востребована частично: множество единиц флота оказалось выведено на холодный отстой, часть списана, либо продана. Резко ухудшились производственные показатели использования транспортных судов.

Рабочее ядро транспортного флота морально и физически устарело. Свыше 70% транспортных судов исчерпали свой нормативный срок службы, их техническое и эксплуатационное состояние подошло к критическому уровню. Поэтому так актуальна задача полномасштабного совершенствования и перевооружения подвижного состава современным флотом, отвечающим сложившейся ситуации на рынке транспортных услуг.

Целью деятельности хозяйствующего экономического субъекта является увеличение ценности фирмы (богатства) для её собственников, повышение благосостояния всех её участников и получение чистой предпринимательской прибыли на основе совершенствования и улучшения использования материально-технической базы предприятия.

Однако анализ финансового состояния большинства судоходных компаний Сибири и Дальнего Востока показывает, что даже у компаний, занимающих ведущее место на рынке речных транспортных услуг, отсутствуют необходимые финансовые средства для обновления своего подвижного состава, поскольку за годы реформ стоимость металла, а соответственно и судов, возросла в 500-600 раз, цена на дизельное топливо повысилась в 300 раз и т.д. Рентабельность предприятий остается крайне низкой и не обеспечивает нормального воспроизводства.

Наиболее удобной и привлекательной формой обновления и совершенствования технических средств, в условиях недостатка собственного капитала, является лизинг. В современных условиях он позволяет лизингополучателю не только в короткие сроки получить в пользование необходимые основные средства, но и улучшить финансово-экономические показатели своей деятельности. Основопологающими нормативными актами, регулирующими лизинговые правоотношения на территории Российской Федерации, в настоящее время является Гражданский кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О финансовой аренде (лизинге)» от 29 октября 1998 г. №164-ФЗ.

В России лизинг пользуется рядом налоговых преференций. Во-первых, право применения ускоренной амортизации предмета лизинга с коэффициентом до «трёх», что позволяет варьировать длительность лизингового договора и экономить по налогу на имущество. Во-вторых, лизинговые платежи в полном объеме относятся лизингополучателем на себестоимость продукции, что приводит к снижению налогооблагаемой базы по налогу на прибыль. Эти льготы стимулируют обновление производства. Несомненным достоинством лизинга является также возможность получения предмета лизинга в пользование без единовременного авансового отвлечения наличных средств и при недостаточных инвестиционных возможностях.

При проектировании лизинговых сделок лизинговые компании заключают договоры на сроки, сопоставимые с периодом амортизации имущества. Обеспечением по лизинговой сделке выступает сам предмет лизинга. По окончании договора финансового лизинга лизингополучатель имеет преимущественное право выкупа предмета лизинга по остаточной стоимости и дальнейшего его самостоятельного использования в производственной деятельности на правах собственника, либо может реализовать имущество по рыночной цене, которая обычно много выше его остаточной стоимости, получая тем самым дополнительную

прибыль.

Лизинг наиболее полно согласовывает экономические интересы всех собственников – изготовителей оборудования, лизингодателей и лизингополучателей – и поэтому интенсивно развивается во всем мире.

За последние годы темпы развития лизинга в России опережали его рост в странах Европы. По данным российской ассоциации лизинговых компаний «Рослизинг», размер всего российского рынка лизинга оценивается в 54,7 млрд. \$ с учетом НДС. Абсолютный размер прироста суммарной величины лизинговых сделок в 2007 году составил 20,6 млрд. \$. При этом доля лизинга в ВВП в 2007 году составила 2,8%, а в объеме инвестиций в основной капитал – 14,2%. В мировой практике максимальные значения этих показателей 5% и 30% соответственно [4].

Среди сибирских лизинговых компаний, у которых имеется опыт финансирования сделок с речным транспортом, можно выделить компанию ООО «АльянсРегионЛизинг». Эта компания динамично развивается на рынке лизинговых услуг. По итогам 2007 года объем её нового бизнеса составил 7330 млн. руб., объем профинансированных средств – 3617 млн. руб. [6].

В рейтинге лизинговых компаний по объему сделок с судами в 2007 г. ООО «АльянсРегионЛизинг» заняла третье место с результатом 296 327 тыс. руб., уступив лишь компаниям РМБ-Лизинг и Глобус-лизинг [5]. Однако в общем объеме российского лизингового рынка 2007 года сделки с судами имеют незначительную долю – 0,4%, а за первое полугодие 2008 г. – всего 0,03% [6].

Эффективность лизинга в России проявляется не всегда и зависит от ряда конкретных особенностей и условий сделки, поэтому важно в каждой ситуации выполнять специальные расчеты по его обоснованию. Обоснование эффективности лизинга целесообразно производить потоковым методом на основе сравнения релевантных денежных потоков предстоящей лизинговой сделки с альтернативными сопоставимыми платежами лизингополучателя при его ориентации на приобретение предмета лизинга:

а) за счет собственного капитала;

б) за счет долгосрочного кредита или путем различного возможного сочетания этих источников.

Таблица 1 – Общий поток лизинговых платежей, тыс. руб.

Год	Возмещение амортизации и НДС	Проценты за лизинговый кредит	Возмещение налога на имущество	Комиссионное вознаграждение и возмещение прочих расходов	Техническое обслуживание и ремонт	Сумма услуг по договору лизинга	НДС, 18% от суммы услуг	Итого номинальных платежей лизингополучателя	Коэффициент дисконтирования, принимаем 0,13	Общий дисконтированный поток
1	9833,33	4583,33	1008,33	500	1500	17425,00	3136,50	20561,50	0,8781	18055,05
2	9833,33	3750,00	825,00	500	1500	16408,33	2953,50	19361,83	0,7711	14929,91
3	9833,33	2916,67	641,67	500	1500	15391,67	2770,50	18162,17	0,6771	12297,60
4	9833,33	2083,33	458,33	500	1500	14375,00	2587,50	16962,50	0,5945	10084,21
5	9833,33	1250,00	275,00	500	1500	13358,33	2404,50	15762,83	0,5220	8228,20
6	9833,33	416,67	91,67	500	1500	12341,67	2221,50	14563,17	0,4584	6675,76
Итого	59000,0	15000,0	3300,00	3000	9000	89300,00	16074,0	105374,0	–	70270,73

При этом необходимо в полной мере учитывать принципы управления затратами [1].

Рассмотрим расчет эффективности лизинга по следующим исходным данным:

– Первоначальная стоимость предмета лизинга по полным инвестиционным затратам без НДС – 50 млн. руб.

– Амортизационный период совпадает со сроком лизинга и составляет 6 лет.

– Линейная норма амортизации – 16,7%

– Налоговые ставки:

-на имущество.....2,2%;

-на прибыль.....24%;

- на добавленную стоимость (НДС).....18%.
 - Комиссионное вознаграждение лизингодателю и возмещение его расходов как собственника – 1% от инвестиционной стоимости имущества ежегодно.
 - Процентная ставка за лизинговый кредит – 10%.
 - Плата за техническое обслуживание и ремонт (как дополнительные услуги по договору) – 1500 тыс. руб. в год.
 - Норма дисконта и ставка платы за банковский кредит – 13%.
- Расчеты по договору выполняются один раз в конце каждого года.

Вначале определяем величину амортизационных отчислений с компенсацией НДС, а также остаточную стоимость предмета лизинга за каждый год – как основу для расчета процентных платежей за лизинговый кредит и налога на имущество.

Расчет потока лизинговых платежей предприятия с учетом приведенных данных представлен в таблице 1 и составляет по номинальной величине – 105374 тыс. руб., а с учетом дисконтирования – 70271 тыс. руб.

Таблица 2 – Релевантный денежный поток при использовании собственных средств, сопоставимый с лизингом, тыс. руб.

Год	Вложение собственного капитала	Налог на имущество	Техническое обслуживание и ремонт	Прочие расходы собственника	Амортизация имущества	Итого релевантных текущих расходов	Разница с лизингом		НДС на приобретенные имущество и услуги (18%)	Релевантный денежный поток	
							по текущим расходам	по налогу на прибыль (24%)		номинальный	дисконтированный
0	50000	–	–	–	–	–	–	–	9000	59000,0	59000,0
1	–	1008,33	1500	150	(8333,33)	(10991,67)	(-6433,33)	+1544	270	4472,33	3927,16
2	–	825,00	1500	150	(8333,33)	(10808,33)	(-5600,00)	+1344	270	4089,00	3153,03
3	–	641,67	1500	150	(8333,33)	(10625,00)	(-4766,67)	+1144	270	3705,67	2509,11
4	–	458,33	1500	150	(8333,33)	(10441,67)	(-3933,33)	+944	270	3322,33	1975,13
5	–	275,00	1500	150	(8333,33)	(10258,33)	(-3100,00)	+744	270	2939,00	1534,16
6	–	91,67	1500	150	(8333,33)	(10075,00)	(-2266,67)	+544	270	2555,67	1171,52
Итого	50000	3300,00	9000	900	(50000)	(63200,00)	(-26100,0)	+6264	10620	80084,0	73270,1

Примечания: Прочие расходы собственника по регистрации и техническому надзору имущества определены условно; Величины, отмеченные скобками, в состав релевантного, сопоставимого с лизингом денежного потока, не входят

Равнозначной замены лизингу в принципе нет, поэтому в качестве возможных альтернатив рассмотрим использование собственного капитала и долгосрочный кредит. Такое сравнение несколько условно, потому что при лизинге фирма получает возможность сразу начать производство на смонтированном и отлаженном оборудовании, а в случае кредита и собственного финансирования платежи за строительные и монтажные работы вынужденно потребуют опережающего предварительного направления средств и их омертвления. Примем, что этот нулевой подготовительный период (зависящий от вида оборудования) составляет полгода.

В результате расчетов получили, что номинальная величина сопоставимого денежного потока, зависящего от схемы финансирования, меньше всего при ориентации фирмы на собственные средства, а максимальная – при лизинге и долгосрочном кредитовании, что вполне естественно и объяснимо. Однако при учете неравноценности денежных средств во времени ситуация радикально меняется: лучшим вариантом с минимальным дисконтированным потоком оказывается лизинг, а худшим – ориентация на собственный капитал.

Эффективность лизинга в России часто снижается по следующим причинам:

а) в качестве лизинговой компании выступает посредник, не располагающий достаточным капиталом и использующий для своей деятельности кредитные средства, что значительно удорожает сделки;

б) многие лизинговые компании требуют единовременного аванса в размере 10% и более от инвестиционной стоимости, для покрытия потенциальных издержек в случае неплатежеспособности лизингополучателя и вынужденной реализации предмета лизинга на вто-

ричном рынке;

в) использование в расчетах авансовой предоплаты лизинговых платежей.

Таблица 3 – Релевантный денежный поток при долгосрочном кредите на приобретение оборудования, сопоставимый с лизингом, тыс. руб.

Год	Возврат кредита	Проценты за кредит (13%)	Налог на имущество	Техническое обслуживание и ремонт	Прочие расходы собственника	Амортизация имущества	Итого релевантных текущих расходов	Разница с лизингом		НДС на приобретение имущества и услуги (18%)	Релевантный денежный поток	
								по текущим расходам	по налогу на прибыль (24%)		номинальный	дисконтированный
0	–	3250	–	–	–	–	–	–	–	9000	12250,00	12250,0
1	–	6500	1073,88	1500	150	(8875)	(18098,88)	(+673,88)	-161,73	270	9332,15	8194,56
2	10000	6500	878,63	1500	150	(8875)	(17903,63)	(+1495,29)	-358,87	270	18939,76	14604,5
3	10000	5200	683,38	1500	150	(8875)	(16408,38)	(+1016,71)	-244,01	270	17559,37	11889,5
4	10000	3900	488,13	1500	150	(8875)	(14913,13)	(+538,13)	-129,15	270	16178,98	9618,40
5	10000	2600	292,88	1500	150	(8875)	(13417,88)	(+59,54)	-14,29	270	14798,59	7724,86
6	10000	1300	97,63	1500	150	(8875)	(11922,63)	(-419,04)	+100,57	270	13418,20	6150,90
Итого	50000	29250	3514,5	9000	900	(53250)	(92664,50)	(+3364,50)	-807,48	10620	102477	70432,6

Примечания: 1 Прочие расходы собственника по регистрации и техническому надзору имущества определены условно, как и в таблице 2; 2 Возврат кредита – за 5 лет, начиная со второго года; в состав расходов он не входит; 3 Величины в скобках в состав итогового релевантного, сопоставимого с лизингом денежного потока не входят; 4 Плата за пользование кредитом до эксплуатации объекта отнесена на его инвестиционную стоимость и отражена в амортизации и налоге на имущество.

В практике обновления основных элементов материально-технической базы речного транспорта, в частности транспортного флота, лизинг пока не получил широкого развития, что обусловлено, на наш взгляд, следующими причинами:

а) очень высокая стоимость новых судов и узко ограниченная сфера их возможного использования, вызывающие повышенные экономические риски как для потенциальных лизингодателей, так и лизингополучателей;

б) отсутствие готовой проектно-конструкторской документации на строительство судов, отвечающих современным требованиям и условиям работы транспортных судоходных компаний. Это наследство от централизованно планируемой экономики с нерешенностью ряда принципиальных вопросов технической политики в развитии подвижного состава и речного транспорта в целом. Среди них такие как:

– предпочтительность систематического дноуглубления водных путей с целью повышения гарантированных глубин или максимально возможная реализация для судоходства ширины водного потока;

– развитая дифференциация типов судов с целью наиболее полного использования возможностей естественных водных путей (вплоть до ориентации на «оптимальные» индивидуальные их типы чуть ли не для каждой речки) или жесткая типизация с целью увеличения серийности их постройки;

– всемерное стремление к увеличению единичной грузоподъемности или её ограничение с целью стандартизации и т.п.

В централизованно планируемой экономике приоритет преимущественно получали первые из приведенных направлений, однако их обоснованность в современных условиях весьма сомнительна. Излишнее увлечение дноуглубительными работами вызывает на многих реках так называемую «посадку» уровня воды, дополнительные сложности с обеспечением гарантированных габаритов судового хода и неоправданный рост бюджетных расходов путевого хозяйства. Стремление к оптимизации и индивидуализации судов для отдельных рек и бассейнов, как и к повышению их единичной грузоподъемности, не подтверждается практикой зарубежных стран, а также изменением удельной материалоемкости судов в расчете на 1 т полезной грузоподъемности и могло быть оправданным только в условиях искус-

ственно заниженных цен на ресурсы (металл), которое имело место ранее в СССР.

Отмеченные обстоятельства предопределяют то, что обычная лизинговая компания не может обеспечить эффективного решения тех задач, которые стоят перед судоходными предприятиями в современных условиях. Таковой может быть, на наш взгляд, только специализированная компания с отраслевой направленностью, совмещающая в себе не только функции лизингодателя, но и функции проводника научно-технического прогресса на речном транспорте с обязательным участием государства.

Для интенсивного обновления и совершенствования материально-технической базы предприятий речного транспорта необходимо создание специальной смешанной коммерческой лизинговой компании с участием государственного капитала – «Речфлотлизинг» с ее филиалом в Сибири. В обязанность этой компании следует вменить функции Заказчика на проектирование и строительство речных судов и другой дорогостоящей техники по заявкам (договорам) судоходных предприятий для последующей передачи им на условиях лизинга [2].

В услугах такой специальной лизинговой компании остро нуждаются все предприятия речного транспорта, которые уже использовали доступные методы обновления основных фондов, так и не приведшие к желаемым результатам. Только лизинг с государственной поддержкой позволит обновить материально-техническую базу речного транспорта на основе принципа – «Важно не владеть, важно пользоваться!». Именно применение лизинговых схем способно обеспечить восстановление и развитие предприятий речного транспорта, повысить их капитализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Быков, Г.С.** Хозяйственный механизм и маркетинг на предприятии транспорта / Г.С. Быков. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. -158 с.

2 **Рагулин, И.А.** Управление работой речного флота Сибири / И.А. Рагулин. - Новосибирск: Наука, 2003. -274 с.

3 **Рагулин, И.А.** Речной транспорт в развитии производительных сил Сибири [Электронный ресурс] / И.А. Рагулин. -Режим доступа: www.sibdialog.ru

4 **Технологии лизинга и инвестиций.** -М., 2008. -№2(19). -С. 5-6.

5 **Технологии лизинга и инвестиций.** -М.,2008. -№2(19). -С. 24.

6 Режим доступа: www.raexpert.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лизинг; совершенствования материально-технической базы

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Самбур Александр Олегович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИМУЩЕСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

ООО «Спейс-Лайн»

С.В. Иванова, Е.Г. Кизилова

Рассматриваются вопросы управления рисками нерациональной структуры имущественного комплекса с помощью составления программы управления рисками.

Одним из необходимых условий формирования рациональной структуры имущественного комплекса является приемлемый уровень риска нерациональной структуры имущественного комплекса (ИК). Под рисками нерациональной структуры ИК следует понимать все экономические риски, которые могут возникнуть при нарушении рационального соотношения имущества, используемого организацией в процессе своей хозяйственной деятельности [1]. Данные риски (рисунок 1) составляют довольно весомую часть экономических рисков организации. Их уровень возрастает с расширением объема и диверсификацией хозяйственной деятельности организации.

Управление рисками базируется на общих принципах, и этот процесс имеет свою специфику на каждом уровне. Управление рисками нерациональной структуры имущественного комплекса (рисунок 2) подразумевает их своевременное выявление, оценку уровня рисков и

нейтрализацию их негативных финансовых последствий [1].

К основным принципам управления рисками относятся [2]:

- 1) соответствие системы управления рисками стратегии развития организации и институциональным особенностям её функционирования;
- 2) высокоспециализированный характер принятия решений в рамках системы управления риском, так как её особенности отражаются на её целях и задачах;
- 3) учёт внешних и внутренних ограничений (согласование соответствующих специальных мероприятий с возможностями и условиями функционирования организации);
- 4) комплексное и одновременное управление всеми рисками;
- 5) процесс управления рисками носит динамичный характер (решения, касающиеся управления рисками, должны носить непрерывный характер).

Для принятия обоснованных решений по определению уровня рисков менеджер должен иметь отдельный документ, например, «Программу управления рисками». Последовательность этапов разработки программы управления рисками представлена на рисунке 3.

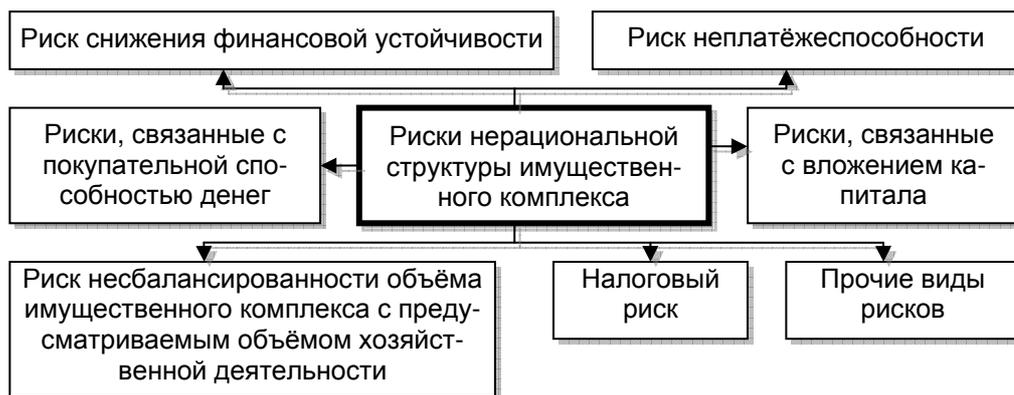


Рисунок 1 – Риски нерациональной структуры имущественного комплекса

Рассматривая разделы программы, следует отметить следующее. Стратегия развития определяет все стороны функционирования организации, задавая цели и методы достижения в долгосрочной перспективе. Именно она совместно с положением организации на рынке задает особенности системы управления рисками нерациональной структуры. Выбор варианта управления ими может потребовать некоторой корректировки указанной стратегии или предварительного учёта определённых рисков при её создании.

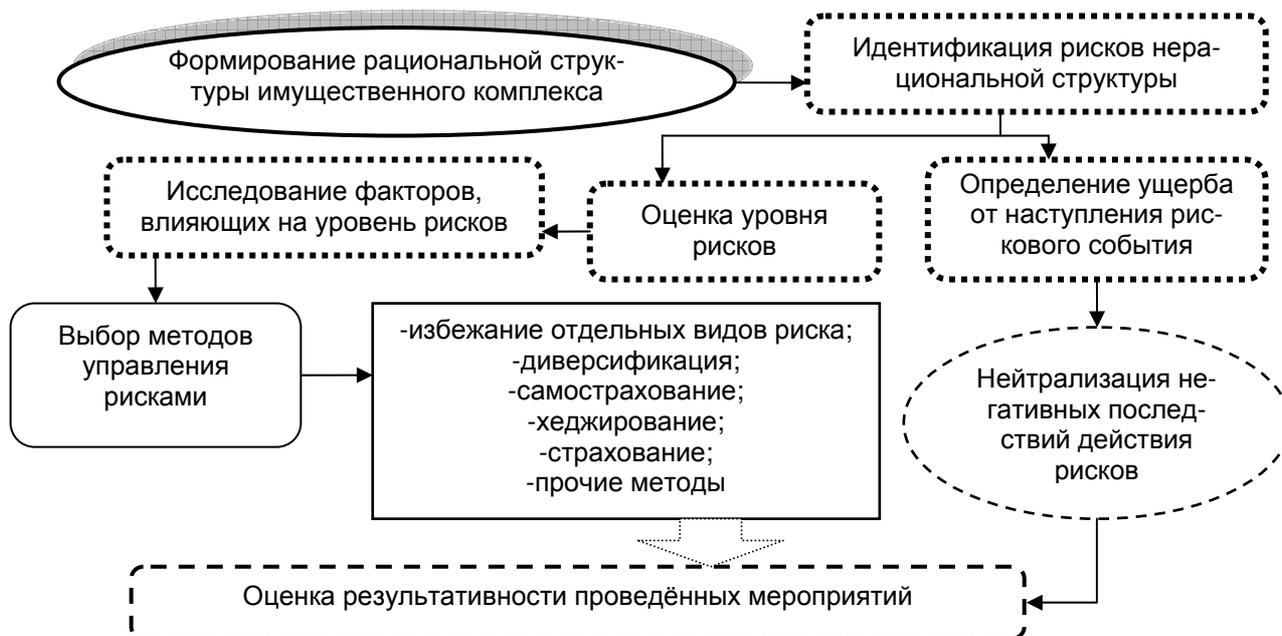


Рисунок 2 – Схема управления рисками нерациональной структуры имущественного комплекса

Цели и задачи системы управления рисками нерациональной структуры ИК должны быть согласованы с целями и миссией организации, а предлагаемые методы борьбы с ними – адекватны бизнесу данного хозяйствующего субъекта [2].



Рисунок 3 – Последовательность составления программы управления рисками нерациональной структуры ИК

При решении вопроса о выборе процедуры управления рисками во внимание принимаются пороговые значения (максимально приемлемые для организации значения) вероятности наступления ущерба (ВНУ) и размера возможного ущерба (ВУ) (таблица). Чтобы сделать выбор по применению конкретной процедуры к тем или иным рискам, необходимо сопоставить фактические значения ВНУ и ВУ по соответствующим рискам с соответствующими пороговыми значениями, устанавливаемыми руководством и специалистами организации для различных процедур управления рисками. Пороговые значения устанавливаются как для процедуры «уклонение от риска», так и для процедуры «передача риска». Процедура «уклонение от риска» применяется к рискам, для которых предполагаемые значения ВНУ и ВУ больше пороговых значений.

Таблица 1 – Влияние варианта управления на выбор процедур управления рисками и пороговые значения

Возможный вариант управления рисками	Приоритетные процедуры управления рисками	Пороговые значения вероятности и размера возможного ущерба
Осторожный	Уклонение от риска Передача риска	Достаточно жёсткие (невысокие)
Взвешенный	Сокращения риска Передача риска Уклонение от риска	Умеренные (взвешенные), устанавливаются с учётом других, дополнительных факторов, например, фактора реальных финансовых возможностей на определённый период времени
Рискованный	Сокращение риска Передача риска	Достаточно высокие (рискованные)

Процедура «передача риска» применяется, если предполагаемые значения ВНУ и ВУ больше или равны пороговым значениям. На выбор стратегии, процедур управления рисками и пороговых значений параметров рисков, кроме общей стратегии управления и развития организации, существенное влияние оказывают финансовые возможности, которые могут быть оценены с помощью следующих коэффициентов [2]:

$$K_{\Phi B}^{BY} = BY/\Phi B ;$$
$$K_{\Phi B}^{HBY} = HBY/\Phi B ;$$
$$K_{\Phi B}^{OY} = OY/\Phi B ,$$

где $K_{\Phi B}^{BY}$ – коэффициент финансовых возможностей организации для ликвидации возможного ущерба BY , доли единицы;

$K_{\Phi B}^{HBY}$ – коэффициент финансовых возможностей организации для ликвидации наиболее вероятной суммы ущерба HBY , доли единицы;

$K_{\Phi B}^{OY}$ – коэффициент финансовых возможностей организации для ликвидации ожидаемого ущерба OY , доли единицы;

ΦB – финансовые возможности организации по ликвидации ущерба, руб.

Значение какого-либо из указанных коэффициентов, превышающее единицу, означает, что организация не имеет финансовой возможности по покрытию предполагаемого убытка.

Из данных формул можно получить формулы для нахождения пороговых значений по каждому из возможных видов ущерба (выразить BY , HBY , OY) и пороговые значения по направлению деятельности (в числителе и знаменателе будут отражены суммы по отдельным видам деятельности).

Необходимо заметить, что пороговые значения могут устанавливаться для отдельных видов рисков нерациональной структуры ИК, совокупного риска нерациональной структуры, отдельных направлений и аспектов деятельности организации, а также в целом по всей организации.

В программе управления рисками нерациональной структуры ИК должна быть представлена разнообразная информация по рискам: виды рисков, их классификация, особенности, краткая характеристика источников информации об анализируемых рисках, периодичность её обновления, виды рисков нерациональной структуры ИК, присущие данной организации, принципы управления ими, возможные убытки, методы управления рисками и т.д.

В программе должна присутствовать информация о простейших возможных классификациях убытков, по разным признакам: размер убытка, теснота зависимости ущерба от причины возникновения и т.п. К специализированной информации можно отнести информацию о взаимосвязях между рисками и величинами соответствующего ущерба (убытки могут быть сгруппированы, например, с учётом выделенных групп рисков), а также информацию, отражающую специфику появления убытков именно в данной организации.

В дополнение к информации по процедурам управления рисками нерациональной структуры ИК исследуется вопрос о методах управления ими (методы трансформации и методы финансирования рисков).

Методы трансформации рисков будут составлять в совокупности программу предупреждающих мероприятий, являющуюся составной частью программы управления рисками. Методы управления рисками, относящиеся к группе методов финансирования рисков, также представляют собой целостную совокупность мероприятий по покрытию уже возникшего ущерба.

Программа управления рисками нерациональной структуры ИК может считаться эффективной, если предполагаемый убыток до её внедрения больше суммы затрат и возможного убытка после её внедрения. Принятая программа должна регулярно пересматриваться, учитывать и отражать все текущие изменения среды, в которой данная организация функционирует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Иванова, С.В.** Финансовые риски в деятельности организации / С.В. Иванова // Проблемы развития транспортной системы Сибири: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2005. -279 с.

2 **Чернова, Г.В.** Управление рисками: учеб. пособие / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев. -М.: ТК Велби: Проспект, 2003. -160 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имущественный комплекс; программа управления рисками
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Иванова Светлана Викторовна, канд. экон. наук, директор Находкинского представительства ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Кизилова Елена Геннадьевна, менеджер ООО «Спейс-Лайн»

ПРИМЕНЕНИЕ ABC-XYZ АНАЛИЗА В РАМКАХ МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ ГРУЗОВЫХ ТАРИФОВ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Д.В. Попкова

Рассмотрена возможность применения ABC-XYZ анализа в рамках маркетингового подхода к построению грузовых тарифов на речном транспорте.

ABC-анализ является важным инструментом, используемым на предприятии для определения ключевых моментов и приоритетов. В контроллинге ABC-анализ имеет особое значение, поскольку позволяет проводить целенаправленные и экономичные мероприятия. Когда выявлены структурные элементы, для важных процессов немедленно могут быть осуществлены эффективные корректирующие мероприятия.

ABC-анализ необходим и при исследовании затрат по элементам, местам возникновения и объектам калькулирования, он так же может быть применен в области сбыта для более детального изучения групп продуктов, групп клиентов и областей продаж.

Метод функционального учета затрат (в англоязычной литературе – Activity Based Costing – ABC) на протяжении ряда последних лет находится на пике своей популярности. Причина весьма широкого распространения данного метода заключается в том, что с его помощью можно структурировано воссоздать картину формирования стоимости на предприятии и предоставить соответствующую информацию в самых различных разрезах (по клиентам, подразделениям, процессам и т.п.).

При ABC-анализе сопоставляются показатели в натуральном и стоимостном выражении. Исследования, проводимые на предприятиях, показывают, что относительно небольшие величины в натуральном выражении, взятые из некоторой совокупности, дают относительно большие стоимостные значения. Поэтому необходимо выявить на предприятии те небольшие величины в натуральном выражении, которым соответствуют большие стоимостные значения. Тогда можно относительно быстро воздействовать на всю совокупность в соответствии с целевыми представлениями.

Необходимо отметить, что однозначного алгоритма по применению ABC-анализа не существует. Метод ABC-анализа – формулировка основной идеи, совокупность рекомендаций по ее реализации, набор объективно прогнозируемых трудностей и пути их преодоления.

ABC-анализ основан на том маркетинговом принципе (закон Парето), что, как правило, 80% от общего объема продаж (прибыли) компании достигается за счет не более чем 20% клиентов и, наоборот, 80% всех клиентов обеспечивают не более 20% оборота. В связи с этим всех клиентов компании можно распределить на 3 группы:

A – клиенты, деятельность которых приносит 80% прибыли. Клиенты этой группы в основном определяют обороты всей компании;

C – 80% наименее привлекательных клиентов, доля участия которых в обороте компании невелика;

B – все остальные клиенты, занимающие промежуточное положение между группами A и C.

Слабое место ABC-анализа заключается в поиске объективных критериев оценки элементов, критериев, которые имеют решающее значение для достижения результата. Данная проблема решается относительно просто для количественно измеримых факторов (есть объективные меры, которые можно использовать для сравнения). Для качественных критериев характерны существенно большие требования.

Таким образом, метод ABC имеет существенный недостаток, заключающийся в отсутствии учета динамики спроса. В этом случае его необходимо дополнить данными XYZ-анализа.

С целью максимизации прибыли и оптимизации стратегии персонализации тарифообразования необходимо совместное проведение ABC-анализа и XYZ-анализа.

XYZ-анализ, суть которого заключается в том, чтобы определить степень отклонения

некоторой исследуемой величины от ее среднего значения и группировать объекты, которая она характеризует, в зависимости от величины коэффициента вариации.

В основе проведения XYZ-анализа лежит нахождение v_i -коэффициентов вариации спроса по каждой позиции всего ассортимента, где i -номер позиции. В результате проведения XYZ-анализа структура грузооборота клиентов разбивается на три группы X, Y и Z, каждая из которых определяется соответствующим уровнем значения коэффициента вариации:

- X (55%) общего объема, при $v_i \leq 10\%$;
- Y (32%) общего объема, при $10\% < v_i \leq 25\%$;
- Z (13%) общего объема, при $25\% < v_i$.

Таким образом, группа X состоит из видов грузов, на которые имеется достаточно стабильный спрос, группа Y представлена грузами со средними возможностями прогнозирования спроса и, наконец, группа Z состоит из видов грузов, прогнозирование спроса на которые весьма проблематично. Так же следует обратить внимание на то, что в группу Z могут быть включены дорогостоящие грузы, перевозка которых требует особых условий и существенных затрат, но отказ от перевозки которых, как правило, недопустим для парохозяйства, конкурентным преимуществом которого является широкий ассортимент предоставляемых услуг.

Результаты ABC-анализа и XYZ-анализа используются для построения матрицы, состоящей из трех строк и трех столбцов, которая называется матрицей ABC-XYZ. Макет матрицы представлен на рисунке.

Элементами этой матрицы являются множества таких позиций из всего ассортимента товаров, которые попадают в одну и ту же группу в результате как ABC-анализа так и XYZ-анализа.

Строки этой таблицы соответствуют группам А, В и С, а столбцы – X, Y и Z соответственно. При этом в ячейку таблицы, соответствующей фиксированной строке и столбцу записываются все номера позиций, которые принадлежат соответствующим группам, на которые разбиты все элементы в результате ABC и XYZ-анализа.

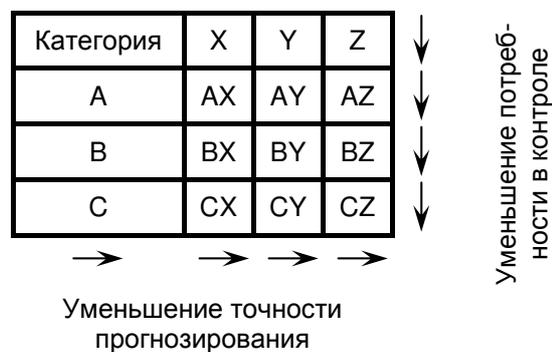


Рисунок – Матрица ABC-XYZ-анализа

В результате проведения ABC-XYZ анализа ресурсы разбиваются на девять групп, для каждой из которых необходимо разработать свои техники управления, при этом каждая из групп имеет две характеристики: объем перевозок и точность прогнозирования потребности в них.

Итогом совместного проведения анализа ABC и XYZ является выделение ключевых, наиболее важных приоритетов в структуризации бизнес-процессов.

При этом в случае персонификации тарифообразования в процессе проведения ABC-XYZ анализа учитывается и клиентская репутация грузоотправителей, и спрос на отдельные виды перевозок. Что в свою очередь позволит составить систему поправочных коэффициентов к грузовому тарифу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: маркетинговый подход; грузовые тарифы на речном транспорте
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Попкова Дарья Викторовна, ассистент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА И ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Г.С. Быков, В.А. Виниченко

Рассматриваются проблемы измерения производительности труда на основе модифицированного показателя добавленной ценности с учетом всемерной экономии материальных затрат, в частности, расходов на топливо.

Производительность труда играет исключительно важную роль в экономике страны и является основным фактором, определяющим уровень жизни населения, что всегда признавалось и признается всеми научными школами и направлениями. За последние годы в России к этой категории наметился особо повышенный интерес, при этом диапазон этого интереса чрезвычайно широк: от объявления «устаревшим», «искусственно рожденным» принципа соответствия темпов роста производительности труда уровню заработной платы и «первоочередной важностью прибыли против производительности труда» [1, С. 66-68] до солидных исследований динамики этого показателя в процессе экономического реформирования и серьезных научных дискуссий по обоснованности методов его измерения [2, С. 250-260].

Проводимая в России экономическая реформа, как выявлено в исследованиях С. Глазьева, В. Чабанова и др. [2], вызвала резкое падение этого важнейшего интегрального показателя результативности общественного производства, и вполне резонно следует задуматься о ее прогрессивности, а не о выше отмеченном ниспровержении, устарелости и искусственности экономических принципов.

Вместе с тем особую актуальность в современных условиях приобретает и экономическая обоснованность определения этого показателя. На наш взгляд, заслуживает серьезного внимания рекомендация Чабанова В.Е. об оценке критерия общественной производительности труда «количеством предметов потребления (вне зависимости от материальной или нематериальной их формы), которые производятся в государстве средним работником за единицу времени» [2, С. 252-254]. К сожалению, этот правильный подход весьма сложно реализовать в хозяйственной практике, т.е. довести до практической учетной процедуры и системы отчетности.

Именно поэтому, в международной практике национальных счетов используются стоимостные обобщающие показатели, такие как: национальный доход – НД (national income), валовый внутренний продукт – ВВП (gross domestic product), валовый национальный продукт – ВНП (gross national product), а применительно к отдельным предприятиям и фирмам – ценность добавленной обработки (value-added).

Целесообразность и предпочтительность использования последнего в хозяйственной практике была признана еще в последние годы бывшего СССР под названием «нормативно-чистой продукции» – НЧП, однако это дело было донельзя забюрократизировано путем централизованно подготовленных специальных преискурантов, выхолащивающих саму экономическую сущность этого показателя.

Оценка результативности деятельности предприятий речного транспорта до 1986 г. Производилась на основе условно-натуральных показателей его работы в виде приведенного пассажиро-грузооборота (в пассажиро-тоннокилометрах), затем – по стоимостному показателю в виде доходов от всех выполненных работ (в рублях), что и сохранилось до настоящего времени.

Однако этот показатель, обобщенно характеризуя объем реализации транспортных услуг, имеет существенный недостаток – повторный счет материальных затрат и не создает заинтересованности у транспортных предприятий в их экономии.

Между тем фактор экономии этих затрат в условиях повышения цен на ресурсы приобретает все возрастающую значимость, причем экономия например 1 т топлива по конечному экономическому результату обеспечивает примерно вдвое больший эффект, чем увеличение его добычи и производства. В хозяйственной практике судоходных речных компаний складывается абсурдная экономическая ситуация. Расходы на материальные ресурсы уже достигают 70 и более процентов, а обоснованные предложения по их экономии (например, путем выбора экономичной топливосберегающей скорости [3, С. 18-24]) наталкиваются на возражения о якобы связанных с этим снижением производительности труда при ее измерении по тонно-километрам да и по доходам.

Именно поэтому так важно для речного транспорта, как и других отраслей, быстрее внедрять в хозяйственную практику отчетность и современные показатели, наиболее полно характеризующие результативность производственной деятельности и реальную производительность трудового вклада на основе модифицированного показателя добавленной ценности, рассчитываемого как величина доходов от реализации услуг (реализованная продукция по договорным ценам) за минусом (вычетом) всех фактических материальных расходов по потребленным ресурсам.

Такой модифицированный показатель (реальной) добавленной ценности будет ориен-

тировать предприятия на конечную цель экономики – повышение благосостояния работников и увеличение доходности (прибыльности) собственников и в наиболее полной мере соответствовать указанному выше критерию общественной производительности труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Мурзин, М.С.** Исследование причин низкой заработной платы в России / М.С. Мурзин, А.С. Овсянников // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и инженерно-технических работников речного транспорта и других отраслей, 16-19 апр. 2007 г. -Новосибирск, 2007. -Ч.1.

2 **Чабанов, В.Е.** Экономика XXI века, или третий путь развития / В.Е. Чабанов. -СПб.: БХВ-Петербург, 2007.

3 **Виниченко, В.А.** Уроки использования речного транспорта в решении крупных проблем хозяйственного освоения Сибири / В.А. Виниченко // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2007. -№1.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *производительность труда; показатель добавленной ценности*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Быков Георгий Спиридонович, канд. экон. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Виниченко Виктория Александровна, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»*

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДВИЖНОГО РЕСУРСА ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Ю.Е. Якубовский, И.С. Глунов

Для повышения качества пассажирских перевозок необходима методика, позволяющая не только оценить их уровень, но и позволяющая управлять данным процессом. Представлена методика, основанная на процессном и системном подходах международного стандарта ISO серии 9000.

Проблемы организации и осуществления пассажирских перевозок требует разработки механизма обеспечивающего качество данных услуг. При этом схемы повышения качества должны быть формализованы и универсальны для всех автотранспортных предприятий города, осуществляющих пассажирские перевозки. Одним из наиболее распространенных документов позволяющих унифицировано решать должные проблемы, являются международные стандарты серии ISO 9000. Стандарты ISO серии 9000 устанавливают требования к системе менеджмента качества. Эти требования не зависят от категории продукции и применимы к организациям любых отраслей.

По требованиям международного стандарта ISO 9001:2000 (п.4.1) организация должна определить процессы, необходимые для системы менеджмента качества, и их применение во всей организации; определить последовательность и взаимодействие этих процессов [1]. Каждый руководитель того или иного уровня должен определить количественные показатели, относящиеся к процессу, которым он руководит, а также количественно измерить качество продукции данного процесса.

Кроме основных и вспомогательных процессов организация должна «включить собственно процессы менеджмента руководства, обеспечения ресурсами, процессы жизненного цикла продукции и измерения» (ISO 9001:2000, п.4.1). А также «организация должна применять подходящие методы мониторинга и, где это целесообразно, измерения процессов системы менеджмента качества» (ISO 9001:2000, п. 8.2.3). Таким образом, процессы СМК рассматриваются наряду с остальными процессами пассажирского автотранспортного предприятия (ПАТП).

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия основных и вспомогательных видов деятельности ПАТП. Осуществление пассажирских перевозок и подготовка подвижного ресурса (техника, люди) являются основными процессами. В данной статье рассматривается только процесс подготовки подвижного ресурса.

Его результаты являются входными параметрами для второго процесса (рисунок 1), но этот процесс будет рассматриваться в последующих работах. Остальные процессы рассматриваются как вспомогательные, обеспечивающие через свой продукт основную деятельность предприятия ресурсами определенного качества.

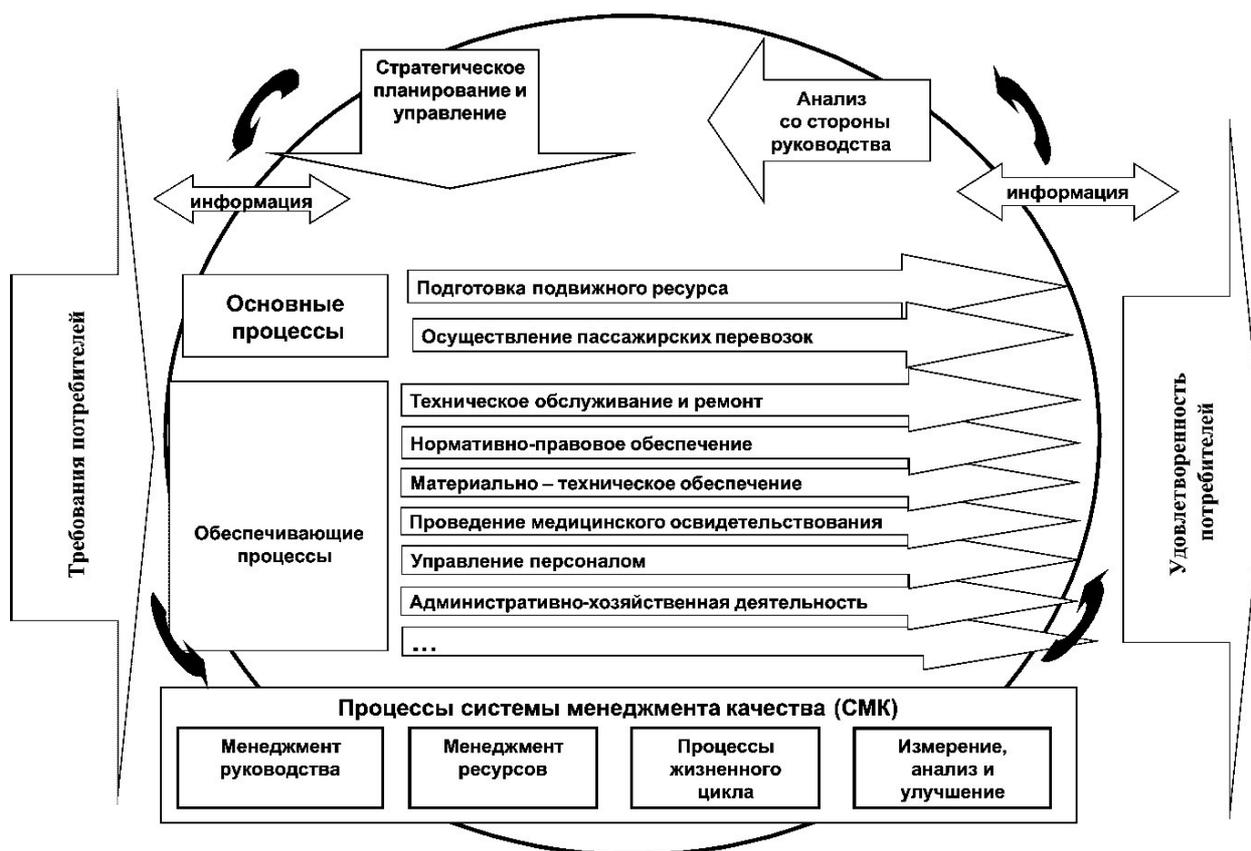


Рисунок 1 – Карта процессов пассажирского автотранспортного предприятия

На рисунке 2 показана структура взаимодействия процесса «подготовка подвижного ресурса» с обеспечивающими процессами и процессов СМК. Обеспечивающими процессами для ППР будут являться: административно-хозяйственная деятельность, техническое обслуживание и ремонт, материально-техническое снабжение и управление персоналом. Продуктом административно-хозяйственной деятельности являются инфраструктура и производственная среда; технического обслуживания и ремонта – работоспособная техника; материально-технического снабжения – ГСМ, инструментов, аптечек, огнетушителей и т.д.; управления персоналом – подготовленный водительский состав.

Оценка качества подвижного ресурса (ПР) осуществляется с позиции процессов системы менеджмента качества.

Результативность менеджмента руководства оценивается через коэффициент выпуска техники на линию за рассматриваемый период. Менеджмент ресурсов оценивается через комплексный показатель включающий в себя следующие коэффициенты: коэффициент материально-технического обеспечения (ГСМ, инструментами, аптечками, огнетушителями и т.д.); коэффициент административно-хозяйственной деятельности (помещения для медицинского обслуживания и места для проведения пред- и послерейсового осмотра, мойки); ППВ – профессиональный потенциал водительского состава (стаж, квалификация и т.д.); коэффициент технического обслуживания и ремонта [2]. Процессы жизненного цикла оцениваем используя показатель - ежедневные регламентные работы (ЕРР), который разработан на основе федерального закона от 10 декабря 1995 г. №196 «О безопасности дорожного движения» [3].

Процесс измерение, анализ и улучшение подготовки подвижного ресурса оценивается по следующей формуле

$$PK = \sqrt{PB \cdot PK}, \quad (1)$$

где PK – результирующий коэффициент;

PK – показатель комфортности [4];

PB – показатель безопасности [4].

Предложенная оценка позволяет установить корреляционную зависимость между результирующим коэффициентом и уровнем качества процессов ППР с целью обеспечения качественным подвижным ресурсом через управление персоналом, административно-

хозяйственную деятельность, материально-техническое снабжение и техническое обслуживание и ремонт.



Рисунок 2 – Структура взаимодействующих процессов при подготовке подвижного ресурса

С целью установления влияния качества обеспечивающих процессов и процессов СМК на ППР был проведен факторный анализ. Суть техники факторного анализа – статистический анализ взаимных корреляций оценок по отдельным тестам с целью обнаружения минимального числа независимых факторов. Результативным фактором был принят результирующий коэффициент. Независимыми факторами – показатели процессов системы менеджмента качества: менеджмент руководства, менеджмент ресурсов, процессы жизненного цикла, процессы измерения и анализа. Степень влияния факторов на результирующий признак была определена по шкале Чеддока.

В результате проведенного анализа была выявлена следующая степень влияния факторов на результирующий признак: высокое влияние на *PK* оказывает – менеджмент ресурсов и процессы жизненного цикла, заметное влияние – менеджмент руководства.

Анализ матрицы корреляций применительно к статистике данного автотранспортного предприятия позволил сделать вывод о том, что необходимо учитывать все процессы ППР при дальнейшей оптимизации затрат, так как управлять качеством ресурсов на данном предприятии необходимо через процессы, оказывающие наибольшее влияние на результат.

Задачей оптимизации уровня качества подвижного ресурса является нахождение минимальных затрат на проведение работ связанных с подготовкой и соответствующего ему результирующего коэффициента.

Для решения задачи оптимизации введем показатель удельных затрат

$$\varphi = (Z_{MP} + Z_{MPec} + Z_{ПЖЦ} + Z_{ИАУ})/n \quad (2)$$

где φ – показатель удельных затрат, тыс. руб./пр.;

Z_{MP} – годовые затраты на менеджмент руководства, тыс. руб.;

Z_{MPec} – годовые затраты на менеджмент ресурсов;

$Z_{ПЖЦ}$ – годовые затраты на процессы жизненного цикла;

$Z_{ИАУ}$ – годовые затраты на процессы измерения, анализа, улучшения;

n – количество подвижного ресурса.

При уменьшении показателя удельных затрат на подготовку ПР уровень результирующего

щего коэффициента снижается, что ограничивает возможности работы автотранспортного предприятия, т.е. техника все более простаивает, а также водительский и кондукторский состав. Поэтому предлагается учитывать также удельный показатель потеряннного дохода.

$$\gamma = C_{Mч} \times \sum_{i=1}^m V_{ок} / n, \quad (3)$$

где γ – показатель удельного потеряннного дохода за время простоя единицы подвижного ресурса за год, тыс. руб./ч;

$C_{Mч}$ – стоимость услуг транспорта, одного машино-часа, тыс. руб.;

$\sum_{i=1}^m V_{ок}$ – время проведения i -го вида работ для всего парка, ч.

Эти показатели характеризуют качество подготовки подвижного ресурса комплексно и позволяют найти оптимальное значение РК минимизированием затрат. Таким образом, рекомендуется применять интегральный показатель оптимизации

$$\alpha = \varphi + \gamma \rightarrow \min, \quad (4)$$

где α – интегральный показатель, тыс. руб.

Соответствующий минимальному значению затрат результирующий коэффициент и будет оптимальным для рассматриваемого ПАТП.

Реализация модели оптимизация подробно описана в [5]. График целевой функции представлен на рисунке 3. Для данного ПАТП был определен оптимальный уровень коэффициента готовности подвижного ресурса (РК) который равен 0,76.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1 Повышение результирующего коэффициента (и качества соответственно) выше оптимального уровня ведет к повышению затрат ППР и понижению эффективности.

2 Для рассматриваемого транспортного предприятия при существующих условиях эксплуатации оптимальным является результирующий коэффициент равный 0,76.

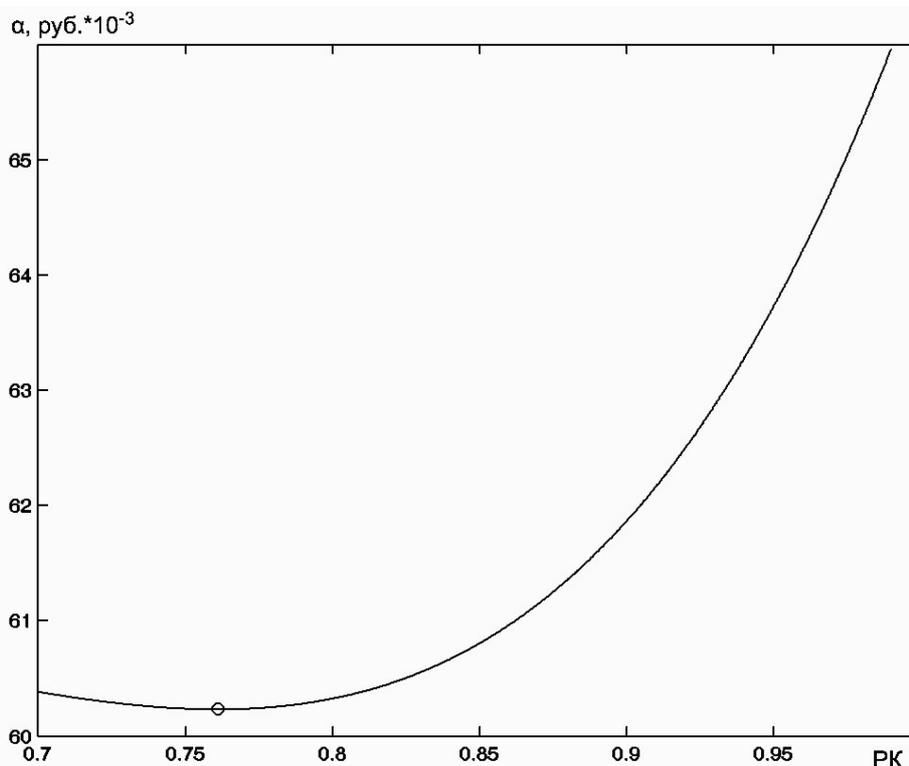


Рисунок 3 – Целевая функция оптимального значения РК с позиции минимизации затрат

3 Увеличение затрат на ППР на 6,5% дает увеличение качества в среднем на 7,27%.

4 Увеличение затрат на ППР на 10% сократило время нахождения в ремонте парка автобусов на 13%.

5 Внедрение разработанной методики позволяет решать задачи определения параметров (процессы организации и СМК) ППР с позиции минимизации затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Джианфрани, Чарльз А.** Стандарт ISO 9001-2000. Система менеджмента качества. Требования к системам менеджмента качества / Чарльз А. Джианфрани, Джозеф Дж. Тсиакалс, Джон Е. (Джек) Вест; пер. Л.И. Павлов. -2-е изд. -М.: Полиграф. база АСМС, 2002. - 204 с.

2 **Якубовский, Ю.Е.** Процессный подход в деятельности транспортных предприятий / Ю.Е. Якубовский, И.С. Глумов // Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы и достижения автотранспортного комплекса». -Екатеринбург, 2007 -С. 184-186.

3 **Российская Федерация. Законы.** О безопасности дорожного движения: федер. закон: [принят Гос. Думой 15 нояб. 1995 г.] // Собр. законодательства РФ. -1995. -№50. - Ст. 4873.

4 **ГОСТ Р 51004-96.** Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. -М.: Изд-во стандартов, 1997. -9 с.

5 **Карнаухов, А.Н.** Обеспечение технической готовности подвижного состава автотранспортного предприятия / А.Н. Карнаухов, Е.Ю. Иванова, И.С. Глумов // Проблемы эксплуатации систем транспорта: сб. ст. регион. науч.-практ. конф. -Тюмень, 2006. -С. 119-121.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пассажирские перевозки; процессный подход

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Якубовский Юрий Евгеньевич, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «Тюменский НГУ»
Глумов Иван Сергеевич, аспирант ГОУ ВПО «Тюменский НГУ»

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Т.А. Зрелкина

Показатели качества норм труда на предприятиях ОАО «Подтесовская РЭБ флота» и ФГУ Енисейское ГБУВП и С, комплексное исследование функционального состояния организма рабочих по профессии судокорпусник-ремонтник и слесарь-ремонтник на работоспособность.

Высокое качество действующих норм труда обеспечивает бережное использование ресурсов на предприятии и служит одним из основных источников социально-экономической эффективности производства. В организации труда наибольший эффект дают научно-обоснованные нормы, которые обладают равной напряженностью. С помощью равнонапряженных норм труда на предприятии решаются следующие задачи:

- устанавливаются оптимальные соотношения между работниками разных профессий и специальностей, имеющими разный уровень квалификации;
- разрабатываются основные показатели планов по производству и реализации продукции;
- определяются производственные мощности предприятий, цехов, участков;
- устанавливается наиболее рациональный регламент работы и физиологически обоснованные режимы труда и отдыха с учетом фактической интенсивности труда.

Качество действующих норм труда, уровень их напряженности в значительной степени влияют на эффективность производства и конечные результаты работы предприятия.

Для сопоставимого анализа качества норм труда были взяты два предприятия речного транспорта: ОАО «Подтесовская РЭБ флота» и филиал ФГУ «Енисейское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства». Оценка качества норм проводилась по структурным подразделениям: котельно-корпусный цех (ККЦ) и ремонтно-механические мастерские (РММ). Характер выполняемой работы в этих подразделениях – однотипный, т.е. ремонт металлических корпусов судов. По профессии судокорпусник-ремонтник был проведен системный анализ единства и напряженности применяемых норм. По отчетным статистическим данным степени выполнения норм выработки были получены следующие результаты (таблица 1).

Проведенные вычисления показывают, что фактическая напряженность норм труда (0,87 и 0,83) не достигает нормативного значения 0,88-0,99, хотя на предприятии ОАО «Подтесовская РЭБ флота» по котельно-корпусному цеху ее значение приближается к равной на-

пряженности норм.

Под равнонапряженностью норм понимается обеспечение постоянного соответствия между величиной фактических затрат времени к необходимому времени.

В соответствии с методическими реко-

мендациями НИИ Труда для оценки интегральной работоспособности работников на предприятии Енисейское ГБУВП и С по цеху РММ были отобраны две группы рабочих физического труда по профессиям судокорпусник-ремонтник и слесарь-ремонтник. Основная рабочая поза – «стоя», с наклоном корпуса. Замеры показателей функционального состояния организма осуществлялись три раза за смену: в начале работы, в середине и в конце рабочей смены.

Таблица 1 – Результаты расчетов качества норм труда

Показатель	ОАО «Подтесовская РЭБ флота»	ФГУ «Енисейское ГБУВП и С»
Средневзвешенный процент выполнения норм выработки	182,0	153,8
Среднеквадратичное отклонение процента выполнения норм выработки	23,65	24,76
Коэффициент качества норм труда	0,87	0,83

Таблица 2 – Средние значения физических показателей по профессиям

Показатель, единица измерения	Судокорпусник-ремонтник			Слесарь-ремонтник		
	1	2	3	1	2	3
Максимальное (систолическое) давление, мм. рт. ст.	123,9	124,3	123,7	113,9	112,3	113,4
Минимальное (диастолическое) давление, мм. рт. ст.	75,6	77,7	81,9	72,1	71,0	75,2
Пульсовое давление, мм. рт. ст.	39,1	45,5	46,7	41,4	41,3	38,3
Частота пульса, уд./мин.	74,2	71,5	73,1	76,0	75,0	71,0
Динамометрия (сила) правой руки, кг.	58,3	59,6	60,1	30,5	31,2	31,1
Динамометрия (сила) левой руки, кг.	57,0	55,6	54,1	28,7	28,9	28,5
Ассиметрия силы рук, кг.	1,3	4,0	6,0	1,8	2,3	2,6
Тремор	8,8	8,7	7,8	8,2	8,5	7,1

Оценка состояния сердечно-сосудистой системы проводилась с помощью следующих показателей: максимальное (систолическое) давление, минимальное (диастолическое) давление, пульсовое давление, частота пульса.

Исследование состояние нервно-мышечной системы

определялось с помощью следующих показателей, определяющих силу правых и левых рук, а также ассиметрию силы рук.

Для характеристики состояния центральной нервной системы: координация трудовых движений и тремор.

Основные результаты комплексного исследования приведены в таблице 2.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что при использовании единых трудовых нормативов и равнонапряженных норм показатели состояния сердечно-сосудистой системы рабочих сохраняются в пределах физиологической нормы в течение всего рабочего дня. Состояние нервно-мышечной и центральной нервной системы поддерживается на достаточном уровне.

Таблица 3 – Изменение показателей функционального состояния организма рабочих по профессиям

Показатель	Изменение показателя	
	Судокорпусник-ремонтник	Слесарь-ремонтник
Частота пульса	улучшение	улучшение
Сила правой руки	улучшение	улучшение
Сила левой руки	ухудшение	без изменений
Координация движений	улучшение	улучшение

Обобщенный показатель функционального состояния рабочих определяется по формуле

$$K_{об} = \frac{b - c}{a + b + c},$$

где *a* – количество случаев, при которых не отмечено изменение исследуемых показателей;

b – число случаев улучшения показателей;

c – число случаев ухудшения показателей.

Результаты расчетов изменения функционального состояния рабочих в начале и конце работы отражены в таблице 3.

Обобщающим показателем функционального состояния организма является интегральный показатель работоспособности. По результатам расчетов, интегральный показатель по профессии судокорпусник-ремонтник равен 0,5, а по профессии слесарь-ремонтник 0,75. Объективных признаков снижения работоспособности и ухудшения состояния организма не выявлено. При этом напряженность норм труда не соответствует уровню равнонапряженности на данном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бухалков, М.И.** Организация и нормирование труда: учеб. для вузов / М.И. Бухалков. - М.: ИНФРА-М, 2007. -400 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективность труда; исследование функционального состояния организма
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зрелкина Татьяна Алексеевна, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ СУДОВ В ПОРТУ

ФГОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского»

С.О. Антоненко

Рассмотрены параметры, используемые при планировании обработки судов и методы их определения. Предложена методика составления соответствующих планов и графиков.

В деятельности морского порта наиболее актуальным является решение вопроса рационального использования ресурсов в его перегрузочной деятельности. Под ними понимаются технические средства, а также трудовые ресурсы, в качестве которых рассматриваются рабочие комплексных бригад. В этой области деятельности создается основная масса доходов, формируется большая часть затрат и здесь заложены основные резервы улучшения работы порта.

Перегрузочные средства и портовые рабочие могут быть распределены между объектами работ с разной концентрацией и по различным вариантам. Каждый вариант концентрации ресурсов характеризуется различными эксплуатационно-экономическими показателями. При больших объемах переработки грузов выполнение работ с недостаточной концентрацией приводит к неосвоению части объемов грузов. Наоборот, необоснованно высокая концентрация ресурсов на одном из объектов может привести к их недостатку на другом. Следствием такого подхода могут стать излишние простои транспортных средств под грузовой обработкой или в ее ожидании на объектах с недостаточной концентрацией трудовых и технических ресурсов, что в свою очередь приводит к ухудшению эксплуатационных и экономических показателей работы порта [1].

Технологические планы-графики обработки судов (ТПГОС) составляют основное ядро оперативного планирования работы производственных перегрузочных комплексов (ППК) порта. Назначением ТПГОС является расстановка технологических линий в процессе обработки соответствующего судна и уточнение потребности в ресурсах на каждый момент времени.

Основными исходными данными для составления ТПГОС служат:

- грузовой план судна (количество груза в грузовых помещениях судна);
- требования техники безопасности (продолжительность темного и светлого времени суток, максимальная концентрация технологических линий (ТЛ) на каждом отсеке судна, коэффициент снижения производительности ТЛ при одновременной работе двух ТЛ на одном отсеке);
- технологические карты (требуемое количество докеров и перегрузочной техники, комплексные нормы выработки, нормы времени);
- план подачи вагонов (количество груза, перерабатываемого по прямому и складскому вариантам).

Механизм расчёта и составления ТПГОС имеет следующий вид.

После определения продолжительности обработки судна [1], [2] находится время окон-

чания его обработки $K_{обр}^{ок}$. Возможны два варианта:

– при условии, что $24\{T_{обр}\} + K_{обр}^{нач} \leq 24$

$$K_{обр}^{ок} = 24\{T_{обр}\} + K_{обр}^{нач};$$

– при условии, что $24\{T_{обр}\} + K_{обр}^{нач} > 24$

$$K_{обр}^{ок} = 24(\{T_{обр}\} - 1) + K_{обр}^{нач},$$

где $\{T_{обр}\}$ – дробная часть величины времени обработки судна, сут.;

$K_{обр}^{нач}$ – время начала обработки судна, ч.

Кроме этого необходимо определить продолжительность периода, в течение которого отсек может быть обработан одной технологической линией

$$T_i^{(1)} = \frac{q_i}{P_i}$$

где q_i – нагрузка i -го отсека, т;

P_i – производительность ТЛ на i -м отсеке, т/ч.

С точки зрения концентрации ТЛ на обработке одного отсека судна возможны две структуры времени его обработки

– если выполняется условие, что $T_i^{(1)} \leq 24T_{обр}$, то отсек будет обрабатываться по I структуре, т.е. необходимое время на обработку i -го отсека при постановке на него одной ТЛ не превышает заданное время обработки судна

$$T_{обр} = \frac{(T_{обрi}^{(1)} + T_i^H)}{24}$$

– если выполняется условие, что $T_i^{(1)} > 24T_{обр}$, то отсек будет обрабатываться по II структуре, т.е. необходимое время на обработку i -го отсека при постановке на него одной ТЛ превышает заданное время обработки судна и имеется необходимость в постановке второй ТЛ

$$T_{обр} = \frac{(T_{обрi}^{(1)} + T_{обрi}^{(2)})}{24}$$

где T_i^H – продолжительность периода, в течение которого i -й отсек не обрабатывается, ч;

$T_{обрi}^{(1)}$ – продолжительность периода, в течение которого i -й отсек обрабатывается одной ТЛ, ч;

$T_{обрi}^{(2)}$ – продолжительность периода, в течение которого i -й отсек обрабатывается двумя ТЛ, ч.

При обработке i -го отсека по I структуре определяются следующие параметры:

– Продолжительность периода, в течение которого отсек не обрабатывается

$$T_i^{(1)} = T_{обрi}^{(1)}; T_i^H = 24T_{обр} - T_i^{(1)}.$$

– Трудоёмкость обработки отсека

$$T_{mpi} = T_i^{(1)}$$

При обработке i -го отсека по II структуре первоначально необходимо определить общую продолжительность светлого и тёмного времени суток за период времени обработки судна ($T_{обр}^c, T_{обр}^m$ соответственно). Данные величины зависят от продолжительности периодов светлого и тёмного времени суток, а так же от времени их начала. Далее можно определить и остальные параметры обработки судна.

Продолжительность работы второй ТЛ на i -м отсеке (продолжительность периода, в течение которого i -й отсек обрабатывается двумя ТЛ)

$$T_{обрi}^{(2)} = \frac{T_i^{(1)} - 24T_{обр}}{1 - 2K_{сн}}$$

Трудоёмкость обработки i -го отсека в тёмное время суток

$$T_{mpi}^m = T_{обр}^m \cdot$$

Трудоёмкость обработки i -го отсека в светлое время суток

$$T_{mpi}^c = T_{обри}^{(2)} + T_{обр}^c.$$

Трудоёмкость (общая) обработки i -го отсека

$$T_{mpi} = T_{mpi}^c + T_{mpi}^m.$$

После определения трудоёмкости обработки всех отсеков (согласно структуре их обработки) рассчитываются следующие показатели.

Средневзвешенная концентрация ТЛ на обработку судна в течение суток

$$N_{cp} = \frac{\sum T_{mpi}}{24T_{обр}}$$

Бюджет времени работы j -й ТЛ. Если значение величины N_{cp} является дробным числом, то это означает, что одна ТЛ работает не всё время обработки судна, а только часть его, равной дробной части величины концентрации ТЛ $\{N_{cp}\}$, т.е.

$$T_j = 24T_{обр} \cdot \{N_{cp}\}.$$

Остальные ТЛ работают на протяжении всего времени обработки судна, т.е.

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{j-1} = 24T_{обр}.$$

В случае если среди всех обрабатываемых отсеков судна имеются такие, обработка которых ведётся по второй структуре, то из бюджета работы каждой ТЛ необходимо выделить составляющие, приходящиеся на «светлые» и «тёмные» периоды времени их работы, т.е. определить бюджеты времени работы для каждой ТЛ как в светлое, так и в темное время суток.

Определение таких составляющих производится аналогично определению общей продолжительности светлого и тёмного времени суток за период обработки судна.

Следует отметить, что для числа ТЛ, равного целой части значения величины N_{cp} , вследствие того, что $T_1 = T_2 = \dots = T_{j-1} = 24T_{обр}$, будут выполняться условия, что

$$T_1^c = T_2^c = \dots = T_{j-1}^c = T_{обр}^c; T_1^m = T_2^m = \dots = T_{j-1}^m = T_{обр}^m.$$

В случае если расчётное значение величины N_{cp} превышает количество обрабатываемых на судне отсеков n_n (включая условные [1]), то это означает, что часть ТЛ будет работать только в «светлые» периоды времени обработки судна и количество таких ТЛ будет равно разности между средней концентрацией ТЛ и количеством обрабатываемых отсеков (включая условные), т.е. $N_{cp} - n_n$. Так как в структуре работы таких ТЛ будут только «светлые» периоды времени обработки судна, то бюджет времени работы таких ТЛ соответственно уменьшится на величину, равную продолжительности периодов обработки судна для этих ТЛ в тёмное время суток, т.е. если $j > n_n$, то

$$T_{n+1} = \dots = T_{j-1} = T_{n+1} - T_{n+1}^m; T_j = T_j - T_j^m.$$

Вследствие этого для обеспечения обработки судна в запланированные сроки возникает необходимость в увеличении концентрации ТЛ на обработке судна на величину, равную

$$\Delta N_{cp} = \frac{\sum T_j^m}{T_{обр}^c}.$$

При этом следует отметить, что в структуре времени работы таких ТЛ также будут только «светлые» периоды времени обработки судна, т.е.

$$T_{n+1}^m = T_{n+2}^m = \dots = T_j^m = 0.$$

После расчёта параметров обработки судна необходимо произвести расстановку ТЛ по грузовым помещениям с определением моментов начала и окончания их работы на каждом отсеке судна. С этой целью составляются план и график обработки судна.

План обработки судна показывает затраты времени каждой i -й ТЛ на каждом j -м отсеке T_{ij} , который оформляется в виде матрицы, в нижней итоговой строке которой указываются трудоёмкости обработки i -х отсеков T_{mpi} , а в крайнем правом столбце – бюджеты времени работы j -х ТЛ T_j . Соответственно ячейки таблицы показывают трудозатраты каждой j -й ТЛ на соответствующем i -м отсеке T_{ij} .

График обработки судна показывает моменты начала и окончания работы ТЛ на каждом отсеке. В случае если каждый отсек обрабатывается по I структуре, ТЛ последовательно за-

крепляются за отсеками согласно плана обработки судна. Если какие-либо отсеки судна обрабатываются по II структуре, продолжительность обработки судна разделяется на периоды светлого и тёмного времени суток и построение ведётся, согласно плана обработки, отдельно для периодов каждого типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Степанец, А.В.** Оптимальное оперативное управление работой морского порта / А.В. Степанец. - Владивосток: ИНТЕРМОР; 1999. -188 с.

2 **Фролов, А.С.** Организация, планирование и технология перегрузочных работ в морских портах / А.С. Фролов, П.В. Кузьмин, А.В. Степанец. -М.,1979. -408 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обработка грузов в порту; планирование

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Антоненко Сергей Олегович, аспирант ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.И. Бик, О.В. Приданова

Приводится способ уменьшения активного давления грунта на существующие причальные набережные с целью увеличения их несущей способности.

Наиболее важными задачами современного этапа эксплуатации причальных сооружений в соответствии с федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России (2010-2015 гг.)» по выполнению подпрограммы «Внутренний водный транспорт» являются: внедрение современных конструкций и методик оценки эксплуатационного состояния сооружений, повышение их надежности и безопасности, а следовательно, и достигаемое вследствие этого снижение риска аварийных ситуаций и эксплуатационных расходов [1].

В портовом гидротехническом строительстве самое широкое применение нашли причальные сооружения в виде тонких стенок с заанкерованными лицевыми элементами, как наиболее экономичные и технологичные конструкции причальных набережных.

Необходимость усиления причальных сооружений при их эксплуатации может быть вызвана рядом причин: увеличением эксплуатационных нагрузок на стенку, потерей проектной несущей способности сооружения, увеличением глубин перед причальной набережной. Очевидно, что метод усиления сооружения должен быть назначен только после всестороннего технического обследования конструкций с выявлением факторов снижающих несущую способность причального сооружения.

Как известно, активное давление грунта на стенку зависит от его плотности, определяемой количеством минеральных частиц, содержащихся в единице объема. Чем больше это количество, тем больше плотность грунта и тем меньше его сжимаемость под действием внешней нагрузки. Поэтому внедрение в грунт недостающего количества минеральных частиц возможно путем применения буроинъекционных методов закрепления грунта, а также использование набивных грунтовых или песчаных свай (песчано-гравийных и щебеночных), технология изготовления которых известна [2].

Для повышения экономической эффективности при выборе варианта усиления следует рассматривать использование местных видов песков, щебня, шлака, имеющих значительно меньшую себестоимость и дающих, за счет этого, существенную экономию.

Также от вида нагнетаемого и укладываемого в скважину материала и применяемой технологии возведения будет зависеть снижение активного давления грунта на стенку [2].

Первый способ – реконструкция существующего причального сооружения путем устройства перед ним несущего сооружения из набивных свай с защитной облицовкой перед ним (рисунок 1).

Рассматривая данный способ, нас интересует вопрос об учете уменьшения давления грунта на существующее сооружение.

Для того чтобы дополнительное давление грунта на существующую стенку не привело к увеличению ее деформаций и не воздействовало на оторочку через грунтовое заполнение между ними предполагается закрепить грунт межстенного пространства набивными сваями.

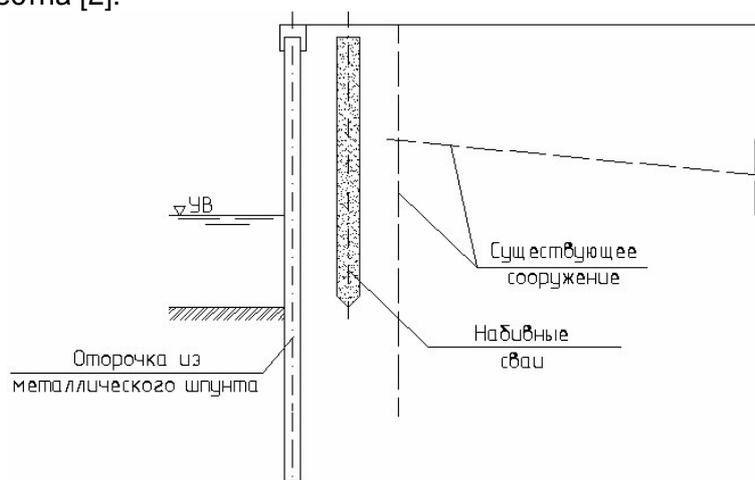


Рисунок 1 – Реконструкция существующего причального сооружения путем устройства перед ним несущего сооружения из набивных свай с защитной облицовкой перед ним

Это поможет перераспределить возникшее давление грунта между оторочкой и существующей лицевой стенкой (и, соответственно, вызываемого им изгибающего момента), действующее на последнюю от увеличения эксплуатационных нагрузок и глубины перед оторочкой.

Принимаем, что грунт, заключенный между лицевой стенкой и оторочкой создает распорное давление непосредственно на лицевую стенку. Остальную же часть суммарного активного давления грунта на сооружение перераспределяют между лицевой стенкой и оторочкой пропорционально их жесткостям.

Предполагается, что сооружение из набивных свай является основной несущей конструкцией реконструируемого причального сооружения и воспринимает основную часть нагрузки от активного давления грунта со стороны территории с учетом эксплуатационной нагрузки на кордоне. Защитная облицовка представляет собой ограждающую конструкцию из металлического шпунта, формирующую вертикальный профиль причала и защищающую набивные сваи от внешних судовых, ледовых и волновых воздействий. Так как в сооружениях такого типа несущая способность и конструктивная целостность элементов существующей лицевой стенки исчерпаны к моменту реконструкции, предлагается в расчете сооружения из набивных свай их не использовать. Сохранившаяся вертикальная лицевая стенка создаст благоприятные условия для производства работ по сооружению из набивных свай, снизит объемы земляных работ и, соответственно стоимость реконструкции [3].

Второй способ – закрепление грунта обратной засыпкой набивными сваями (рисунок 2).

В этом способе необходимо провести расчет продавливания грунта в промежутки между сваями ограждения от бокового давления, рассчитать шаг между сваями и их расположение в плане с учетом развития зон предельного состояния грунта в околосвайном пространстве, определить активное давление грунта на стенку с учетом закрепления грунта обратной засыпкой.

Важнейшим позитивным фактором применения технологии увеличения несущей способности бьеверков с закреплением грунта буроинъекционными методами и набивными сваями является то, что реконструкция причала может осуществляться практически без вывода его из эксплуатации. Выполнение закрепления грунта можно производить с берега с использованием ранее установленных на причале порталных кранов, что позволит обеспечить возможность швартовки судов у причала и их обработку.

Следует отметить, что эффективность и экономичность подхода, основанного на применении буроинъекционных методов и набивных свай, возрастает по мере увеличения длины реконструируемого причального фронта.

Таким образом предложенные способы обеспечивают наиболее экономичное решение при больших вертикальных и/или горизонтальных нагрузках, не имеют динамического воздействия на окружающий грунтовый массив и существующие строения, высокие темпы производства работ – мобильность и компактность оборудования позволяют использовать столько единиц техники, сколько это необходимо из условия сроков строительства. Применение буроинъекционных методов и набивных свай также эффективно в тех случаях, когда невозможно использование забивных, вибрационных или подмывных устройств из-за опасности оползневых явлений, сотрясения или вымыва грунта.

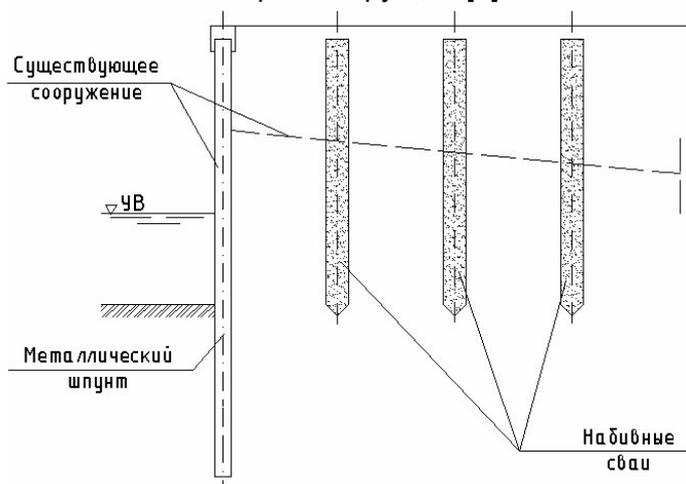


Рисунок 2 – Закрепление грунта обратной засыпкой набивными сваями

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)»
- 2 Проектирование и устройство техногенных геомассивов из песчано-гравийных

и щебеночных свай: П 6-2000 к СНБ 5.01.01-99 / М-во архитектуры и стр-ва Республики Беларусь. -Мн.: Минстройархитектуры, 2002. -36 с.

3 **Елицур, Д.В.** Повышение эффективности использования остаточного ресурса реконструируемых причальных набережных в районах Сибири и Крайнего Севера: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Елицур. -Новосибирск: НГАВТ, 2007. -20 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: причальная набережная, несущая способность, закрепление грунта
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бик Юрий Игоревич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Приданова Оксана Викторовна, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Н.А. Салова

Эффективность вариантов производства подводно-технических работ можно оценивать не только по себестоимости, но и по экономическому эффекту в результате сравнения базисного и внедренного способов.

Основным показателем эффективности подводно-технических работ является себестоимость единицы произведенного объема работ в соответствии с проектом. При разработке проекта всегда рассматривают и сопоставляют два или несколько вариантов производства. Предпочтение должно отдаваться наиболее эффективному варианту, который обеспечивает при заданном качестве и долговечности сооружения его минимальную стоимость и сокращение сроков строительства.

При этом строительные организации должны учитывать и возможности подрядных подразделений, осуществляющих строительство сооружений, их оснащенность, энерго- и механизированность, достигнутый уровень выработки и другие факторы.

Как известно, себестоимость единицы произведенной продукции состоит из суммы фактических затрат (трудовых, материальных, энергетических и др.), вложенных на всех этапах производственного процесса.

Предполагаемая стоимость объекта или его части определяется затратами комплекса общественно необходимого труда для строительства. При определении стоимости строительства учитывают затраты труда на всех этапах производства подводно-технических работ.

Денежным выражением стоимости является сумма цен отдельных ее составляющих, отражающих действительно общественно необходимые затраты труда.

Цена строительной продукции в виде всего объекта или отдельной самостоятельной его части определяется сметой, составляемой проектной организацией на основе сметных норм затрат труда, материальных, транспортных, энергетических, механических и других ресурсов, оплаты труда рабочих и т.д., приведенных к единице конструктивных элементов и видов работ или объекта в целом.

Стоимость сметно-финансовых расчетов (СМР) состоит из прямых затрат (суммы стоимостей материалов, конструкций, деталей, основной заработной платы рабочих, эксплуатации строительных машин и механизмов и заработной платы обслуживающего персонала), накладных расходов, учитывающих общие условия строительства, его организацию и управление, плановых накоплений, определяющих нормативную прибыль строительной организации.

Итак, составляющими себестоимости единицы объема подводно-строительных работ, являются: стоимость всех единовременных затрат по организации строительной площадки, включающей стоимость подготовки строительной площадки, необходимость организации карьеров, промежуточных складов, подготовки основания сооружения, в том числе разработки траншей для подводных переходов, подъездных дорог, вспомогательных устройств, освещения и т.д. C_1

$$C_1 = \sum Z_{орз} / M_{птр} ,$$

где $\sum Z_{орз}$ – сумма всех единовременных затрат, руб.;

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

$M_{птр}$ – общий объем подводно-технических работ в м³ (или в других общепринятых единицах).

Эксплуатационные расходы на объемы произведенной в году продукции C_2

$$C_2 = \sum P_{э.э} / M_{птр.год},$$

где $\sum P_{э.э}$ – сумма эксплуатационных расходов в год по содержанию и ремонту подъездных дорог и других сооружений вместе с накладными расходами, руб.;

$M_{птр.год}$ – годовой объем подводно-технических работ, м³ (или в других общепринятых единицах).

Сумма стоимостей машино-смен всех машин и механизмов ($\sum C_{м.-см.i}$) на данных работах, отнесенная к сменной производительности C_3

$$C_3 = \sum C_{м.-см.i} / (\sum \Pi_i \times t_{см.i}),$$

где $\sum \Pi_i$ – суммарная эксплуатационная производительность машин и механизмов;

$t_{см.i}$ – продолжительность смены i -й машины.

Таким образом, себестоимость единицы продукции C будет определяться суммой ее составляющих

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

При выборе оптимального решения организационной деятельности на подводно-технических работах с помощью только одной удельной стоимости продукции может оказаться недостаточно, так как при этом совершенно не учитываются капитальные затраты на оборудование, инвентарь, устройство вспомогательных сооружений и т.д.

Оценить эффективность рассматриваемых вариантов ведения работ, машин, механизмов, автоматизации технологических процессов и т.д. можно по экономическому эффекту в результате сравнения базисного и внедренного способов. Экономический эффект в этом случае в руб. [1]

$$\Theta = [(C_b - C_e) + E_n (Z_b - Z_e)] M_{птр},$$

где C_b, C_e – себестоимость единицы работ соответственно при базисном и внедренном способах производства работ, руб./м³;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капвложений при разных способах производства работ ($E_n = 0,12$);

Z_b, Z_e – удельная стоимость инвентаря, инструмента, машин и оборудования при базисном и внедряемом вариантах, руб./м³;

$M_{птр}$ – объем подводно-технических работ в м³ (или в других общепринятых единицах).

Ниже, в качестве примера, приводится расчет экономической эффективности буровзрывных работ в Скалинском каменном карьере Новосибирской области. В качестве внедряемой технологии рассматривается использование неводостойких взрывчатых веществ (ВВ), размещаемых в специальных скважинных зарядах [2, 3]. Калькуляция стоимости различных технологий представлены в таблицах 1 и 2 [4].

Таблица 1 – Расчет стоимости буровзрывных работ на Скалинском каменном карьере объемом 100000 м³ (по ценам декабрь 2005 г.)

Наименование	Значение
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	
Наименование и крепость грунтов по СНиП	граниты группы крепости 9
Обводненность, %	50
Объем горных работ, м ³	20000
Высота уступа, м	12
Наименование механизмов	буровой станок 4 СБШ-200
Объем типовой серии, м ³ , не менее	20000
Количество массовых взрывов, шт	1
Расстояние от завода ВМ до места производства работ, км	400
Расстояние от склада ВМ до места производства работ, км	240
Диаметр скважин, мм	220
Сетка скважин, м	5,5×5,5

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Продолжение таблицы 1

Наименование	Значение	
Глубина скважин, м	14	
Выход горной массы с 1 пог. м скважины, м ³	25,9	
Объем бурения, пог. м	810	
Количество скважин, шт.	56	
Забойка скважин, пог. м	280,5	
Удельный расход ВВ по проекту, кг/м ³	0,9	
Способ взрывания	с помощью СИНВ	
ВР,0% обводненности, руб./м ³	33,59	–
ВР,100% обводненности, руб./м ³	–	36,77
ИТОГОВЫЕ ДАННЫЕ	Калькуляция 7/01	Калькуляция 7/02
Материальные затраты, руб.	302249 (60,2%)	350152 (63,7%)
Оплата труда основных рабочих, руб.	21863	21863
Эксплуатация строительных машин и механизмов (без затрат на ГСМ), руб., в том числе	58976 (11,7%)	58976 (10,7%)
– заработная плата, руб.	9703	9703
Прочие прямые затраты, руб., в том числе	119121	119121
– заработная плата, руб.	3143	3143
Всего прямых затрат, руб., в том числе	502209	502209
– заработная плата, руб.	34708 (6,9%)	34708 (6,3%)
Накладные расходы, руб.	86882 (17,3%)	95169 (17,3%)
Прочие накладные затраты, руб.	4702	4702
Командировочные расходы рабочих, руб.	3953	3953
Страховой тариф отрасли, руб.	750 (1,8%)	750 (1,8%)
Дорожный налог, руб.	6823 (1,0%)	7469 (1,0%)
Плановые накопления от СМР, руб.	71255 (12,0%)	77998 (12,0)
Непредвиденные работы и затраты, руб.	0	0
Всего затрат, руб.	671872 (133,8%)	671872 (133,8%)
Цена 1 м ³ (без затрат на ГСМ и электрической энергии по буровому комплексу), руб.	33,59	36,77

Таблица 2 – Расчет стоимости дробления негабаритных кусков породы шпуровыми зарядами на Скалинском каменном карьере (по ценам декабрь 2005 г.)

Наименование	Значение	
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Нормативный выход негабарита (проект), %	8,0	
Общий выход негабарита (проект), м ³	8000	
Длина ребра негабарита (проект), м	0,7	
Удельный расход ВВ (ОПНР-90, т 012), кг/м ³	0,4	
Способ взрывания	электрический	
Общее количество кусков	40000	
Буровое оборудование	перфоратор ПП-36; компрессор ПР-12	
Расход бурения (Спр. БВР, т. III 23), м/м ³	1,25	
Объем бурения, м	10000	
Потребность для обузив. негабарита, машино-ч	2050 (256,3 смены)	
ИТОГОВЫЕ ДАННЫЕ		
Материальные затраты, руб.	171717	
Оплата труда основных рабочих, руб.	109618	
Эксплуатация строительных машин и механизмов (без затрат на ГСМ), руб., в том числе	39463	
– заработная плата, руб.	7688	
Прочие прямые затраты, руб., в том числе	10256	
– заработная плата, руб.	3418	
Всего прямых затрат, руб., в том числе	331054	
– заработная плата, руб.	120723	
Накладные расходы от ФОТ, руб.	150904 (125%)	
Прочие накладные затраты, руб.	2608	
Командировочные расходы рабочих, руб.	0	
Страховой тариф отрасли, руб.	2608 (1,8%)	

Продолжение таблицы 2

Наименование	Значение
Дорожный налог, руб.	5568 (1,0%)
Плановые накопления от СМР, руб.	58148 (12,0%)
Непредвиденные работы и затраты, руб.	0
Всего затрат, руб.	548281
Цена 1 м ³ (без НДС), руб.	68,54

Итак, по Скалинскому карьере имеем: объем взрываеваемого массива $M_{нтр} = 20000 \text{ м}^3$; себестоимость применения неводостойких ВВ (внедряемый вариант) $C_6 = 33,59 \text{ руб./м}^3$; себестоимость применения водостойких ВВ (базисный вариант) $C_6 = 36,77 \text{ руб./м}^3$.

В примере рассматривается упрощенный вариант (удельная стоимость инвентаря, инструмента, машин и оборудования при обоих вариантах одинаковы, т.е. $З_6 = З_6$), поэтому экономический эффект для Скалинского карьера составляет

$$\mathcal{E} = (36,77 - 33,59) \cdot 20\,000 = 63\,600 \text{ руб.}$$

Кроме того, внедряемая технология оптимизации технологических параметров буровзрывной сетки позволила уменьшить выход негабарита на 2%, что позволяет дополнительно экономить только по Скалинскому каменному карьере

$$\mathcal{E}_{нег} = 68 (0,02 \cdot 20\,000) = 27\,200 \text{ руб.}$$

здесь 68 руб/м³ – себестоимость разрушения негабарита (см. таблицу 2). Полный экономический эффект по одному массовому взрыву составит

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_{нег} = 63\,600 + 27\,200 = 90\,800 \text{ руб.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Салов, А.Н.** Подводно-технические работы на речном транспорте / А.Н. Салов, В.С. Перехвальский, М.А. Угланов // учебник для ВУЗов. -М., Транспорт, 1986. -255 с.

2 **Патент №2224975.** Скважинный заряд / И.В. Клишин (РФ) // Открытия. Изобретения, - 2004, -№6.

3 **Патент №2325262.** Скважинный заряд / И.В. Клишин, А.Н. Салов (РФ) // Открытия. Изобретения, -2008, -№2.

4 **Клишин, И.В.** Добыча нерудных строительных материалов в обводненных условиях горных карьеров. Научный доклад на соискание ученой степени доктора Российской Академии Естественных Наук. -Новосибирск, Новосиб. госуд. акад. водн. трансп., 2004. -46 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: буровзрывные работы, обоснование экономической эффективности

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Салова Нелли Анваровна, ассистент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ИНЖЕНЕРНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ГРЕЙФЕРНО-БУНКЕРНЫМИ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯМИ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Н.С. Отделкин, Е.И. Адамов

Рассмотрены технические средства борьбы с пылью, снижающие потери и отрицательное воздействие пыли на окружающую среду, при перегрузке сыпучих грузов грейферно-бункерными перегружателями.

Большую часть объема (80-83%) перевозимых водным транспортом грузов составляют сыпучие грузы, которые перевозят и хранят без упаковки, то есть навалом.

Фракционный состав ряда сыпучих грузов включает в себя частицы размером от 0,05 до 0,5 мм (апатит, нефелиновый концентрат и т.д.). Грузы с таким фракционным составом выделяют в особую группу, так как их перегрузка сопровождается интенсивным пылеобразованием. В дальнейшем такие сыпучие грузы будем называть пылящими.

В настоящее время в морских и речных портах перегрузка навалочных грузов в основном осуществляется грейферными кранами и перегружателями, число которых составляет

около 45% от общего числа перегрузочного оборудования портов [1].

В связи с этим борьба с пылью при перегрузке навалочных грузов грейферными кранами и перегружателями является одной из важнейших задач в решении общей проблемы охраны окружающей среды.

Особенно сильное пыление происходит при высыпании груза из грейфера. Это обусловлено кинетической энергией падающего груза, которая при его ударе о преграду (пол вагона или трюм судна, слой груза) тратится главным образом на уменьшение пористости разжиженного воздухом груза и на создание потоков воздуха, разносящих пыль.

Для снижения запыленности воздуха в зоне разгрузки грейфера с пылящими грузами применяют различные бункерные устройства. Их существенным недостатком, является вытеснение запыленного воздуха из бункерного пространства поступающим туда пылящим материалом при разгрузке грейфера.

Для устранения указанного недостатка бункеры снабжают аспирационными системами, которые создают в бункерном пространстве разрежение путем отсоса запыленного воздуха. Затем этот воздух очищается от пыли в циклонах и матерчатых фильтрах, после чего выбрасывается в атмосферу. Объем аспирируемого воздуха при загрузке бункеров грейфером составляет 500-1500 м³/ч [2].

На рисунке 1 представлена конструкция бункера с аспирационной установкой. Такими бункерами снабжены отечественные грейферно-бункерные перегружатели ГБП-15 и ГБП-16, которые применяются на перегрузке апатитового концентрата [3]. Однако опыт эксплуатации этих ГБП позволил выявить недостатки в их конструкции. Как показали натурные замеры, в момент разгрузки грейфера в камере существует максимальная запыленность, которая на уровне горизонтальных створок, расположенных в верхней части камеры, достигает до 1750 мг/м³, что более чем в двадцать два раза выше предельно-допустимого выброса (ПДВ), величина которого для апатита составляет 80 мг/м³ [4]. Так же, присутствие грейфера в аспирационной камере с максимальными значениями запыленности приводит к тому, что на его металлоконструкции оседает значительное количество апатитовой пыли, которая при переносе порожнего грейфера сдувается и разносится ветром.

Кроме этого из-за выдержки порожнего грейфера в аспирационной камере в течение 30-60 с для отсоса из неё пыли имеет место снижение производительности ГБП.

Исключить указанные недостатки при работе отечественных грейферно-бункерных перегружателей позволит специальный бункер с изменяющейся вместимостью.

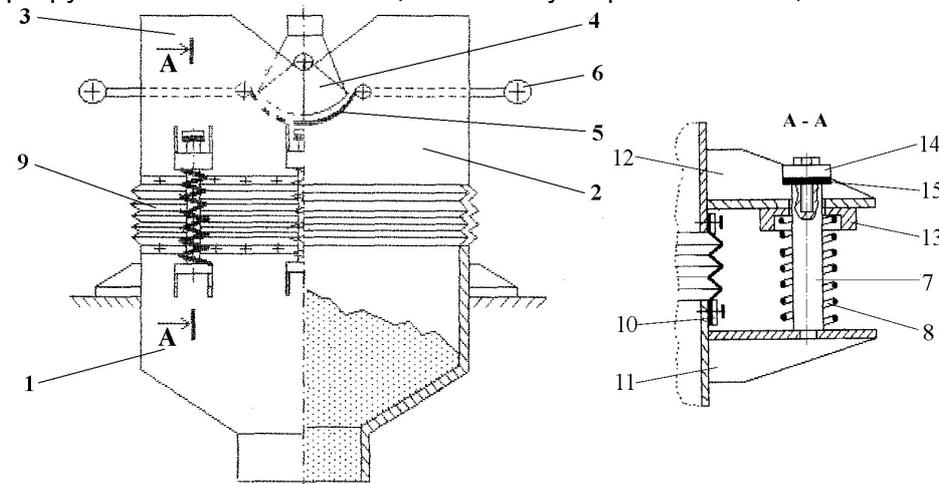


Рисунок 2 – Конструкция бункера с изменяющейся вместимостью

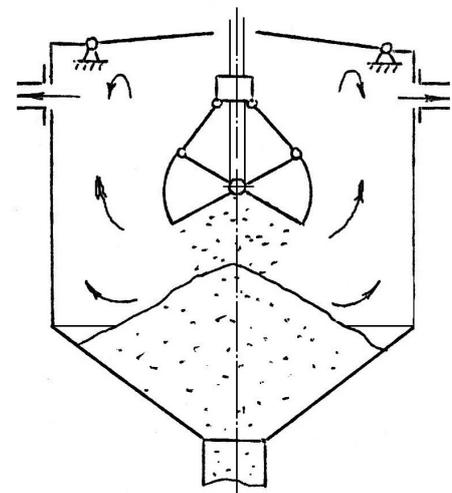


Рисунок 1 – Конструкция бункера с аспирационной системой (вертикальные створки не показаны)

Для применения специального бункера в ГБП из его конструкции необходимо убрать шлюзовую камеру с приводными вертикальными и горизонтальными створками, подпружиненные жалюзи (створки), расположенные в верхней части конусного бункера, аспирационную систему, включая приводы, циклоны и фильтры.

Для упрощения конструкции существующих бункерных устройств с аспирационными системами рассмот-

ренного выше, разработан бункер с изменяющейся вместимостью (рисунок 2).

Конструкция устройства состоит из нижней приемной части 1 и верхней части 2 с опорными стойками 3 для герметичного грейфера 4 и двумя створками 5, уравновешенными противовесами 6. Нижняя приемная часть 1 бункера неподвижна и снабжена вертикальными направляющими 7 с упругими элементами (пружинами) 8. Расстояние между нижней приемной 1 и верхней 2 частями устройства закрыто гибким гофрированным рукавом 9, который крепится металлическими накладками 10. Направляющие 7 жестко крепятся к упорам 11, которыми снабжена приемная часть 1. Цапфы 12, закрепленные к верхней части 2, имеют соосные отверстия для направляющих 7. Верхняя часть 2 одевается на направляющие 7 цапфами 12 через упругие элементы 8, которые воспринимают вес верхней приемной части 2 и грейфера 4. Упругий элемент 8 опирается на цапфу 12 через стакан 13. Крайнее верхнее положение верхней приемной части 2 ограничивается упором 14 с резиновым амортизатором 15.

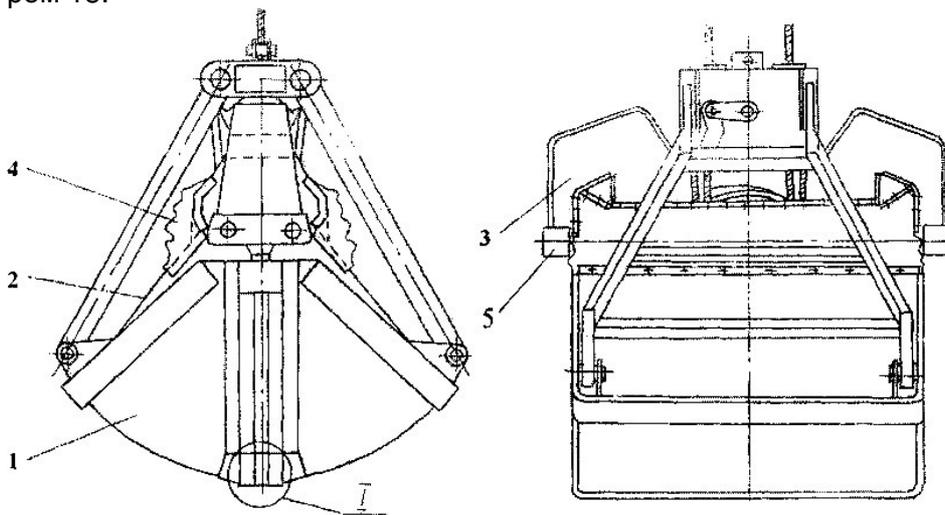


Рисунок 3 – Конструкция герметичного грейфера, стыкующегося с бункером

Конструкция герметичного грейфера (рисунок 3), стыкующегося с бункером, имеет следующие конструктивные особенности. Челюсти 1 грейфера для исключения пыления при переносе его с грузом выполнены закрытыми, то есть верхняя часть челюстей перекрыта стальными листами 2. Неплотности между листами 2 и нижней траверсой 3 закрыты брезентовыми шторками 4, кото-

рые при открытии челюстей собираются в «гармошку». Коробка нижней траверсы 3 грейфера имеет две опорные цапфы 5, на которых повисает грейфер при стыковке с бункером. Раскрытие грейфера осуществляется при неподвижной нижней траверсе 3, что возможно при определенном соотношении скоростей поддерживающего и замыкающего канатов грейфера.

Устройство работает следующим образом. При посадке грейфера 4 на опорные стойки 3, верхняя приемная часть 2 вместе с грейфером сжимая упругие элементы 8, уменьшает вместимость бункера. При этом из бункера происходит вытеснение воздуха, но без пыли, которая успевает осесть внутри бункера после предыдущей разгрузки грейфера. В процессе разгрузки грейфера его масса уменьшается, за счет чего упругие элементы 8 поднимают верхнюю часть 2. Это приводит к увеличению вместимости бункера пропорционально объему поступающего в него материала. И созданию в нем отрицательного давления, что исключает вытеснение запыленного воздуха. После разгрузки грейфера и удаления его с опорных стоек 3 вместимость бункера принимает максимальное значение, что в еще большей степени гарантирует не вытеснение запыленного воздуха.

Исследования эффективности пылеподавления бункера с изменяющейся вместимостью показали, что его применение позволяет снизить запыленность воздуха над бункером в 25...30 раз, то есть до значений ниже ПДК [3], также к преимуществам можно отнести: увеличение производительности ГБП; снижение его энергопотребления.

Конструкция специального бункера с изменяющейся вместимостью защищена патентом РФ №74116 (Отделкин Н.С., Отделкин М.С., Адамов Е.И., Сикарев С.Н.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бланк, Ю.И.** Борьба с пылеобразованием в морских портах / Ю.И. Бланк, В.Я. Зильдман, В.А. Чикановский // Мор. трансп.: экспресс-информ. -М., 1984. -Вып.552. -С. 24-29.

2 Вейсенберг, Г.В. Исследование процесса и разработка параметров улавливания пыли диспергированной жидкостью на основе применения добавок химических веществ: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06: защищена 20.01.82: утв. 07.07.82 / Вейсенберг Григорий Викторович. -Караганда, 1982. -168 с.

3 Бобровников, Н.А. Охрана воздушной среды от пыли на предприятиях строительной индустрии / Н.А. Бобровников. -М.: Стройиздат, 1981. -98 с.

4 Сборник предельно-допустимых концентраций атмосферных загрязнений / под ред. В.А. Рязанова. -М.: Медгиз, 1975. -282 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *навалочные грузы; грейфер; борьба с пылью; бункерные устройства*
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Отделкин Николай Станиславович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «ВГАВТ»*
Адамов Евгений Иванович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ БУСТЕРНОГО ГРУНТОВОГО НАСОСА

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

С.Г. Яковлев

Представлен метод проектирования бустерного грунтового насоса, рабочее колесо которого представляет шнек переменного шага. Предлагается использовать регулируемый привод бустерного насоса в зависимости от условий эксплуатации. Приведён расчет частот вращения бустерного насоса по предлагаемой методике для землесоса производительностью 1000 м³/ч.

В работе [1] исследована возможность установки бустерного грунтового осевого насоса на речном дноуглубительном земснаряде производительностью по грунту 1000 м³/ч. Предлагаемая модернизация позволит увеличить производительность на 50%. При этом рабочее колесо осевого насоса представляет шнек постоянного шага, обеспечивающее стабильные технические показатели в процессе эксплуатации. Разработанный насос на подаче по воде 6100 м³/ч развивает напор 3 м при частоте вращения 350 мин⁻¹. Коэффициент полезного действия (КПД) составляет 63%.

Возможность сохранения напора осевого насоса на требуемой подаче при снижении частоты вращения позволила бы уменьшить износ рабочего колеса при сохранении его экономичности. Известно [2], что с увеличением угла поворота потока в решетке профилей осевого насоса в определенных пределах экономичность насоса повышается. Основным параметром, определяющим КПД шнека, является коэффициент диаметра шнека $K_{Dш}$. При значениях $K_{Dш} = 4,0-4,5$ экономичность шнековых насосов может достигать 0,8 [2]. Выражение для определения коэффициент диаметра шнека имеет вид [2]

$$K_{Dш} = \frac{D_{ш} \sqrt{1 - \bar{d}_{em}^2}}{\sqrt[3]{\frac{Q}{\omega} \frac{2\pi}{60}}} = \frac{0,9 \sqrt{1 - (0,4)^2}}{\sqrt[3]{\frac{7200}{29,3} \frac{2\pi}{60}}} = 4,28, \quad (1)$$

где $D_{ш}$ – диаметр шнека, м;

\bar{d}_{em} – втулочное отношение;

Q – подача насоса, м³/ч;

ω – угловая скорость, с⁻¹.

Кроме $K_{Dш}$ на КПД шнека оказывает влияние густота решетки τ колеса и угол $\Delta\beta$ изогнутости лопасти. С увеличением $\Delta\beta$ увеличивается напор насоса и в то же время снижается КПД. Учитывая, что экономичность насоса является определяющим фактором, принимаем угол изогнутости лопасти на среднем диаметре $\Delta\beta = 15^\circ$ [2].

Профиль лопасти при выбранном $\Delta\beta_{op}$ может быть различным [3]. Предлагается участок от входной кромки лопасти до линии О-О (рисунок 1) выполнить в виде шнека постоянного шага (прямые линии на развертке цилиндрических сечений).

Исследования [1] осевого насоса, рабочее колесо которого представляет шнек постоянного шага, показали, что оптимальным углом установки лопасти на среднем диаметре явля-

ется $\beta_{n,cp} = 30^\circ$. В этом случае обеспечивается оптимальный угол атаки на среднем диаметре, а значит, и минимальные гидравлические потери при обтекании потоком входных кромок. Оставшуюся часть лопасти до выходной кромки целесообразно выполнить по дуге окружности, обеспечивающей выбранный угол изогнутости $\Delta\beta_{cp} = 15^\circ$. Радиус дуги окружности на участке a (рисунок 1) определяется по выражению

$$R = \frac{a}{\cos \beta_{n1} - \cos \beta_{n2}}, \quad (2)$$

где β_{n1}, β_{n2} – соответственно угол установки лопасти на входе и на выходе на данном диаметре, град.

После построения развертки лопасти на среднем диаметре вычерчиваются развертки цилиндрических сечений рабочего колеса на наружном диаметре и на диаметре втулки. При этом углы установки лопастей на входе на рассматриваемых диаметрах определены исследованиями [1]. Углы установки лопастей на выходе из рабочего колеса находятся из условия, что шнек является осевым колесом, у которого вдоль радиуса выполняется соотношение

$$r \cdot \operatorname{tg} \beta_n = \text{Const.}$$

Осевая длина рабочего колеса (рисунок 2) определяется требуемой густотой решеток профилей. В диффузорных решетках профилей рабочего колеса осевого насоса возможен отрыв потока от поверхностей профилей, что приводит к резкому возрастанию сопротивления. Проверка безотрывности течения выполнена по методу Хоуэлла [4]. Этот метод позволяет по углу выхода потока из рабочего колеса и углу поворота потока определить минимально допустимую густоту решетки, при которой еще обеспечивается безотрывность течения. Геометрические параметры цилиндрических сечений проектируемого рабочего колеса представлены в таблице 1.

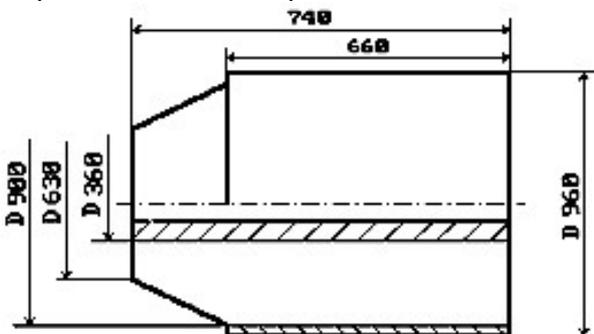


Рисунок 2 – Основные размеры осевого рабочего колеса

Зависимость для расчета шнековых насосов [2], применимая для следующего диапазона изменения параметров $4 \leq K_{Dш} \leq 10$; $0^\circ \leq \Delta\beta_{cp} \leq 46,5^\circ$; $2 \leq \tau_{cp} \leq 4,7$, позволила определить максимальное значение КПД разрабатываемого насоса равное 80%.

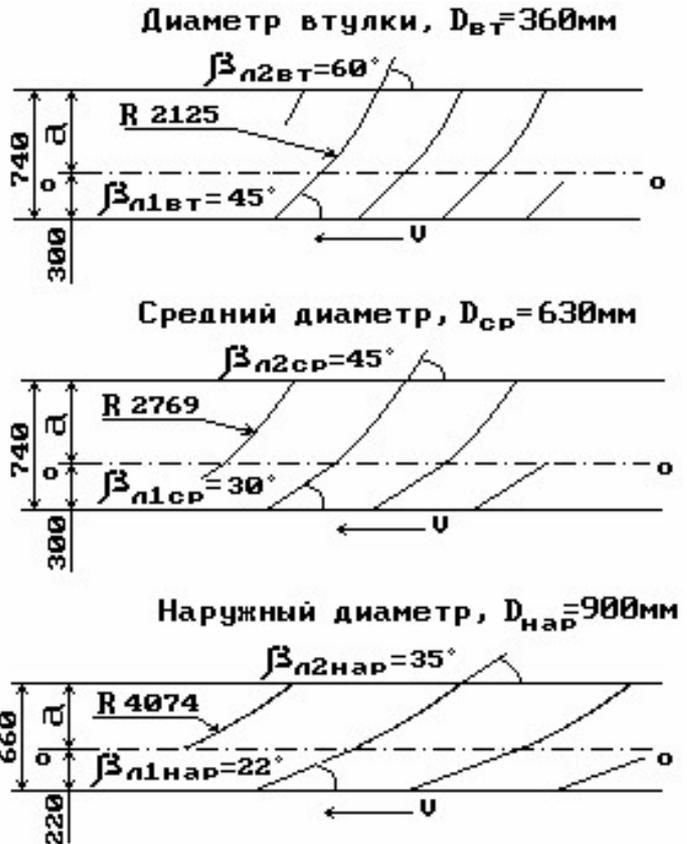


Рисунок 1 – Развертки цилиндрических сечений рабочего колеса на различных диаметрах

Действительный напор, шнекового насоса определяется по формуле [3]

$$H_{ш} = An^2 - BnQ - KQ^2, \text{ м}, \quad (3)$$

где A, B, K – коэффициенты, выражения для вычисления которых приведены в [3];

n – частота вращения, мин^{-1} ;

Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$.

При расчете напора использовался метод замены решетки криволинейных профилей эквивалентной решеткой прямолинейных профилей [3]. Формула (3) справедлива для шнеков с шагом лопастей $z \leq 3$; $1,5 \leq \tau \leq 3$; $0,25 \leq \bar{d}_{em} \leq 0,5$; $0^\circ \leq \Delta\beta_{cp} \leq 15^\circ$.

По результатам выполненных исследований и расчетов можно сделать вывод: на требуемой подаче 7200 м³/ч осевой насос с рабочим колесом, имеющим слабоизогнутые профили, обеспечит напор 2,8 м при более высоком КПД 80% и значительно меньшей частоте вращения 280 мин⁻¹.

Таблица 1 – Геометрические параметры разверток цилиндрических сечений

Диаметр цилиндрического сечения, м	Угол изогнутости профиля Δβ, град.	Радиус дуги R, мм	Густота решетки, τ
0,90	13	4074	1,58
0,63	15	2769	2,03
0,36	15	2125	2,65

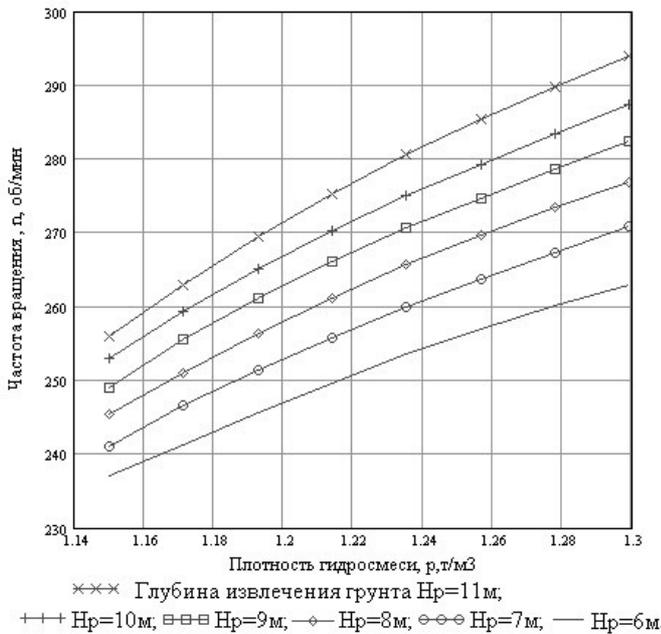


Рисунок 3 – Зависимость частоты вращения бустерного насоса от условий эксплуатации

Расчет частот вращения бустерного осевого грунтового для глубин извлечения грунта Н_р = 6-11 м, плотности гидросмеси с = 1,1-1,3 т/м³ позволил получить зависимости n'_{б.н.} = f(c) (рисунок 3).

Можно показать, что при работе с переменной частотой вращения бустерного насоса отсутствуют ограничения по всасыванию в реально достижимом диапазоне плотностей и глубинах извлечения грунта Н_р = 6-11 м (рисунок 4).

Производительность по грунту определяется выражением [5]

$$Q_{gp} = 0,93Q_1Q_s \left(\frac{c}{c_s} - 1 \right) = 0,93Q \left(\frac{c}{c_s} - 1 \right), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где Q₁ – относительная подача,

$$Q_1 = Q/Q_s;$$

Q – подача на смеси, м³/с;

Величина подпора, создаваемого бустерным насосом, определяется напорной характеристикой бустерного насоса при постоянной частоте вращения. Однако минимально необходимый подпор для обеспечения бескавитационной работы основного насоса значительно отличается от энергетических возможностей бустерного: при уменьшении плотности перекачиваемой водогрунтовой смеси требуемый подпор меньше, а при увеличении плотности – больше, чем обеспечивается характеристикой бустерного насоса при постоянной частоте вращения. Таким образом, регулирование частоты вращения бустерного грунтового насоса в зависимости от условий его эксплуатации (плотность смеси, глубина извлечения грунта) позволит максимально сблизить всасывающую и гидротранспортирующую способности грунтонасосной установки, регулировать мощность осевого насоса, повысить долговечность его рабочих органов.

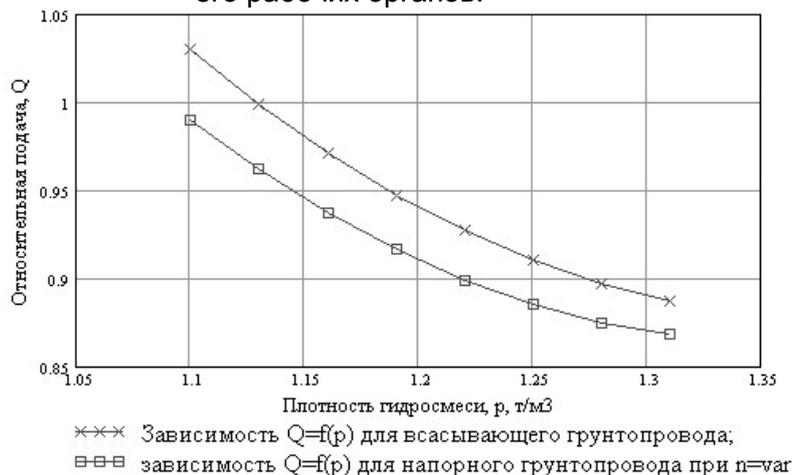


Рисунок 4 – Зависимости относительной подачи в напорном трубопроводе и относительной подачи во всасывающем трубопроводе от плотности гидросмеси

Q_g – подача на воде, м³/с;
 c_g – плотность воды, кг/м³.

Расчёт по приведённому выше уравнению иллюстрируется графиком рисунок 5.

Из рисунка 5 видно, что производительность по грунту существенно увеличивается при использовании регулируемого привода. При этом ограничивающими факторами могут являться мощность главного двигателя или дизель-генераторов. В данном случае при полном использовании мощности главного двигателя 6ЧРН36/45 ограничивающим для увеличения производительности фактором будет резерв мощности судовой электростанции.

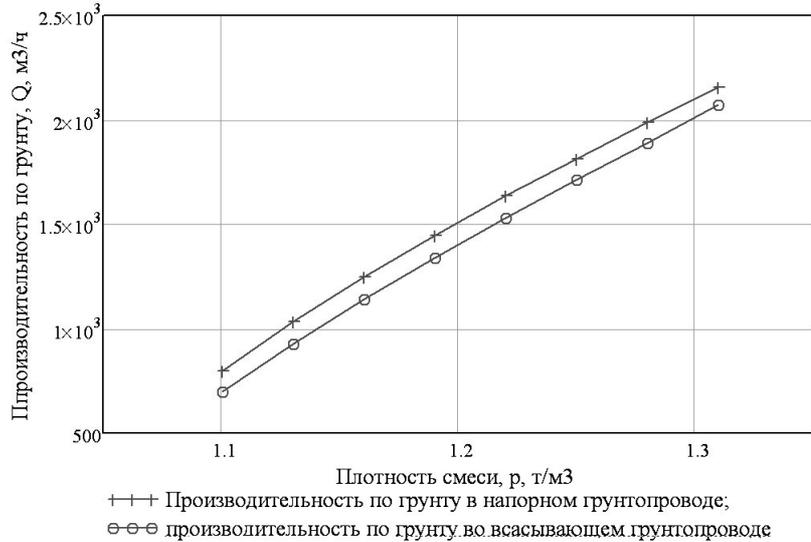


Рисунок 5 – Зависимости производительности по грунту от плотности смеси

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лукин, Н.В. Результаты испытаний модели грунтового осевого насоса / Н.В. Лукин, Н.Н. Арефьев, С.Г. Яковлев // Труды: Горьков. ин-т инженеров вод. трансп. -Горький, 1988. - Вып.231. -С. 3-11.
 - 2 Высокооборотные лопаточные насосы / под ред. Б.В. Овсянникова, В.Ф. Боровского. -М.: Машиностроение, 1975. -336 с.
 - 3 Чебаевский, В.Ф. Кавитационные характеристики высокооборотных шнекоцентробежных насосов / В.Ф. Чебаевский, В.И. Петров; под ред. С.Д. Гришина. -М.: Машиностроение, 1973. -151 с.
 - 4 Ломакин, А.А. Центробежные и осевые насосы / А.А. Ломакин. -2-е изд. -М.: Машиностроение, 1966. -356 с.
 - 5 Лукин, Н.В. Суда технического флота: учеб. пособие для вузов / Н.В. Лукин, С.Н. Разживин, А.С. Стариков. -М.: Транспорт, 1992. -335 с.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бустерный грунтовой насос; регулирование параметров
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Яковлев Сергей Герасимович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

РАСЧЁТ УСИЛИЙ В СВЯЗЯХ ДВУХОПОРНОГО ГРУНТОПРОВОДА ДЛЯ ЗЕМЛЕСОСА ПРОЕКТ 1-517-03

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

А.Е. Грундуль

Приведена методика и результаты расчета усилий в связях двухпорного грунтотвода для землесоса проекта 1-517-03. Предложен вариант двухпорного грунтотвода для дальнейших расчетов.

В настоящее время основу дноуглубительного флота ФГУ «Волжское ГБУВП и С» составляют высокопроизводительные землесосные снаряды проекта 1-517-03. Благодаря высокой производительности они обеспечивают сравнительно низкую себестоимость извлечения и транспортирования грунта кубометра грунта. Традиционно они используются с гибким плавучим грунтотводом длиной 500-600 м.

Однако при углублении Волго-Каспийского канала, ширина которого составляет в настоящее время 100 м, требуется укладка грунта на мелководе. Длина грунтотвода может

быть уменьшена в 5-6 раз, что позволит существенно снизить расход топлива и смазочных материалов на единицу извлекаемого и транспортируемого грунта.

Весьма серьёзным препятствием для работы землесоса проекта 1-517-03 с традиционным гибким плавучим грунтопроводом в этих условиях является ветро-волновой режим. Многолетняя практика показывает, что при высоте волны 0,5 м и выше разрываются шаровые соединения и связи между понтонами [4].

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что в этих условиях могут использоваться самоотвозные земснаряды или землесосы с подвесными грунтопроводами. Однако первые имеют низкие технико-экономические показатели процесса дноуглубления, а вторые – ограниченную дальность отвода грунта [1-3].

Поэтому специалистами «Волгоградский РВП» и ФГУ «Волжское ГБУВП и С» была поставлена задача разработать новые средства отвода грунта для указанных выше условий, способные не только функционировать в условиях ветрового волнения, но и обеспечивать работу землесоса с более высокой производительностью по грунту и повышенным коэффициентом использования рабочего времени. При этом дальность отвода грунта должна быть не менее 100 м, а осадка нового грунтопровода не более осадки существующего.

По сравнению с гибкими плавучими грунтопроводами подвесные имеют в 2-3 раза меньшее гидравлическое сопротивление при отводе смеси на одинаковое расстояние от ДП судна. Это позволяет повысить производительность землесоса по грунту, снизить потери времени на пропуск проходящих мимо судов, исключить операции по перекладке якорей концевой понтона, транспортировать грунт на сушу без установки без установки берегового грунтопровода, вести дноуглубление в условиях ветра и волнения [2].

К недостаткам подвесных грунтопроводов следует отнести возвращение 15-20% объёма извлечённого грунта обратно на разрабатываемую прорезь.

Подвесные грунтопроводы расположенные непосредственно на корпусе землесоса и на отдельном понтоне имеют существенный недостаток: с увеличением их длины возрастают габариты и ухудшается остойчивость землесоса и понтона, поэтому была обоснована конструкция так называемого двухопорного грунтопровода.

В указанной конструкции подвесной грунтопровод располагается внутри фермы, которая одним концом через шарнир подвешивается на корпус землесоса. Вторая шарнирная опора, находящаяся на расстоянии примерно 2/3 длины трубы, располагается на понтоне. Для того, чтобы волны любого направления оказывали на понтон одинаковые воздействия, и с целью уменьшения сопротивления движению землесоса при буксировке, понтон целесообразно выполнять в виде вертикального кругового.

Осадку понтона принимают равной осадке плавучего грунтопровода, что позволяет использовать грунтопровод на мелководных участках. На конце грунтопровода может быть установлен конический насадок, увеличивающий дальность выброса пульпы на 20-25 м либо установка для сгущения гидросмеси. При этом появляется возможность выбрасывать грунт на сухие свалки, через отмели и т.д.

Конический насадок может быть выполнен поворотным и использоваться не только для увеличения дальности выброса смеси, но и для быстрого перевода подвесного грунтопровода с одного борта на другой и в положение по-ходному. Перевод осуществляется за счёт реакции вытекающей струи воды, для чего конический насадок должен иметь возможность поворачиваться из основного вертикального положения на угол $\pm 90^\circ$.

Расчётная схема двухопорного грунтопровода приведена на рисунке 1. А-точка подвески грунтопровода к корпусу земснаряда; Б-точка подвески грунтопровода к понтону; С-выкидной патрубок грунтопровода.

При расчёте усилий в связях грунтопровода рассматривались две схемы его изготовления: рисунок 2а – поперечное сечение грунтопровода включает грунтовую трубу 1 и силовую

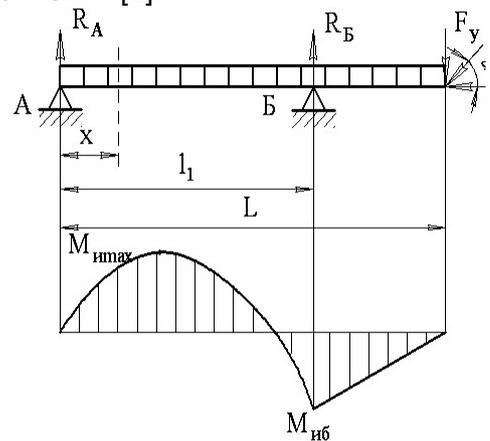


Рисунок 1 – Расчётная схема двухопорного грунтопровода: $M_{иб}$ -изгибающий момент в точке подвески к понтону; $M_{иmax}$ -максимальный изгибающий момент в пролёте между точками подвески грунтопровода к корпусу земснаряда и к понтону

трубу 2, соединённые друг с другом в виде плоской фермы; рисунок 2б – поперечное сечение грунтопровода включает грунтовую трубу 1 и две силовые трубы 2, соединённые друг с другом в виде объёмной фермы.

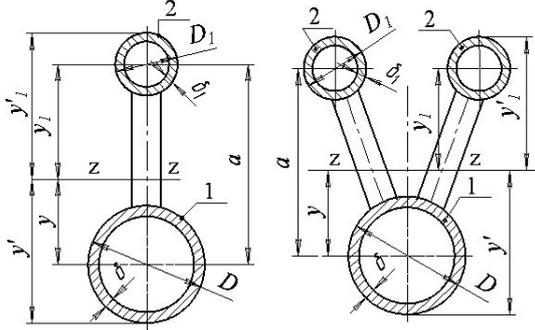


Рисунок 2 – Поперечное сечение грунтопровода

Расчёт грунтопровода. Распределённая нагрузка от веса грунтовой трубы, кг/п.м

$$q_{mp} = \frac{\pi}{4} [D^2 - (D - 2\delta)^2] \rho_{mp}, \quad (1)$$

где D – наружный диаметр грунтовой трубы, равный $D = 0,92$ м;

δ – толщина стенки грунтовой трубы, принимаем $\delta = 0,009$ м;

ρ_{mp} – плотность материала трубы, принимаем

$$\rho_{mp} = 7854 \text{ кг/м}^3.$$

Распределённая нагрузка от водогрунтовой смеси (пульпы) в грунтопроводе, кг/п.м

$$q_n = \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2 \rho_n, \quad (2)$$

где ρ_n – плотность водогрунтовой смеси, равная $\rho_n = 1200$ кг/м³.

Погонный вес силовой трубы, кг/п.м

$$q_{mp1} = \frac{\pi}{4} [D_1^2 - (D_1 - 2\delta_1)^2] \rho_{mp}, \quad (3)$$

где D_1 – наружный диаметр силовой трубы, м;

δ_1 – толщина стенки силовой трубы, м.

Погонный вес подвешенного грунтопровода в рабочем состоянии, кг/п.м

$$q = q_{mp} + q_n + 1,3q_{mp1}, \quad (4)$$

где 1,3 – коэффициент увеличения погонного веса силовой трубы, учитывающий вес соединительных элементов её с грунтовой трубой.

Сила реакции струи, вытекающей из конического насадка, установленного на конце грунтопровода, кг

$$F = \rho_n \frac{4(Q/3600)^2}{\pi g D_n^2}, \quad (5)$$

где Q – объёмный расход водогрунтовой смеси через грунтопровод, принимаем $Q = 16100$ м³/ч;

D_n – диаметр конического насадка на конце грунтопровода, равный $D_n = 0,72$ м.

Горизонтальная и вертикальная составляющая реакции струи, действующая на грунтопровод, кг

$$F_x = F \sin \alpha; F_y = F \cos \alpha, \quad (6)$$

где α – угол установки конического насадка к оси трубы в вертикальной плоскости.

Нагрузка на корпус земснаряда, действующая в вертикальной плоскости, кг

$$R_A = q \frac{L}{2} \left(2 - \frac{L}{l_1} \right) - F_y \left(\frac{L}{l_1} - 1 \right), \quad (7)$$

где L – общая длина грунтопровода, м;

l_1 – расстояние между точками подвеса грунтопровода, м.

Нагрузка на понтон в точке подвеса грунтопровода, кг

$$R_B = qL + F_y - R_A. \quad (8)$$

Изгибающий момент, действующий в точке Б подвеса грунтопровода на понтоне, кг·м

$$M_{uB} = -F_y (L - l_1) - \frac{q}{2} (L - l_1)^2. \quad (9)$$

Максимальное значение изгибающего момента, действующего на двухпорный грунтопровод в пролёте между точками А и Б подвеса, кг·м

$$M_{uA} = \frac{1}{2} \frac{R_A^2}{q}. \quad (10)$$

Расстояние от точки А до точки, где изгибающий момент имеет максимальное значение

$$x = \frac{R_A}{q} \quad (11)$$

Расстояние от точки А до точки, где изгибающий момент $M_{ux} = 0$

$$x = \frac{2R_A}{q} \quad (12)$$

Площадь поперечного сечения грунтовой и силовой трубы, m^2

$$f = \frac{\pi}{4} [D^2 - (D - 2\delta)^2]; f_1 = \frac{\pi}{4} [D_1^2 - (D_1 - 2\delta_1)^2], \quad (13)$$

Расстояние от нейтральной оси z-z (см. рисунок 2б), проходящей через центр тяжести поперечного сечения грунтопровода, до силовой трубы y , и до грунтовой трубы y_1 , м

$$y = \frac{f \cdot a}{f + f_1 \cdot n}; y_1 = \frac{f_1 \cdot a \cdot n}{f + f_1 \cdot n}, \quad (14)$$

где a – расстояние между грунтовой и силовыми трубами в вертикальной плоскости, м;
 n – количество силовых труб в конструкции фермы двухопорного грунтопровода (см. рисунок 2а – $n = 1$; рисунок 2б – $n = 2$).

Момент инерции грунтовой и силовых труб относительно оси x-x, m^4

$$J = \frac{\pi D^3}{8} \delta; J_1 = \frac{\pi D_1^3}{8} \delta_1 \quad (15)$$

Момент инерции грунтовой и силовых труб относительно оси z-z, m^4

$$J_z = J + y^2 f; J_{z1} = J_1 + y_1^2 f_1 \quad (16)$$

m^4 Суммарный момент инерции поперечного сечения грунтопровода относительно оси z-z,

$$J_z = J + n \cdot J_{z1} \quad (17)$$

m Максимальное значение от оси z-z до самой дальней точки грунтовой и силовой трубы,

$$y' = y + (D/2); y'_1 = y_1 + (D_1/2) \quad (18)$$

Максимальное по абсолютной величине значение изгибающего момента, кг·м

$$M_u^{\max} = |M_{u\max}|, \text{ если } |M_{u\max}| \geq M_{uБ}; \quad (19)$$

$$M_u^{\max} = |M_{uБ}|, \text{ если } |M_{u\max}| < M_{uБ}. \quad (20)$$

Из определённых по (20)-(21) выбирается максимальное значение, м

$$y_{\max} = y'_1, \text{ если } y'_1 \geq y'; \quad (21)$$

$$y_{\max} = y', \text{ если } y'_1 < y'. \quad (22)$$

Максимальное напряжение изгиба, $кг/см^2$

$$\sigma_{u\max} = \frac{M_u^{\max} J_{\max}}{J_z} 10^{-4} \quad (23)$$

В результате серии расчётов по приведённой методике для различных длин грунтопровода, наиболее перспективным для дальнейших расчётов был признан следующий вариант двухопорного грунтопровода (см. рисунок 2б):

- Длина грунтопровода 85 м;
- Расстояние между точками подвеса 60 м;
- Длина консольной части грунтопровода 25 м;
- Наружный диаметр грунтовой трубы 630 мм;
- Толщина стенки грунтовой трубы 8 мм;
- Расстояние между силовой и грунтовой трубой 2 м;
- Максимальный изгибающий момент в точке Б подвеса 532 524 кг·м;
- Максимальное напряжение изгиба 1 364 $кг/см^2$.

В данном случае максимальное значение изгибающего момента – в точке подвеса Б. При увеличении консоли грунтопровода значение максимального изгибающего момента в точке Б подвеса возрастает, также возрастает и нагрузка на понтон, что приводит к необходимости увеличения диаметра понтона для сохранения его осадки.

Для снижения нагрузок в точке Б подвеса и увеличения консольной части может быть рекомендована разработка схем вантовой подвески.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Руководство по проектированию рефулерных установок речных землесосов / ЦНИИЭЭВТ.** -М., 1965. -68 с.

2 **Попов, Н.Ф.** Исследование эффективности работы речных землесосов с различными средствами отвода грунта и обоснование оптимальных параметров их грунтонасосных установок: дис. ... канд. техн. наук / Н.Ф. Попов. -Горький: ГИИВТ, 1977. -203 с.

3 **Зиненко, А.А.** Опыт разработки баровых участков рек землесосами и многочерпаковыми земснарядами / А.А. Зиненко // Произв.-техн. сб. МРФ. -1970. -№86.

4 **Башкиров, Г.С.** Задачи гидравлики мелководного штормового моря / Г.С. Башкиров. - М., 1971.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *двухпорный грунтоотвод; расчетная схема*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Грундуль Александр евгеньевич, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»*

ВЛИЯНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ АНТЕННЫ GPS-ПРИЁМНИКА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

ФГОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского»

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

Показано, насколько увеличивается точность определения обсервованных координат GPS-приёмника GP-37, когда отсутствуют препятствия распространению сигналов спутников.

Внедрение в практику новых технических средств судовождения и создаваемых на их основе технологий всегда сопровождалось тщательным исследованием их точности и надёжности. В мае 2000 года прекратил действие режим избирательной доступности (SA), благодаря чему точность судовых GPS-приёмников возросла во много раз. Вследствие этого характер распределения обсервованных координат стал чувствительным к факторам, влияние которых ранее невозможно было оценить из-за действия режима SA. К числу таких факторов относится влияние места расположения антенны судового приёмника спутниковой радионавигационной системы (СРНС) Навстар GPS. Смысл места установки антенны в данной статье следует трактовать шире и не сводить его только к точке крепления антенны на судне. Как показано в работах [1, 2], точность определения координат зависит и от места судна на поверхности Земли.

Рассмотрим задачу оценки этого влияния в предположении того, что обсервованные координаты φ_i и λ_i являются случайными величинами, распределёнными по закону Гаусса с точечными оценками математических ожиданий φ_{cp} , λ_{cp} и средними квадратическими отклонениями σ_φ , σ_λ соответственно. Для простоты рассуждений перейдём от абсолютных значений случайных величин φ_i и λ_i , выраженных в угловой мере, к центрированным случайным величинам x_i и y_i , выраженным в метрах.

$$x_i = (\lambda_i - \lambda_{cp}) l_p; y_i = (\varphi_i - \varphi_{cp}) l_m, \quad (1)$$

где l_m, l_p – длина одной минуты в метрах меридиана и параллели соответственно в широте φ_{cp} ,

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

a – длина большей полуоси референц-эллипсоида WGS-84;

e – его первый эксцентриситет.

В расчётах принимались следующие значения: $a = 6378137$ м, $e = 0,0818191084$ [3], $\text{arc}1' = 0,0002908882$.

Понятно, что точечные оценки математических ожиданий центрированных случайных величин x_i и y_i равны нулю, а их точечные оценки СКО σ_x и σ_y будут равны $\sigma_x = \sigma_\lambda l_p$, $\sigma_y = \sigma_\varphi l_m$. Поскольку преобразования (1) линейны, то случайные величины x_i и y_i будут также распределены по закону Гаусса с плотностями распределения по параллели $f(x)$ и по меридиану $f(y)$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right); f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right).$$

В нашем случае плотность распределения закона Гаусса двух случайных величин выразится следующим образом [4]:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-r^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-r^2)}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} - \frac{2rxy}{\sigma_x\sigma_y} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right], \quad (3)$$

где r – коэффициент корреляции,

$$r = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y},$$

K_{xy} – корреляционный момент.

Коэффициент корреляции и корреляционный момент служат важными характеристиками распределения случайных величин, так как оценивают тесноту статистической зависимости. Корреляционный момент является математическим ожиданием произведения централизованных случайных величин

$$K_{xy} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} xyf(x, y) dx dy.$$

Для выборки объёма N дискретных случайных величин, к которым относятся обсервованные координаты, накопленные в ходе наблюдений, корреляционный момент вычисляется по формуле

$$K_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i. \quad (4)$$

С помощью корреляционного момента или коэффициента корреляции вычисляется угол β между параллелью и большей осью фигуры распределения координат, отсчитываемый против хода часовой стрелки [4].

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{2r\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} = \frac{2K_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}. \quad (5)$$

В судовождении принято отсчитывать направления от северной части истинного меридиана по ходу часовой стрелки. Обозначим такой угол через α . Очевидно, что $\alpha^\circ = 360 - \beta^\circ$.

Поскольку сделано предположение о распределении координат по закону Гаусса, то фигурой распределения случайных величин x_i и y_i будет эллипс [4]. Размеры его полуосей a и b определяются как $a = \sigma_y / \cos \alpha$, $b = \sigma_x / \cos \alpha$. Такой эллипс принято называть стандартным эллипсом погрешностей [5].

Примем новую систему координат, оси которой совпадают с осями эллипса. В новой системе координаты обсервованных точек обозначим через \tilde{x}_i и \tilde{y}_i . Так как оси эллипса совпадают с осями новой системы координат, то коэффициент корреляции случайных величин \tilde{x}_i и \tilde{y}_i будет равен нулю, а плотность их совместного распределения по аналогии с выражением (3) запишется так:

$$f(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i) = \frac{1}{2\pi ab} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\tilde{x}_i^2}{b^2} + \frac{\tilde{y}_i^2}{a^2}\right)\right]. \quad (6)$$

Экспоненциальный показатель в скобках выражения (6), приравненный числу c^2 , даст уравнение эллипса в каноническом виде.

$$\frac{\tilde{x}_i^2}{b^2} + \frac{\tilde{y}_i^2}{a^2} = c^2. \quad (7)$$

При $c=1$ уравнение (7) даст стандартный эллипс погрешностей, а при любом другом c – эллипс погрешностей с полуосями ca и cb [5].

Вероятность нахождения истинного места антенны СРНС Навстар GPS внутри эллипса с заданным значением c выразится следующим образом [5]

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{c^2}{2}\right). \quad (8)$$

Эллипс для оценки точности является более предпочтительным, так как при равной вероятности нахождения истинного места он обладает меньшей площадью по сравнению с другими фигурами. В судовождении применяются эллипсы погрешностей с размерами полуосей, соответствующими вероятностям 0,68 и 0,95. Стандартный эллипс погрешности покрывает истинное место с вероятностью лишь 0,393. Величины c для вероятности 0,68 и 0,95, согласно (8), равны $c_{68} = 1,50959$, $c_{95} = 2,44774$.

Если антенна GPS-приёмника расположена так, что возникают препятствия распространению сигналов спутников, то можно предположить изменение величин описанных выше параметров эллипсов погрешностей (значение выборочного коэффициента корреляции \bar{r} , угол ориентации главной полуоси эллипса α , размеры полуосей эллипса) после перемеще-

ния антенны.

Чувствительность такого подхода к оценке влияния места расположения антенны была частично подтверждена наблюдениями, выполненными летом и осенью 2005 года на территории Уссурийской астрофизической обсерватории (УАФО) ДВО РАН [6]. Эксперименты проводились с GPS-приёмником GP-37 компании Furuno. Для полного подтверждения эффективности такого подхода осенью 2006 года экспериментальные наблюдения с тем же самым приёмником были повторены на полигоне Артёмовской топографо-геодезической экспедиции Приморского аэрогеодезического предприятия. В отличие от УАФО в месте установки антенны приёмника GP-37 в Артёме не было физических препятствий, создававших сектора тени для сигналов спутников СРНС Навстар GPS. Наблюдения в Артёме проводились непрерывно с 25 сентября по 17 октября. За это время было зафиксировано 1847558 обсервованных координат. Результаты вычислений параметров эллипсов погрешностей, полученных в результате обработки собранного осенью 2006 года в Артёме массива координат, а также полученных летом и осенью 2005 года в УАФО, помещены в таблицу.

Сравнение параметров таблицы позволяет сделать вывод о существенной зависимости точности обсервованных координат от места установки антенны. В УАФО, где препятствиями для сигналов спутников были кроны деревьев, по мере опадания листвы заметно изменилась ориентация эллипса погрешности, но размеры полуосей изменились незначительно. В Артёме на полигоне отсутствовали препятствия, поэтому большая ось эллипса практически совпадает с меридианом, а размеры полуосей эллипсов для вероятностей 0,68 и 0,95 стали значительно меньше.

Таблица – Параметры эллипсов погрешностей

Параметр	УАФО, 2005 г.		Артём, 2006 г.
	лето	осень	осень
\bar{r}	+0,2236	+0,1097	-0,0014
α°	20,829	10,747	359,9062
a_{68}	2,5259	2,5331	2,0446
b_{68}	1,9696	1,9238	1,4831
a_{95}	4,0958	4,1074	3,3154
b_{95}	3,1938	3,3154	2,4048

Более чувствительным для анализа поверхностного распределения обсервованных координат служит предложенный в работе [7] и успешно апробированный [6] контурный метод. Контурные фигуры погрешностей распределения для вероятности 0,68 (внутренний контур) и для вероятности 0,95, а также эллипс погрешностей для вероятности 0,95 представлены на рисунке.

На рисунке видно, что оси симметрии контуров заметно больше отклонены к западу по сравнению с отклонением большей полуоси эллипса погрешностей. Этот факт следует интерпретировать как преимущество контурного метода по сравнению с классической оценкой эллипсами погрешностей. Как и в наблюдениях 2005 года [6], контуры, полученные по наблюдениям 2006 года, имеют характерную вытянутость в направлении, близком к меридиональному. Поэтому, если на судне дымовая труба, мачты и антенна GPS-приёмника расположены в диаметральной плоскости, а эти судовые конструкции могут затенять сигналы спутников, то движение судна на восток или на запад будет сопровождаться значительным ухудшением точности обсервованных координат.

Как видно на рисунке, площадь фигуры погрешностей, заключённой внутри внешнего контура, соответствующего вероятности 0,95, заметно превышает площадь эллипса погрешностей. Такое несоответствие выдвигает необходимость продолжения исследований для разработки приёмов уточнения границ контуров.

Кроме того, до сих пор совсем не исследованным остаётся влияние диаграммы направленности антенны судового приёмника СРНС Навстар GPS на форму фигуры погрешностей определения обсервованных координат.

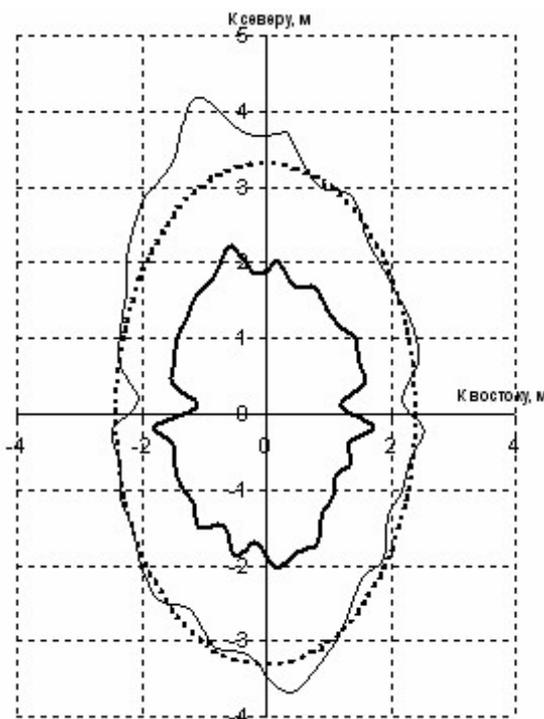


Рисунок – Контурные фигуры и эллипс погрешностей в наблюдениях 2006 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Комаровский, Ю.А.** Наблюдаемость спутников СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вест. Мор. гос. ун-та. -Вып.15. Серия: Судовождение. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2007. -С. 35-41.

2 **Комаровский, Ю.А.** Четыре проблемы использования Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Сб. докладов научн.-практ. конф. «Безопасность судоходства в Дальневосточном бассейне». 24-25 окт. 2007 г. / Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2007. -С. 207-214.

3 Department of Defense World Geodetic System 1984. DMA TR 8350.2. U.S. Geological Survey, October, 1993. -152 p.

4 **Вентцель, Е.С.** Теория вероятностей / Е.С. Вентцель / Издание второе, перераб. и доп. / -М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. -564 с.

5 **Кондрашихин, В.Т.** Теория ошибок и её применение к задачам судовождения / В.Т. Кондрашихин // -М.: Транспорт, 1969. -256 с.

6 **Кац, В.А.** Контур погрешностей координат GPS-приёмника / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. -2008. -№1. -С. 133-137.

7 **Комаровский, Ю.А.** Контурный метод оценки точности ОМС приёмником СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вест. Мор. гос. ун-та. -Вып.9. Серия: Судовождение. -Владивосток, 2005. -С. 10-13.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: точность определения координат; сигналы навигационных спутников; судовая спутниковая навигационная аппаратура

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, инженер ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»
Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент
ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»

АНАЛИЗ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ ПО ФОТОСНИМКАМ ЭКРАНА СУДОВОЙ РЛС

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.К. Лубковский

Представлено описание метода получения объективной картины волнового поля на момент плавания судна путем съемки экрана РЛС и применение для целей статистического анализа различных параметров волнения.

Состояние волновой картины моря можно получить несколькими способами: по картам анализа волнения; по среднему периоду волн, измеренному с помощью секундомера; глазомерно; по скорости и времени действия ветра, на основании статистических зависимостей [1, 2]. Однако они дадут лишь частичную оценку картине волнового поля и не смогут послужить для определения различных параметров волнения.

Первый опыт оценки волнового поля по измерениям элементов волн с помощью ортогонально-линейного длино-высото-волномера (ДВВМ), поучен в 2006-2007 гг. в Японском море и Тихом океане. Было выявлено достаточно хорошее совпадение измеренных с помощью ДВВМ и оцененных визуально длин волн [3]. Это обусловлено схожей для измерения и для визуальной оценки выборкой волн в волновом поле. Однако, в районах плавания и при определенных погодных условиях в волновом поле присутствуют волны зыби. Такие волны визуально оценить и измерить с максимальной точностью очень сложно, а для объективной оценки волнового поля их учет также необходим. Данный учет и измерение могут быть выполнены с помощью фотосъемки экрана РЛС.

Современные РЛС способны отображать одновременно как ветровые короткие волны малой высоты, так и крупные волны зыби, то есть технически РЛС способна полностью отразить картину волнового поля в радиусе охвата РЛС. Необходимо отметить, что съемку полезно дополнить визуальными наблюдениями экрана. Перед съемкой необходимо зафиксировать параметры погодных условий, сопровождающих судно в ближайшие 6 ч и на момент съемки. Визуальные наблюдения рекомендуется производить не одним наблюдателем.

Данный метод был опробован в 2000 г. Сичкаревым В.И. для сбора статистических данных волнового поля в районе плавания и сопоставления со статистикой измерения длин волн с помощью ортогонально-линейного волномера [4, 5].

Для получения наиболее полной картины волнового поля производилась съемка и об-

работка кадров экрана РЛС. Для этого предварительно были выполнены следующие условия:

- установлен объектив фотоаппарата напротив экрана РЛС так, чтобы оптическая ось объектива совпала с осью луча развертки экрана;

- шкала РЛС выставлена на дальность от 0,5 до 1,5 миль;

Выбор шкалы дальности зависит от особенностей РЛС, от способности одновременно при усилении чувствительности улавливать короткие волны малой высоты, при этом не допустив засветки от более крупных, например, волн зыби.

В 2008 г. на т/х «СТ БРИЛЛИАНС» типа «Углегорск» во время штормового плавания близ Тихоокеанского побережья о. Хонсю (Япония) была произведена оценка погодных условий и волнения в районе плавания судна штурманским составом во главе с капитаном. Ветер N 17-25 м/с; Волнение -125° – 6 баллов; На момент съемки судно дрейфовало в 5,5 милях от восточного побережья п-ва Босо (Boso Hanto) в координатах $\varphi = 35^{\circ}36,957'N$, $\lambda = 140^{\circ}40,987'E$, скорость дрейфа – 0,4-0,7 узла, направление -185°. Шкала РЛС настроена на 1,5 мили. Дата 09 апреля 2008 г., время начала съемки $T_c = 15.17$ (04.17 UTC). Судно испытывало сильную бортовую качку (до 25° на оба борта). Глубина моря 18 м. По большей части поверхности моря волнение ветровое с хорошо выраженными гребнями, также с большими волнами зыби с крупными покатыми гребнями.

На шкале 0,5 мили не удалось добиться необходимого результата. После прохождения лучом первого круга наблюдалась сильная засветка. Оптимальной оказалась шкала 1,5 мили. Необходимо отметить, что можно «продлить» качественный показ гребней волн экраном РЛС даже на малой шкале, уменьшив чувствительность; соответственно, уменьшится количество обнаруживаемых волн на целый сектор экрана или на некоторой дистанции от центра.

На рисунке 1а показано изображение РЛС после прохождения разверткой первого круга. На рисунке 1б развертка проходит четвертый круг, и хорошо заметно, что сектор от 0° до 90° не пригоден для последующего использования. Итак, после 1-2 оборотов луча развертки изображение идеально для последующей обработки, рисунок 1а, но с последующими оборотами оно ухудшалось, гребни волн сливались, рисунок 1б. Причин этому две. Во-первых, сильная бортовая качка. На рисунке 1б (курс судна – N) смешанная картинка на секторе 0°-90° обусловлена сильным креном на правый борт в момент прохождения антенной РЛС сектора излучения по правому борту. Поэтому и площадь отражаемых объектов – гребней волн увеличилась, что и дало сильную засветку. Во-вторых, это настройка РЛС к моменту наблюдения. Яркость и усиление отрегулированы так, чтобы получить наиболее полноценную картину волнового поля. Уменьшение яркости привело к удалению коротких, менее выраженных волн. Однако и подождав немного, можно было бы увидеть и небольшие волны, но при этом крупные вызвали бы засветку.



Рисунок 1 – Отображение (негатив) гребней волн на экране РЛС (Ориентация изображения – по северу, $\kappa_s = 125^{\circ}$; теневой сектор РЛС 160°-210°)

Фиксация изображения РЛС может производиться телекамерой или фотоаппаратом. Однако не все РЛС при определенных погодных условиях способны «удерживать» отстро-

енное изображение. Поэтому было принято решение о целесообразности использования фотоаппарата. Снимки производились сериями по 2-5 фотографий на интервале 1-3 оборотов луча через каждые 1-2 минуты в течение 10-20 минут. При этом не было необходимости уменьшать чувствительность приемника, а затем снова увеличивать, добиваясь максимального эффекта отображения. В этом случае достаточным было просто переключить шкалу на большую дальность, подождать 3-5 секунд (1 оборот луча) и снова переключить на заданную шкалу. РЛС будет с «чистого листа» отображать гребни волн еще 1-3 оборотов.

Всего было сделано шесть серий снимков, из них выбрано три наиболее удачных по следующим критериям:

- по наибольшему количеству хорошо выраженных гребней волн;
- максимально соблюдена соосность объектива с центром развертки (на фото это можно проверить, измерив линейкой радиусы от центра до края азимутального круга по четырем взаимно противоположным направлениям);
- на экране можно увидеть как крупные волны большой длины (зыби-нитевидный, редко прерывающийся след с сильной засветкой), так и короткие волны с маленькой площадью засветки на экране;

После подбора качественных снимков они распечатываются и на гребнях волн, либо от середины до середины, рисунок 2а, либо между их начальными точками, рисунок 2б, снимаются расстояния в миллиметрах, по-возможности, с точностью до десятых. В первом случае, рисунок 2а будут измеряться расстояния между вершинами и дадут длину волны λ , во втором, рисунок 2б, – между волновыми склонами /Примечание редактора: Исследований по интенсификации эхосигнала на экране РЛС с элементом формы волны не проводилось. Априори есть основание, полагать, что эхосигнал образуется в результате отражения радиоволн от наиболее крутой части склона ветровой волны, т.е. приблизительно от середины волнового склона. В этом случае измерения по способу изображенному на рисунке 2а дадут длину волны приблизительно на уровне невозмущенной поверхности моря, а не между вершинами/.

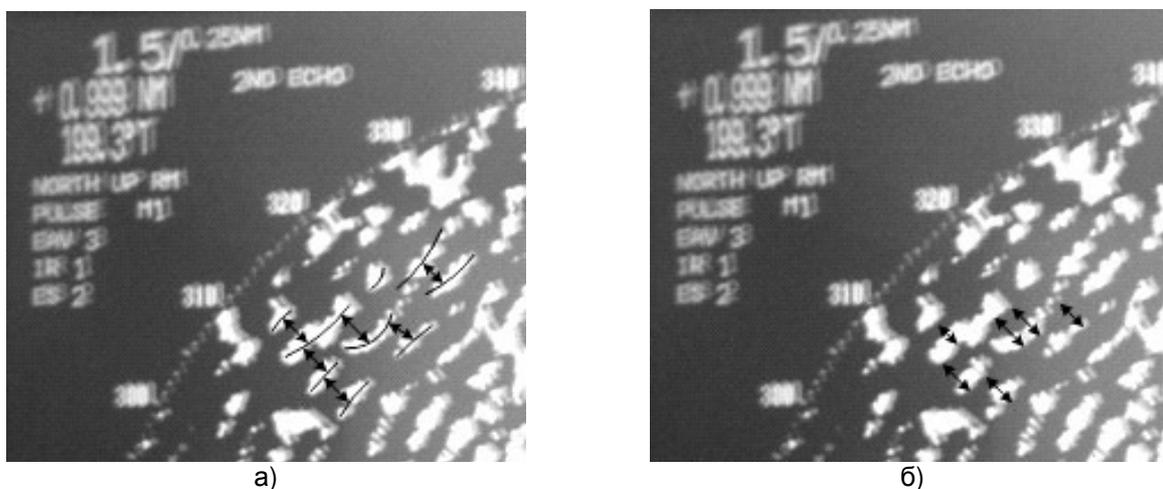


Рисунок 2 – Способы замера дистанций между гребнями волн на снимке РЛС

В случае, если снимок не позволяет достичь необходимой точности, следует выделить сектор экрана, например, от 0°-90°, максимально его увеличить и производить измерения между гребнями. После того как все дистанции на экране будут измерены (в мм), длину волны λ можно вычислить по формуле

$$\lambda = \frac{a(1852R)}{d}, \text{ м}, \quad (1)$$

- где a – измеренная на снимке дистанция между гребнями, мм;
 R – шкала РЛС в морских милях;
 d – измеренный на снимке радиус экрана РЛС, мм.

С трех снимков было набрано 1012 измерений между гребнями соседних волн.

Результаты были занесены в таблицу, на основании которой составлена нормированная гистограмма распределения длин волн на экране РЛС (рисунок 3).

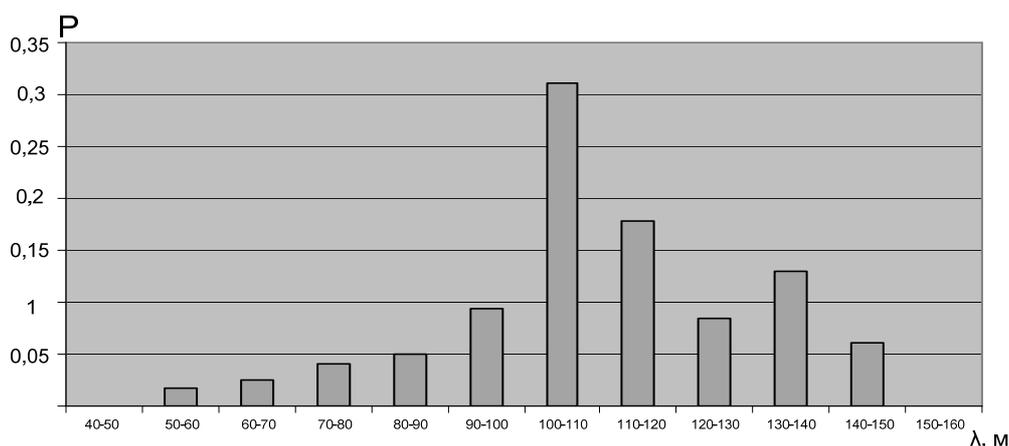


Рисунок 3 – Нормированная гистограмма распределения длин волн в волновом поле экрана РЛС

На гистограмме отчетливо выражены две моды волн длиной $\lambda_1 = 100-110$ м; $\lambda_2 = 130-140$ м. Максимальное количество вариантов при выборке длин пришлось на λ_1 . Это хорошо выраженные ветровые волны с крутыми гребнями. Однако, большая накопленная частота наблюдается и со значением признака 130-140 м. Это обусловлено наличием в районе дрейфа на момент съемки кроме ветровых волн, и волн зыби, которые хорошо были видны визуально.

В этом также заключена специфика данного метода. Если в визуально оцененном волновом поле присутствуют и те и другие волны, следует при настройке экрана добиться такого изображения, чтобы они были индцированы, причем не разделяемо по секторам или по дистанциям, а как бы меняли друг друга. Другими словами, при просмотре снимка наблюдалась бы некоторая средняя плотность (динамика) распространения разных видов волн.

Преимущества данного метода очевидны. Во-первых, это возможность фиксации положения волн и последующий анализ в кабинетных условиях. Применение в условиях штормового плавания пеленгатора и секундомера для замеров кажущихся периодов волн и по ним вычисление их длин нецелесообразно, так как небезопасно, трудоемко и может быть осуществлено с большой погрешностью [6]. Во-вторых, его максимальная точность. Съемка экрана происходит на шкалах 0,5-1,5 мили, последующие измерения, производимые на фотографиях, легко осуществимы в соответствующем масштабе или в сопоставлении с кольцами дальности. По существу, применить данный метод анализа фотоснимков экрана РЛС можно при решении практически любых задач, связанных с безопасностью плавания судна на волнении, а именно, связанных с потерей остойчивости, при слеминге, для определения условий резонансной качки [7]. Однако, его большая трудоемкость и необходимые для производства условия, которые не всегда могут быть соблюдены на судне по субъективным причинам, не позволяют рекомендовать его как основной. Но все же, в оценке волновой картины поля и для определения основных параметров волнения он отвечает всем требованиям, касаемых точности и универсальности, и может быть принят как опорный для проверки гипотез, связанных с изысканиями в вопросах определения параметров волнения в судовых условиях. Например, в сопоставлении с замерами элементов волн с мостика движущегося судна, с помощью ортогонально-линейного длино-высото-волномера Сичкарева В.И. [8, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Абузьяров, З.К.** Морское волнение и его прогнозирование / З.К. Абузьяров. -Л.: Гидрометеиздат, 1981. -167 с.
- 2 **Сичкарев, В.И.** Использование в судовождении гидрометеорологической информации / В.И. Сичкарев. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2000. -176 с.
- 3 **Сичкарев, В.И.** Измерение высот и длин волн ортогонально-линейным длино-высото- волномером / В.И. Сичкарев, В.К. Лубковский // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока / Новосибир. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2007. -С. 48-54.
- 4 **Сичкарев, В.И.** Длинно-высото-волномер из трех ортогонально расположенных линеек / В.И. Сичкарев // Судовождение-2004: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -

Новосибирск, 2004. -С. 3-10.

5 Оценки длины волны в групповых наблюдениях ортогонально-линеечным волномером в сопоставлении с другими способами / В.И. Сичкарев [и др.] // Судовождение-2000: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2000. -С. 34-43.

6 **Сичкарев, В.И.** Точность измерения длин волн волномером Сичкарева / В.И. Сичкарев // Судовождение-2000: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2000. -С. 13-25.

7 **Шапаев, В.М.** Гидрометеорологические условия и мореплавание / В.М. Шапаев. -М.: Транспорт, 1975. -248 с.

8 **Сичкарев, В.И.** Способ и прибор для дистанционного определения длины волны на ходу судна / В.И. Сичкарев // Судовождение: управляемость, управление, навигация, обучение / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 1999. -С. 3-9.

9 **Сичкарев, В.И.** Совершенствование методов решения задач безопасности плавания на волнении в связи с возможностью непосредственного измерения длин волн с мостика судна ортогонально-линеечным волномером / В.И. Сичкарев, И.Е. Копьев // Судовождение - 2002: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2002. -С. 42-49.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картина волнового поля; статистический анализ; съемка экрана РЛС
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Лубковский Владислав Константинович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ СУДОВОДИТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЮ СУДНОМ ПО УКЛОНЕНИЯМ ОТ ЗАДАННОЙ ЛИНИИ ПУТИ НА РЛТ «МАРЛОТ–М»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Г.С. Гридасов

Приведен анализ обучаемости процессу управления судном по отклонениям от заданной линии пути различными типами судов в различных гидрометеорологических условиях на тренажере «Марлот-М»

С развитием высокоточных спутниковых навигационных систем (СНС) в классе совершенно новых задач появилась задача управления судном по отклонениям от заданной линии пути (ЗЛП) [1, 2]. Вычисление и графическая индикация отклонений от ЗЛП является обычной функцией судовой спутниковой навигационной аппаратуры (ССНА), широко распространенной на морских судах, но управление судном по отклонениям представляется интересной задачей именно для внутренних водных путей (ВВП). Это обусловлено отсутствием на судах ВВП курсоуказателей, широко используемых на морских судах, которые дают аналог отклонения судна от ЗЛП – отклонение от заданного курса.

Судоводитель на ВВП может использовать информацию ССНА и электронных картографических систем (ЭКС) для ориентирования движения судна по заданному маршруту, принимая решение о перекладке руля на основе величины отклонения от ЗЛП, текущему направлению и скорости изменения направления вектора пути судна, а также характеру изменения линии пройденного пути на экране ЭКС.

Первые опыты практического управления судном по отклонениям показали, что этот метод позволяет удерживать судно вблизи ЗЛП и вести его в пределах судового хода [3, 4]. При этом происходит учет сноса от ветра и течения.

Несмотря на то, что этот метод нагляден и прост, он требует развития у судоводителя определенных навыков, которые могут быть приобретены с помощью тренажерной подготовки [6].

Для оценки процесса обучаемости управлению судном по отклонениям от ЗЛП был использован радиолокационный тренажер (РЛТ) «Марлот-М» с ЭКС, имеющийся в НГАВТ. Для этого был выполнен ряд предварительных подготовительных действий.

Прежде всего, сформирован маршрут плавания на картографированном участке акватории, имитирующий судовую ход реки. Маршрут задается системой путевых точек с помощью функций ЭКС. Маршрут желательно делать замкнутым или S-образным, чтобы учесть влияние гидрометеорологических условий на судно с различных курсовых углов.

Затем задается судно, математическая модель которого имеется в РЛТ, и в формуляре

ЭКС устанавливаются его маневренные характеристики, известные по таблице маневренных элементов. Необходимо заранее проверить соответствие математической модели судна в РЛТ фактическим маневренным характеристикам. При отсутствии фактических маневренных характеристик, можно сравнивать математическую модель судна с требованиями ИМО к маневренным характеристикам [6].

Для эксперимента были выбраны те суда, размерения которых сопоставимы с судами ВВТ, а их маневренные характеристики наиболее близки к критериям ИМО.

После выставления маршрута и типа судна проводится задание гидрометеорологических условий: истинного ветра и течения. Составлено три вида гидрометеорологических условий: в первом случае – штиль, во втором течение превалирует над ветром, в третьем – наоборот, а угол между их направлением составлял 90° .

Затем на пульте управления судном обучаемый дает ход и в режиме ручного управления рулем производит управление судном, контролируя отклонения судна от заданной линии пути, индицируемое на экране ЭКС.

При движении судна по маршруту оператор выбирает удобный масштаб карты, как правило, от 1:1000 до 1:3000, в зависимости от сложности участка. При таких масштабах на экране ЭКС видна часть маршрута, местоположение и ракурс судна относительно ЗЛП. Местоположение судна отображается схематически в виде контуров судна. При движении судна из середины схематического изображения судна отходит два вектора, один из которых указывает курс судна и направлен из середины в сторону носа, второй – указывает путь судна. Первый вектор строится на основе информации, получаемой от гирокомпаса, второй – по информации от GPS. Эти же значения направлений указаны в числовом виде на экране ЭКС.

При управлении судном основными ориентирами являются два параметра – это отклонение, показывающее местоположение судна относительно ЗЛП, и вектор пути. По величинам этих параметров, а главное, по скорости их изменения, судоводитель вырабатывает управляющее воздействие на перекладку руля влево или вправо на необходимый в данной ситуации угол в зависимости от того, увеличивается ли величина отклонения от ЗЛП или уменьшается, направлен ли вектор пути судна в сторону ухода от ЗЛП или возвращения на нее.

При движении по прямолинейному маршруту, когда судно находится на линии пути или вблизи нее, необходимо, чтобы вектор пути был направлен параллельно линии пути, то есть путь судна должен совпадать с направлением прямолинейного участка ЗЛП. Это достигается небольшими перекладками руля в сторону, противоположную уходу судна от линии пути. При влиянии ветра и течения на прямолинейном участке хорошо заметен характер сноса по углу между вектором курса и вектором пути судна. Если вектор курса параллелен прямолинейному участку маршрута, то направление вектора пути будет отличаться от него на угол сноса, а судно будет уходить от ЗЛП с этим же углом. Для удержания судна на линии пути, вектор пути должен быть параллелен ЗЛП, тогда судно будет двигаться с углом сноса по линии пути. Таким образом, при управлении движением судна по вектору пути происходит учет сноса от влияния ветра и течения.

Управление судном на криволинейном участке – более сложный процесс, который требует определенных навыков. При подходе к повороту, в зависимости от его крутизны, определяется время и угол перекладки руля, исходя из имеющегося опыта, для того, чтобы правильно войти в поворот. Вход в поворот необходимо осуществлять по ЗЛП или с минимальным отклонением от нее, а изменение направления вектора пути должно совпадать с направлением поворота. В противном случае, могут потребоваться большие перекладки руля в самом повороте, что может привести к большим отклонениям и даже выходу за границу допустимой полосы движения. При движении в повороте решение о перекладке руля на больший или меньший угол принимается на основании скорости повалки, изменение которой хорошо улавливается по вектору пути, а также контролируется по линии пройденного пути – следу, который оставляет за собой судно на экране ЭКС.

В процессе обучения фиксируется вся траектория движения судна со всеми отклонениями от ЗЛП, обусловленными как внешними факторами, так и действиями рулевого.

В поставленных опытах на выявление степени обучаемости прохождение маршрута осуществлялось по пять раз для каждого судна, при каждом из задаваемых гидрометеорологических условий, в различные дни.

При последующей программной обработке отклонений от ЗЛП выявляются особенности

управления судном конкретного обучаемого, путем сравнения полученных точечных характеристик и гистограмм к ним. Анализируются: минимум и максимум уклонения, средняя величина уклонения, среднеквадратическое уклонение и дисперсия.

Удобным критерием оценки обучаемости является дисперсия. Таким образом, были построены графики обучаемости по дисперсии в зависимости от количества дней обучения с добавлением линии тренда, рисунок 1.

В результате для оценки обучаемости мы имеем гистограммы последовательных прохождений, точечные статистические характеристики каждого прохождения и графики обучаемости при каждом из заданных ГМУ.

Это показывает, что при прохождении маршрута на т/х «Альпинист» без влияния ГМУ, уже на пятый день обучения были достигнуты результаты, позволяющие удерживать судно в полосе движения шириной до 40 м при среднеквадратичном отклонении (СКО) равном 6,09 м. При прохождении на т/х «Альпинист» с учетом влияния ГМУ1, результаты обучаемого позволяют удерживать судно в полосе движения шириной до 64 м при СКО, равном 8,85 м. При прохождении на т/х «Альпинист» с учетом влияния ГМУ2, результаты позволяют удерживать судно в полосе движения шириной до 48 м при СКО, равном 9,36 м.

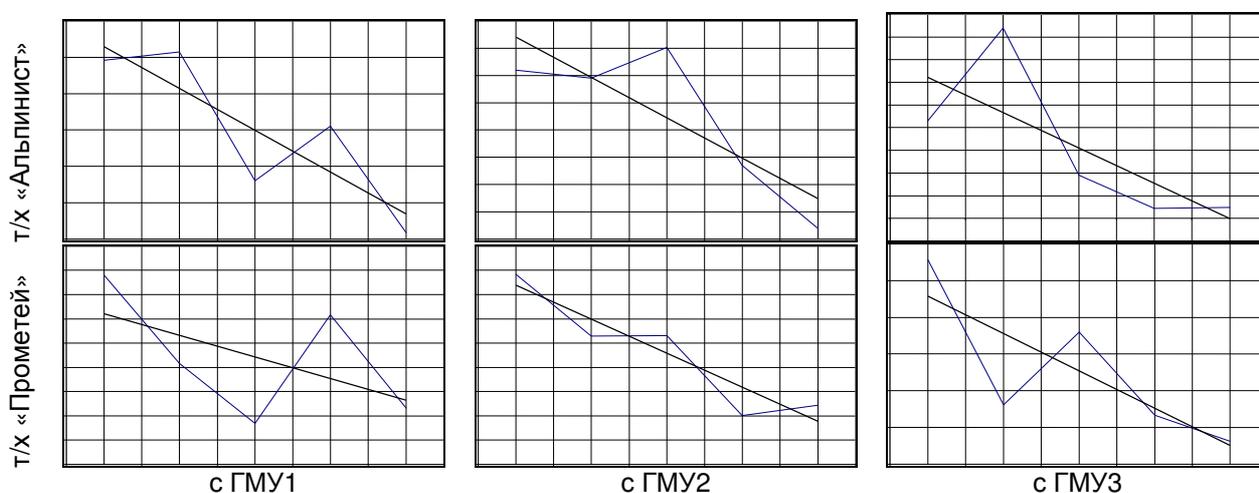


Рисунок 1 – Графики обучаемости при прохождении на разных судах с различными гидрометеорологическими условиями (абсцисса-дни обучения; ордината-дисперсия)

При прохождении на т/х «Прометей», судно двигалось по маршруту с большими уклонениями от ЗЛП, а СКО на пятый день обучения составили 34,09 м, 35,00 м, 35,49 м при тех же ГМУ. Однако, хорошо видны суммарные результаты обучаемости. Линия тренда на графиках обучаемости при всех заданных ГМУ направлена в сторону уменьшения дисперсии.

Из совокупности полученных данных видно, что лучшие результаты достигнуты при прохождении на т/х «Альпинист». Это объясняется тем, что маневренные характеристики т/х «Альпинист» наиболее близки к критериям ИМО.

Таким образом, можно сделать вывод, что тренажерная подготовка судоводителей управлению судном по уклонениям от заданной линии пути на РЛТ «Марлот-М» может проводиться при использовании моделей имеющих хорошо управляемых судов. Для приобретения начального опыта, который позволяет удерживать судно вблизи ЗЛП, достаточно пяти практических занятий. В ходе занятий обучаемый приобретает не только навыки управления судном по уклонениям от ЗЛП, но также и опыт работы с ЭКС, которые в скором будущем станут неотъемлемой частью речного судовождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Сичкарев, В.И.** Проблемы спутниковой навигации на ВВП / В.И. Сичкарев // Судовождение-2002: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2002. -С. 5-18.
- 2 **Сичкарев, В.И.** Спутниковая навигация на ВВП с технологией судовождения по уклонениям: точность движения по заданной линии пути / В.И. Сичкарев, В.Е. Дмитриев // Судовождение-2002: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2002. -С. 19-34.
- 3 **Южаков, Р.Ю.** Первые опыты практического управления судном по уклонениям, выполняемым ССНА / Р.Ю. Южаков, В.И. Сичкарев // Судовождение-2004: сб. науч. тр. /

Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2004. -С. 12-24.

4 **Гридасов, Г.С.** Первые опыты практического управления судном на реке по отклонениям от заданной линии пути и вектору пути, с использованием функций ЭКС / Г.С. Гридасов // Судовождение-2006: сб. науч. тр. / Новосибир. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2006. - С. 129-133.

5 **Сборник №21 резолюций ИМО.** -СПб.: ЦНИИМФ, 2003. -248 с.

6 **Сичкарев, В.И.** Тренажерная подготовка судоводителей к управлению судном по ЭКС и СНС / В.И. Сичкарев, Г.С. Гридасов // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. - 2007. -№1.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление судном, отклонение от заданной линии пути, обучение судоводителей

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Гридасов Георгий Сергеевич, ассистент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ТРЕБОВАНИЯ К ПРИВОДУ ПРЯМОГО ОПЫТОВОГО БАСЕЙНА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Н. Романов

Рассмотрены виды возмущающих воздействий на привод тяговой тележки прямого опытового бассейна ФГОУ ВПО «НГАВТ». Выполнен анализ влияния параметров привода на результаты экспериментальных исследований, сформулированы основные требования к приводу тяговой тележки.

При решении задач проектирования и эксплуатации судов наибольшее распространение получили комплексные теоретико-экспериментальные методы. Теоретические разработки позволяют определить основные закономерности явлений, получить научно обоснованные зависимости между основными величинами, целенаправленно спланировать эксперименты. Несмотря на значительные достижения в теоретических исследованиях процессов, возникающих при движении судна, экспериментальные методы остаются основным инструментом. Это можно объяснить сложностью гидромеханических явлений при обтекании корпуса судна, движущегося по свободной поверхности, потоком реальной жидкости. Получаемые теоретическим способом результаты подвергаются экспериментальной проверке. Экспериментальные исследования необходимы при решении производственных задач прогнозирования сопротивления проектируемого судна, оптимизации формы корпуса применительно к условиям его эксплуатации, проверки ходовых качеств судна.

При изучении гидродинамических свойств судна, движущегося в условиях реальной жидкости, применяются два экспериментальными способами – натуральных и модельных испытаний.

Вязкостные составляющие сопротивления воды движению судна подчиняются закону подобия Рейнольдса, а волновые составляющие – закону подобия Фруда [1]. Так как одновременное соблюдение обоих законов при моделировании практически невозможно, то один из видов составляющих оказывается немоделируемым и определяется косвенным путём, что снижает точность определения сопротивления. Модельные эксперименты проводятся на гидро- и аэродинамических установках – в опытовых бассейнах, гидроротках, аэродинамических трубах, кавитационных трубах, кавитационных бассейнах, циркуляционных бассейнах. При анализе ходкости судна используются в основном опытовые бассейны. Бассейны с длиной более 100 м оборудуются динамометрической подвеской. Бассейны меньшей длины применяют гравитационный или электрический привод. В прямом опытовом бассейне НГАВТ в настоящее время в качестве привода тяговых тележек используется электрический привод с тиристорным преобразователем. Существенным недостатком такого привода является наличие упругого звена в виде бесконечного троса, связывающего саму тележку, движущуюся по рельсам вдоль бассейна, с электрическим двигателем, находящемся на «берегу».

До настоящего времени требования, которым должен удовлетворять привод тяговой тележки, определялись исходя из конкретных задач, возникающих в ходе эксперимента. Возникает задача обобщить и систематизировать эти требования применительно ко всем типам приводов. Для этого рассмотрим влияние параметров привода на результат проведения эксперимента.

При моделировании соблюдается равенство чисел Фруда модели и натурности, что опре-

деляет равенство коэффициентов волнового сопротивления при соответствующих скоростях и обеспечивается турбулентный режим движения частиц воды в пограничном слое модели. Прогнозирование сопротивления натурального судна осуществляется путём пересчёта сопротивления, определённого при испытаниях модели, на натуральный объект при соответствующей скорости натурности. Так как моделирование по закону подобия Рейнольдса в опытовом бассейне невозможно [1], то при испытаниях соответствие скоростей модели и натурности осуществляется по закону подобия Фруда. При таком моделировании возможно учесть только волновое сопротивление водоизмещающего судна.

В настоящее время используется два метода пересчёта результатов испытаний с модели на натуру, которые можно условно назвать методами Фруда и Хьюза [1].

По методу Фруда всё сопротивление модели состоит из двух независимых частей – сопротивления трения, определяемого расчётным путём для модели и натурального судна, и остаточного сопротивления, подчиняющегося закону Фруда. В состав моделируемого остаточного сопротивления включается и сопротивление формы, следовательно, сопротивление формы является автомодельным.

На первом этапе эксперимента определяется сопротивление трения модели:

$$R_{F_M} = C_{F_M} \frac{\rho}{2} \Omega_M v_M^2, \quad (1)$$

где C_{F_M} – коэффициент сопротивления трения модели, рассчитывается по формуле

Прандтля-Шлихтинга;

Ω_M – смоченная поверхность модели;

ρ – плотность жидкости;

v_M – скорость перемещения модели.

Следует обратить внимание, что в формулу (1) скорость перемещения модели, которая обеспечивается приводом тяговой тележки, входит в квадрате. Следовательно, если скорость модели будет отклоняться от заданной величины хотя бы на 2%, отклонение сопротивления трения составит уже 4%.

Коэффициент остаточного сопротивления определяется по выражению:

$$C_R = \frac{R_M - R_{F_M}}{(\rho/2) \Omega_M v_M^2}, \quad (2)$$

где R_M – сопротивление модели (без выступающих частей).

Соответственная скорость натурального судна определится:

$$v = v_M \sqrt{\frac{L}{L_M}} = \frac{v_M}{\sqrt{k}}, \quad (3)$$

где L – длина натурности;

L_M – длина модели;

k – коэффициент отношения длины.

Из выражения (3) следует, что скорость перемещения тележки зависит от скорости передвижения натурности прямо пропорционально. Так как в опытовом бассейне проводятся эксперименты не только на однотипных судах, у которых скорость передвижения одинакова, но и на судах разного типа и разного водоизмещения, то скорость перемещения модели должна варьироваться в широких пределах. Также следует учитывать, что момент нагрузки, создаваемый перемещаемой моделью судна, имеет переменный характер и изменяется в достаточно большом диапазоне. Это связано с различными условиями испытания модели и экспериментами с моделями различных судов.

Метод Фруда даёт надёжные результаты для грузовых теплоходов и барж внутреннего плавания. Для пассажирских судов более приемлем метод Хьюза, при котором всё сопротивление подразделяется на вязкостное (рассчитываемое) и волновое (моделируемое). На начальном этапе определяется значение коэффициента k . В этом случае экспериментальным путём при $Fr = 0,08-0,10$ (когда волновое сопротивление можно считать пренебрежительно малым) определяется полное сопротивление модели и рассчитывается с помощью экстраполяторов трения сопротивление трения. При более высоких числах Fr расчёт сопротивления трения модели производят аналогично методу Фруда.

Помимо стандартных модельных испытаний, существует множество задач, как правило исследовательского характера, решаемых с помощью модельного эксперимента. К ним

можно отнести проверку результатов аналитических исследований, относящихся к отдельным составляющим сопротивления; определение сопротивления изолированных отдельных элементов судна; изучение масштабного эффекта, определение сопротивления в особых условиях плавания (вблизи стенки, в судоходном канале, на течении и т.п). При проведении этих испытаний также немаловажным является значение скорости перемещения модели и её стабильность.

Особая точность в поддержании скорости перемещения модели требуется при определении присоединённых масс инерционным методом, при котором осуществляется замер усилий при нестационарном движении модели. Для определения присоединённых масс модель должна двигаться замедленным или ускоренным образом с известной величиной ускорения (замедления). В каждый момент времени фиксируется скорость и усилие на динамометре. Испытания, проведённые в НГАВТ, показали, что влияние волнообразования на свободной поверхности может привести к увеличению присоединённой массы в 2 и более раз. Присоединённые массы при торможении всегда больше, чем при разгоне, на 10-30%. Значение присоединённых масс не зависит от модуля ускорения, а однозначно определяется мгновенным значением соответствующего числа Фруда. С ростом числа Фруда и относительной осадки присоединённые массы резко возрастают.

С учётом результатов экспериментов, анализа выражений для определения величин сопротивлений движущихся моделей судов, можно сформулировать требования к приводу тяговой тележки опытового бассейна:

- привод должен обеспечивать высокую стабилизацию скорости перемещения тележки;
- система управления приводом должна обеспечивать широкий диапазон регулирования скорости перемещения;
- привод должен устойчиво работать при значительных изменениях момента нагрузки на тележке, что связано с необходимостью изменения осадки моделей, проведения экспериментов на моделях при различных условиях плавания;
- привод должен обеспечивать широкий диапазон изменения ускорения и замедления тележки, причём должен обеспечиваться не только линейный процесс разгона, но и с произвольно изменяющимися значениями ускорений;
- привод должен обладать высоким быстродействием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Павленко, В.Г. Ходкость и управляемость судов / В.Г. Павленко, В.Ф. Бавин. -М.: Транспорт, 1991. -398 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *привод тележки опытового бассейна, требования к приводу*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Романов Марк Николаевич, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНАЩЕНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СУДОВОДИТЕЛЯ ВИБРОЗАЩИТНЫМ КРЕСЛОМ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Д.Ю. Сахнов

Рассмотрены проблемы обеспечения охраны труда и техники безопасности на предприятиях речного транспорта, а также методика оценки социально-экономической эффективности мероприятий по снижению вредных воздействий на судоводителя.

Эффективность инвестиционных проектов, как правило, включает в себя общественную и коммерческую эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционных проектов для общества в целом, в том числе как непосредственные результаты и затраты проекта, так и результаты проекта в смежных секторах экономики, экологические, социальные и др.

Одно из направлений вложений в новации на речном транспорте – это обеспечение безопасности и охраны труда. В последнее десятилетие проблемы обеспечения охраны

труда и техники безопасности приобретают все большую остроту. Обусловлено это прежде всего причинами экономического характера. Флот и оборудование портов и причалов морально устаревают, а наукоемкие разработки пробивают себе путь очень медленно. Необходимо отметить, что и нормативно-правовая база в этой сфере отстает от условий общественной жизни. В этих условиях рынок не всегда предлагает надежные средства защиты работников, подверженных влиянию негативных факторов производства. Вместе с тем, проблема обостряется еще и в связи с износом подвижного состава и портового оборудования. И его эксплуатация не лучшим образом отражается на здоровье людей. А, как известно, основной ресурс производственного процесса – это здоровье и трудовое долголетие работников. Его сбережение дает огромный социальный и экономический эффект.

Эксплуатируемый флот, в частности пассажирский, а также оборудование портов (перегрузочная техника, мостовые краны) не всегда удовлетворяют требованиям нормативных документов. А одним из главных факторов, разрушающим здоровье работников, является общая вибрация.

Медицина труда, изучающая промышленную экологию и разрабатывающая мероприятия по профилактике профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, тесно связана с политикой и экономикой государства. В настоящее время, несмотря на сокращение объемов производства, во многих отраслях экономики сохраняется неблагоприятное состояние условий труда. По данным Госкомстата России в РФ во вредных условиях, не отвечающим санитарно-гигиеническим нормам, работает 21,4% от общей численности работающих в промышленности (в Новосибирской области соответственно – 29,5%) [1]. Вышеизложенное создает предпосылки для формирования профессиональных заболеваний у работников. Показатель профессиональной заболеваемости в начале 2000-х гг. в РФ составил 1,77 на 10000 работающих (в Новосибирской области – 1,70). В структуре профессиональных заболеваний в России ведущее место занимают болезни от воздействия физических факторов производственной среды (34,65%) – это шумовибрационная патология. Около 70 видов производственной деятельности связано с воздействием общей вибрации. В среднем по России врачи сталкиваются с 11-15 тысячами случаев вибрационной болезни в год и это еще не окончательная цифра, так как есть определенные сложности в диагностике данного заболевания. Существует европейская статистика общих потерь от вибрационной болезни. Такие потери от одного случая составляют порядка 28-35 тыс. \$ в год. А разовая реабилитация одного больного в санатории, по отечественным данным, обходится в сумму более 10 000 руб. Также существуют потери и другого рода. Во-первых, это увеличенные выплаты в фонды обязательного страхования от несчастных случаев и профзаболеваний. Во-вторых, штрафы за не аттестованные рабочие места. Экономические потери еще увеличиваются за счет расходов на лечение и реабилитацию больных профессиональными заболеваниями. Ежегодный ущерб, наносимый профзаболеваниями в связи с различными выплатами пострадавшим, составляет более 4% внутреннего валового продукта страны, причем около 30% этой суммы приходится на выплаты больным с вибрационной болезнью [1]. Между тем в стране до сих пор не отлажен механизм внедрения средств защиты, а экономический эффект от их внедрения может оказаться огромным.

Проблема защиты человека от действия вибрации становится одной из самых острых. В контакте с ее источниками находятся миллионы работников, причем эта цифра растет, поскольку технологии, связанные с появлением вибрационных полей, являются весьма перспективными с позиций производительности, скорости и т.д. Современные технические средства имеют тенденцию к форсированию скоростей и нагрузок и, как следствие, – к непрерывному увеличению интенсивности вибрационных и виброакустических нагрузок. В результате специалисты в области медицины фиксируют, что вибрационная болезнь в современной профессиональной клинике выходит на первое место. Она развивается в результате систематического и продолжительного воздействия локальной и общей вибрации. Болезнь от воздействия общей вибрации формируется у работающих длительное время на транспортных, транспортно-технологических машинах и механизмах. На предприятиях речного транспорта это судоводители, крановщики и др. Необходимо найти радикальный способ снижения воздействия вибрации на человека.

Снижению уровня вибрации и устранению ее последствий может служить виброзащитное кресло. В настоящее время различными научными объединениями разработано несколько типов современных кресел и некоторые из них успешно применяются в различных отраслях. На кафедре «Сопротивление материалов и подъемно-транспортные машины»

ФГОУ ВПО «НГАВТ» разработано виброзащитное кресло КМВЗ-2000-0 для использования на предприятиях транспорта, в частности, для машинистов локомотива. В настоящее время ведутся исследования по применению виброзащитного кресла для судоводителей.

Основание кресла предназначено для крепления кресла к полу кабины локомотива, регулировки сидения по высоте и обеспечения продольного перемещения сидения.

Подвеска кресла разработана ФГОУ ВПО «НГАВТ» и предназначена для виброзащиты оператора (машиниста) от вредного воздействия виброколебаний кабины в полосе частот от 1 до 80 Гц. В данной подвеске применены в совокупности два метода виброзащиты, а именно: виброизоляция и внутренняя виброзащита. Виброизоляция обеспечивается введением в конструкцию виброизоляторов (резиновых шайб и втулок, желательно использовать метод вулканизации). Внутренняя виброзащита образована из основного упругого элемента – пружины.

Применение вышеперечисленных методов виброзащиты обеспечивает коэффициент эффективности вибропередачи, удовлетворяющий требованиям ФТС ЖТ-ЦП053-2001.

В предлагаемой конструкции вибрация снижается за счет ослабления механической связи источника вибрации (пол кабины) и защищаемого объекта (машинист, судоводитель).

Основные требования к виброзащитному креслу следующие:

1 Снижение уровня общей вибрации, действующей на человека в данном сидении, путем преобразования вибрационных колебаний, поступающих от основания подвески сидения к посадочному месту и рассеивания их энергии при помощи специальных устройств.

2 Необходимость устойчивого положения человека от воздействия вертикальных и горизонтальных сил, а также крутящих моментов вдоль горизонтальной, продольной и поперечной осей.

3 Возможность удобного доступа человека ко всем устройствам ручного и ножного управления агрегатом, в который ставится сидение.

4 Надежность работы на длительное время.

5 Должны быть предусмотрены необходимые эргономические регулировки, а также регулировка по массе оператора в соответствии с Государственным стандартом.

6 Современный дизайн.

Социально-экономическую эффективность оснащения рабочего места судоводителя виброзащитным креслом можно рассчитать с помощью формулы

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{E}_\phi^{\text{внутр}} + \mathcal{E}_\phi^{\text{внешн}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_\phi^{\text{внутр}}$ – внутренний эффект, возникающий непосредственно на предприятии;

$\mathcal{E}_\phi^{\text{внешн}}$ – внешний эффект, отражается на выплатах из Фонда социального страхования и Пенсионного фонда России.

Внутренний эффект включает в себя экономию на больничных листах, экономию на выплатах по нетрудоспособности в результате профзаболеваний, на реабилитацию, лечение, экономию на затратах по привлечению кадрового состава, снижению плат за несоблюдение нормативов и требований к рабочему месту судоводителя.

Внешний эффект заключается в экономии средств на оплату больничных листов из Фонда социального страхования, выплаты пенсий и пособий по инвалидности, полученной в результате длительного воздействия общей вибрации и последствий, связанных с таким воздействием.

С учетом перечисленного формула (1) примет вид

$$\mathcal{E}_\phi = k_1 N_{\text{св}} \overline{M} \frac{t'_6}{30,6} + k_1 N_{\text{св}} \overline{M} \frac{(t_6 - t'_6)}{30,6} + k_2 N_{\text{св}} I_{\text{КП}} + k_2 N_{\text{св}} M_{\text{пенс}} + I_{\text{шт}}, \quad (2)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий снижение текущей заболеваемости судоводителей;

$N_{\text{св}}$ – численность (штат) судоводителей, человек;

\overline{M} – среднемесячная заработная плата судоводителя с учетом всех доплат, в том числе районного коэффициента, руб.;

t'_6 – количество больничных дней, оплачиваемых предприятием за год в расчете на одного судоводителя, дней;

t_6 – средняя продолжительность болезни одного судоводителя, дней;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение профзаболеваний у судоводителей;

$I_{\text{кп}}$ – затраты на привлечение кадров в расчете на одного человека, руб.;

$M_{\text{пенс}}$ – среднегодовой размер пенсий по инвалидности, руб.;

$I_{\text{шт}}$ – размер штрафных санкций за несоблюдение норм к рабочему месту, руб.

Величина штрафных санкций k_1 и k_2 определяется по отчетным данным Роспотребнадзора

$$k_1 = \frac{n_6 - n'_6}{n_{\text{общ}}}; k_2 = \frac{n_{\text{пз}} - n'_{\text{пз}}}{n_{\text{общ}}},$$

где n_6 – количество судоводителей, заболевших в результате воздействия общей вибрации до применения виброзащитного кресла, человек;

n'_6 – количество судоводителей, заболевших в результате воздействия общей вибрации после применения виброзащитного кресла, человек;

$n_{\text{общ}}$ – общее количество судоводителей, человек;

$n_{\text{пз}}$ – количество судоводителей, получивших профзаболевание в результате воздействия общей вибрации до применения виброзащитного кресла, человек;

$n'_{\text{пз}}$ – количество судоводителей, получивших профзаболевание в результате воздействия общей вибрации после применения виброзащитного кресла, человек.

В настоящее время эффект от внедрения данной инновации может быть определен экспертным путем. Для уточнения эффекта необходимо пробное внедрение в судоходной компании и мониторинг соответствующих показателей для дальнейшего анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бекенева, Т.И.** Профилактика вибрационной болезни как важная медицинская и социально-экономическая проблема: материалы семинара «Организационно-метод. вопросы техн. безопасности, охраны труда и экологии на угольных предприятиях» / Т.И. Бекенева. - Новосибирск, 2001.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: охрана труда и техника безопасности; снижение вредных воздействий, виброзащита
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Сахнов Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ТРЕНАЖЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТАНКАХ ТАНКЕРА

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

О.П. Шураев

Разработана математическая модель, имитирующая процессы теплопередачи в танках танкера и теплового взаимодействия с окружающей средой. Анализируются тепловые процессы, происходящие в танках танкера. Модель используется в программном продукте «Тренажер выполнения грузовых и технологических операций на танкере»

Введение. Одной из специальных систем танкера является система подогрева груза. Она служит для подвода теплоты к вязким нефтепродуктам с целью снижения их вязкости перед выгрузкой. Тем самым обеспечивается номинальный режим работы грузовых насосов и, следовательно, разгрузка судна в заданный срок с «мертвым» остатком, не превышающим заданную норму. На нефтеналивных судах смешанного плавания преобладает подогрев груза паром, получаемым в паровых котлах. На танкере, рассматриваемом в качестве прототипа для создания тренажерной модели, смонтирована змеевиковая система подогрева. Нагревательные элементы прокладываются на высоте 80-200 мм от днища [1].

Для программного комплекса «Тренажер выполнения грузовых и технологических операций на танкере» создана математическая модель, описывающая теплообмен груза в танке с газовой средой в нем, через переборки с грузом и газовой средой в соседних танках, с атмосферой и окружающей водной средой.

Описание математической модели. Базовыми уравнениями тепловых расчетов явля-

ются:

– уравнение теплопередачи

$$\frac{dQ}{d\tau} = \Phi = kA\Delta t, \quad (1)$$

где Φ – тепловой поток, Вт;

Q – количество теплоты, Дж;

τ – время, с;

k – коэффициент теплопередачи, (Вт/м²·К);

A – площадь теплообмена, м²;

Δt – температурный напор, К.

– уравнение теплового баланса

$$\Phi = G_1 c_{p1} (t_{11} - t_{12}) = G_2 c_{p2} (t_{22} - t_{21}), \quad (2)$$

где G – массовый расход теплоносителя, кг/с;

c_p – удельная теплоемкость, Дж/кг·К.

индексы «1» и «2» относятся к горячему и холодному теплоносителю соответственно, второй индекс у температур t указывает на «вход» (1) и «выход» (2) теплоносителя.

Основные тепловые процессы, происходящие в танках и системе подогрева груза, можно выделить в следующие группы.

1 Теплоотдача при движении пара в трубах системы подогрева груза. Поскольку изменение температуры груза на одном временном шаге невелико, а температура пара на линии насыщения не меняется вовсе, то в пределах одного временного шага температурный напор $\Delta t = t_s - t$ можно считать постоянным

$$\frac{dQ_s}{d\tau} = kA\Delta t. \quad (3)$$

Коэффициент теплопередачи от труб подогревателей составляет 35-60 Вт/(м²·К) [1].

Состояние пара при этом определяется из равенства

$$\frac{dQ_s}{d\tau} = G_s (h_s - h_w), \quad (4)$$

где h_s, h_w – удельная энтальпия пара и конденсата, Дж/кг.

2 Подогрев груза в произвольно выбранных одном или нескольких танках. Очевидно, что этот процесс является обратной стороной процесса, описанного в п.1. В зависимости от состояния запорной арматуры системы подогрева определяется количество теплоты, переданной грузу в каждом танке и его новая температура.

Теплота, отбираемая у пара, идет на увеличение температуры груза:

$$dQ_s = c_p M (t_1 - t_0),$$

откуда, подставив (3), получим

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{kA(t_s - t)}{M \cdot c_p}, \quad (5)$$

где M – масса груза, кг.

3 Тепловые потери через стенки, днище танка и палубу при различных температурах воздуха и забортной воды, с учетом заполнения произвольной средой смежных отсеков. Рассмотрим два смежных танка, разделенных переборкой, например, танки 1 и 3 (рисунок 1).

Пусть $t_{c3} > t_{c1}, t_{g3} > t_{g1}, t_{c3} > t_{g1}$, а также уровень груза в танке 3 больше, чем в танке 1. Можно выделить три составляющих теплового потока между танками:

– тепловой поток между грузом в соседних танках

$$\Phi_{cc} = k_{cc} A_{cc} (t_{c3} - t_{c1}), \quad (6)$$

где k_{cc} – коэффициент теплопередачи между грузом в танках;

A_{cc} – площадь переборки, омываемая грузом с обеих сторон.

Очевидно, что если пренебречь креном и дифферентом судна, то

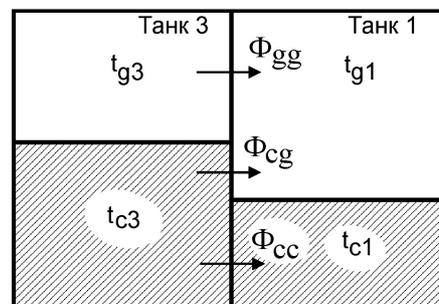


Рисунок 1 – Теплообмен через переборку танка (вертикальный разрез)

$$A_{cc} = \min(h_1, h_3) \times B,$$

где h_i – высота уровня груза в соседних танках;

B – ширина танка, м.

– тепловой поток между грузом и газом

$$\Phi_{cg} = k_{cg} A_{cg} (t_{g3} - t_{c1}), \quad (7)$$

где k_{cg} – коэффициент теплопередачи между грузом в одном танке и газом в другом;

A_{cg} – площадь переборки, омываемая грузом с одной стороны.

Также пренебрегая креном и дифферентом судна, получим

$$A_{cg} = [\max(h_1, h_3) - \min(h_1, h_3)] \times B.$$

– тепловой поток между газом в танках

$$\Phi_{gg} = k_{gg} A_{gg} (t_{g3} - t_{g1}), \quad (8)$$

где k_{gg} – коэффициент теплопередачи между газом в танках;

A_{gg} – площадь переборки, омываемая с обеих сторон газом,

$$A_{ca} = \max(h_1, h_3) \times B.$$

В отсутствие тепловых потерь количество теплоты, отданное через переборку, равно количеству теплоты, принятой в соседнем танке. То есть, с учетом знака можно записать выражения (6)-(8) для каждого танка и каждой переборки. Необходимо только составить матрицу, в которой содержалась бы информация о граничащих друг с другом танках. Рассматриваемые тепловые потоки удобно показать на графе (рисунок 2).

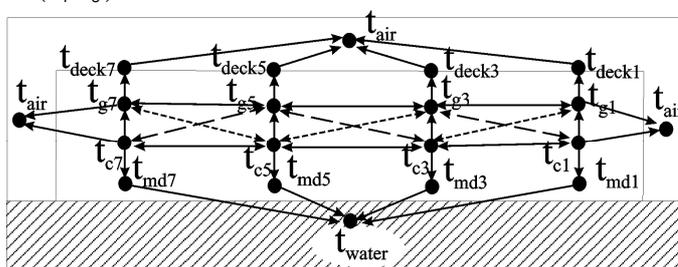


Рисунок 2 – Граф тепловых потоков в продольном направлении танкера

Аналогично формируются уравнения теплопередачи в поперечном направлении танкера. Следует лишь учесть, что бортовые балластные цистерны могут быть заполнены, в зависимости от ситуации, либо воздухом, либо заборной водой.

В вертикальном направлении тепловые потоки определяются несколько иначе (рисунок 3). На данный момент модель не учитывает испарение груза со свободной поверхности, однако в модели учитывается теплообмен между грузом и газом в танке. Это осуществляется посредством введения коэффициента теплоотдачи на границе «груз-газ» в танке. На два этапа разбивается и процесс теплопередачи через палубу. В силу малости термического сопротивления стали, температура палубы с обеих сторон считается одинаковой. Вместе с тем металл палубы может аккумулировать теплоту. Поэтому тепловой поток от газа в танке к палубе в общем случае не равен тепловому потоку от палубы в атмосферу.

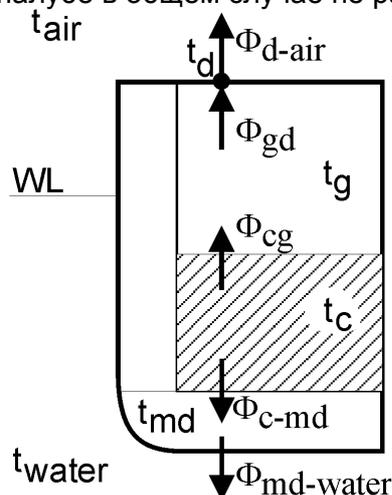


Рисунок 3 – Теплообмен в вертикальном направлении

Такой подход позволяет в дальнейшем дополнить модель условием подогрева груза и газа в танке от солнечного излучения, падающего на палубу, и/или от теплоты атмосферного воздуха (моделирование плавания в тропиках), и условием охлаждения атмосферы танка при орошении палубы.

Следует заметить, что модель учитывает направление тепловых потоков. Знак «минус» в значении теплового потока укажет на его противоположное направление, то есть модель позволяет осуществить подогрев груза от инертных газов, подаваемых в танк; газовая среда в танке может нагреваться от солнечных лучей, падающих на палубу и т.п.

Таким образом, из выражений (6)-(8) с учетом (1) и (2) и по аналогии с (5) получим уравнение для определения температуры груза в танке, учитывающее теплоотдачу через переборки

$$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{1}{M \cdot c_p} \times \left\{ \sum_{j=1}^4 \left[k_{cc_j} \cdot A_{cc_j} (t - t_{c_j}) \cdot (H \cdot H_{c_j} > 0) + k_{cg_j} \cdot A_{cg_j} (t - t_{g_j}) \cdot (H \geq H_{c_j}) \right] + k_{cg} \cdot A_{cg} (t - t_g) + k_{cmd} \cdot A_{cmd} (t - t_{md}) \right\} \quad (9)$$

где H – высота уровня груза в рассматриваемом танке;

H_c – высота уровня груза в соседнем танке, м

индекс y переменных рассматриваемого танка опущен.

4 Теплообмен при массообмене груза и газа между соседними танками при открытых клинкетных задвижках. На танкерах с клинкетной системой перетекания груза необходимо учитывать теплообмен при перетекании груза из одного танка в другой при открытых клинкетных задвижках (теплообмен при массообмене).

Так как температура груза в соседних танках может отличаться, при перетекании груза из одного танка в другой происходит изменение температуры груза в тех танках, куда груз поступает. При этом температура груза в том танке, из которого груз поступает, не меняется. Таким образом, для каждого j -го танка можно записать уравнение изменения массы груза в танке

$$\frac{dM}{d\tau} = \sum_{k=1}^m G_k, \quad (10)$$

где G_k – расход груза через k -е отверстие в танке (таких отверстий в каждом танке может быть разное количество m), кг/с.

Уравнение изменения температуры в танке при массообмене

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\sum_{k=1}^m [G_k \cdot \Delta\tau \cdot c_{p_k} (t_{in} - t)(G_k > 0)]}{M \cdot c_p + \sum_{k=1}^m (G_k \cdot \Delta\tau \cdot c_{p_k})}, \quad (11)$$

где t_{in} – температура груза, поступающего через k -ое отверстие.

Числитель дроби $\sum_{k=1}^m [G_k \cdot \Delta\tau \cdot c_{p_k} (t_{in} - t)(G_k > 0)]$ представляет собой количество теплоты, поступившей в танк при втекании груза. Умножение на результат неравенства ($G_k > 0$) позволяет отбросить расход груза, вытекающего из танка, как не влияющий на изменение температуры.

Если пренебречь разностью теплоемкости втекаемого груза и груза, находящегося в танке, то знаменатель $M \cdot c_p + \sum_{k=1}^m (G_k \cdot \Delta\tau \cdot c_{p_k})$ можно записать в виде $c_p \cdot \left[M + \sum_{k=1}^m G_k \cdot \Delta\tau \right]$.

Тогда (11) запишется в виде

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\sum_{k=1}^m [G_k \cdot \Delta\tau \cdot (t_{in} - t)(G_k > 0)]}{M + \sum_{k=1}^m G_k \cdot \Delta\tau}. \quad (12)$$

Все перечисленные факторы могут действовать как по отдельности, так и все вместе.

Основным отличием данной модели от известных в литературе [2-4] является ее ориентация на принципы имитационного моделирования:

1) Реализация модели в программном продукте «Тренажер выполнения грузовых и технологических операций на танкере» открыта для вмешательства пользователя в ход процессов подогрева и массообмена. В любой момент времени пользователь – оператор поста управления грузовыми операциями – может начать подогрев груза, прекратить его, или перепустить часть груза из одного танка в другой. Модель немедленно отреагирует на изменившиеся условия. Вместе с тем процесс остывания груза самопроизволен и существует всегда, пока существует разность температуры груза и окружающих сред.

2) Возможность создания и адекватное моделирование практически любых ситуаций, реальных и маловероятных. Для системы подогрева груза одной из таких ситуаций может быть подача пара в систему подогрева порожнего танка.

3) Учет действия независимых факторов. Модель учитывает условия теплообмена на

каждой поверхности независимо, также независимо от остальных факторов рассчитывается теплообмен при массообмене.

В модели приняты следующие допущения: танки и цистерны прямоугольные; посадка судна принимается без крена и дифферента; нет теплового взаимодействия (теплопроводности, конвекции) между отсеками в междудонном пространстве, а также палубы танкера с остальной частью корпуса. Мы полагаем, что первое и третье допущения мало сказываются на точности моделирования при условии равенства площади теплоотдачи, а второе в случае необходимости может быть легко устранено.

Выводы. Разработанная модель позволяет имитировать изменение температуры в танках танкера при:

- естественном охлаждении груза;
- паровом подогреве груза;
- массообмене груза между танками.

Предлагаемая модель учитывает влияние на процессы теплопередачи:

- температуры забортной воды и окружающего воздуха;
- скорости судна;
- температуры палубы.

Адекватность модели достигается ее построением на базе фундаментальных законов сохранения массы и энергии. Формулировка уравнений в виде задачи Коши позволяет применить для решения аппарат численного решения систем дифференциальных уравнений первого порядка. Это позволяет использовать данную модель в тренажере выполнения грузовых и технологических операций на танкере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Кутыркин, В.А.** Специальные системы нефтеналивных судов / В.А. Кутыркин, В.И. Постников. -М.: Транспорт, 1983. -192 с.

2 **Кутыркин, В.А.** Тепломассоперенос при разгрузке нефтеналивных судов / В.А. Кутыркин // Проблемы транспорта: сборник / НГАВТ. -Н. Новгород, 2000. -С. 58-66.

3 **Костылев, И.И.** Подогрев груза на танкерах / И.И. Костылев. -Л.: Судостроение, 1976. -104 с.

4 **Костылев, И.И.** Безопасность эксплуатации технологического комплекса танкера / И.И. Костылев, Н.И. Денисенко, В.А. Петухов. -СПб.: Элмор, 2001. -192 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплопередача в танках танкера; математическая модель теплообмена

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шураев Олег Петрович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСОБРАЗНОГО УРОВНЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ НА ВХОДЕ В КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ КАМАЗ-740.11 НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ

ФГУП «15 Центральный автомобильный ремонтный завод» МО РФ

В.А. Романов, Т.Ф. Султанов

Приведены оригинальные методика и результаты определения целесообразного уровня температуры отработавших газов на входе в каталитический нейтрализатор дизеля КамАЗ-740.11, при которой обеспечивается наибольшая эффективность снижения вредных выбросов.

Известно, что с целью снижения количества вредных выбросов с отработавшими газами (ОГ) ДВС широко используют каталитические нейтрализаторы (КН) [1]. Они позволяют существенно снизить содержание вредных веществ в ОГ. Срок службы и эффективность КН тесно связаны с режимами эксплуатации последних. Исследования многих авторов позволяют утверждать, что среди прочих причин весьма серьезными являются переохлаждение (ниже 250 °С) реактора и перегрев корпуса нейтрализатора. В первом случае резко снижается эффективность его работы, а во втором возможен прогар корпуса. Основную роль в формировании отмеченных негативных явлений играет температура ОГ.

В настоящей статье приводятся результаты определения целесообразного уровня температуры ОГ на входе в КН дизеля КамАЗ-740.11.

Было определено изменение степеней превращения вредных компонентов ОГ при их прохождении через КН на режимах внешней скоростной характеристики при частотах вращения коленчатого вала дизеля $n = 1000; 1400; 1800; 2200$ и 2600 мин^{-1} . На рисунке 1 в качестве примера, показано изменение степеней превращения вредных компонентов ОГ на двух режимах.

Анализ характера полученных зависимостей позволяет сделать следующие выводы. С повышением частоты вращения коленчатого вала и соответствующего увеличения расходов воздуха и топлива (а следовательно, и ОГ, проходящих через КН) степени превращения вредных компонентов снижаются. Так, максимальное значение степени превращения оксидов азота (NO_x) при изменении частоты вращения коленчатого вала с 1000 до 2600 мин^{-1} снизилось на 27,4%, углеводородов (СН) – на 49,4%, оксида углерода (СО) – на 32,6% и твердых частиц (ТЧ) – на 37,5%.

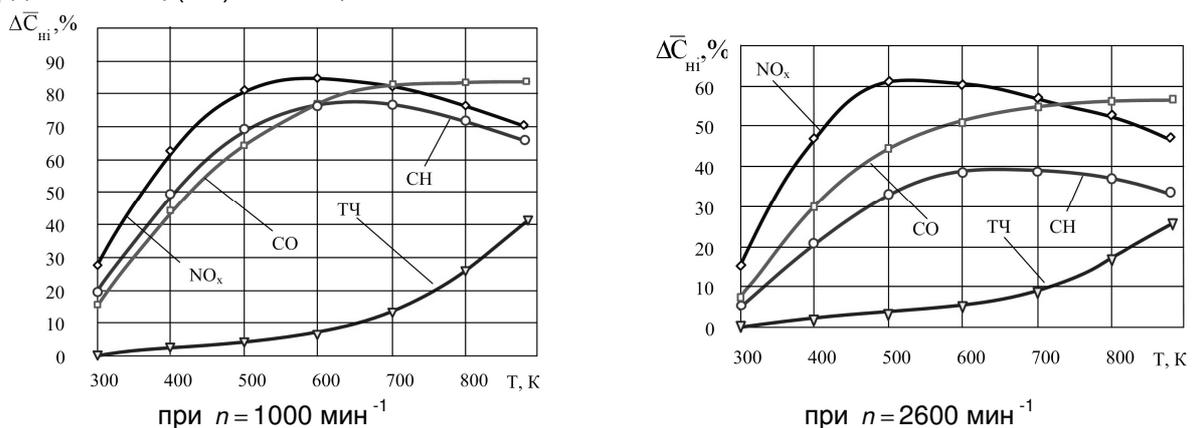


Рисунок 1 – Изменение степеней превращения вредных компонентов в зависимости от температуры отработавших газов

Причина указанных изменений обусловлена уменьшением времени нахождения ОГ в КН (т.е. времени контакта вредных веществ с катализатором).

Существуют некоторые общие закономерности изменения степеней превращения каждого отдельного компонента при любых расходах ОГ. Так, эффективность нейтрализации оксидов азота интенсивно нарастает с увеличением температуры до 500-550 К, после чего плавно снижается. Имеет максимум при температура 600-700 К и кривая степени превращения углеводородов. Эффективность нейтрализации оксида углерода непрерывно повышает-

ся с ростом температуры с зоне реакции доокисления, хотя при более высоких значениях температуры интенсивность этого роста замедляется. Степень превращения твердых частиц, наоборот, имеет четкую тенденцию к росту с повышением температуры.

Для определения целесообразного уровня температуры ОГ на входе в каталитический нейтрализатор были просуммированы степени превращения рассмотренных вредных компонентов при одинаковых температурах ОГ на каждом их рассмотренных скоростных режимах. Результаты изменения суммы степеней превращения, представленные на рисунке 2, позволяют сделать следующие выводы.

1 До температуры в зоне реакций нейтрализации, равной 500 К, имеет место весьма интенсивное повышение интегральной эффективности процессов (усредненное повышение значения суммарных степеней превращения исследованных вредных компонентов составляет примерно 70% на каждые 100 К).

2 В диапазоне температур 500-700 К повышение интегральной эффективности процессов нейтрализации заметно снижается и составляет примерно 11% на каждые 100 К.

3 После температуры, равной 700 К, повышение интегральной эффективности нейтрализации практически прекращается.

Полученные выводы свидетельствуют о том, что целесообразным уровнем температуры ОГ дизеля КамАЗ-740.11 на входе в КН является диапазон 700-800 К, так как меньшие температуры будут снижать эффективность процессов нейтрализации, а более высокие могут вести к перегреву реактора и корпуса КН.

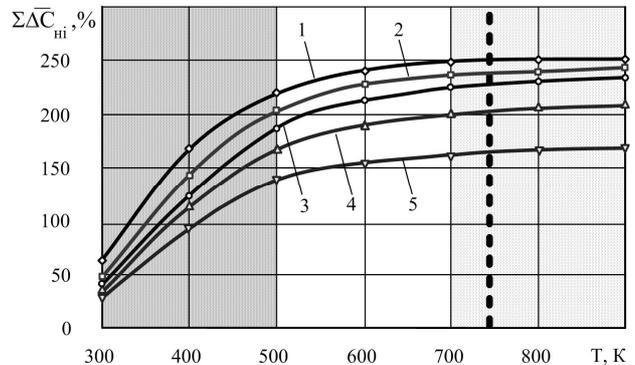


Рисунок 2 – Суммарное изменение степеней превращения вредных компонентов в зависимости от температуры отработавших газов и частоты вращения: 1-1000 мин⁻¹; 2-1400 мин⁻¹; 3-1800 мин⁻¹; 4-2200 мин⁻¹; 5-2600 мин⁻¹

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Снижение токсичности автотракторных дизелей:** учеб. пособие по целевой подготовке специалистов ДВС / А.Л. Новоселов [и др.]. -Барнаул: Алт. ГТУ, 1996. -122 с.

2 **Каталитический нейтрализатор для дизеля:** а.с. №12840 / В.С. Кукис, А.И. Богданов, Д.В. Нефедов. -опубл. 10.02.2000.

3 **Султанов, Т.Ф.** Каталитический нейтрализатор с повышенной надежностью и эффективностью снижения вредных выбросов / Т.Ф. Султанов // Науч. вестн. ЧВВАКИУ. - Челябинск, 2006. -Вып.18. -С. 124-126.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отработавшие газы, каталитический нейтрализатор; снижение вредных выбросов

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Романов Виктор Анатольевич, канд. техн. наук, начальник ФГУП «15 ЦАРЗ» МО РФ

Султанов Тимур Фаритович, канд. техн. наук, главный инженер ФГУП «15 ЦАРЗ» МО РФ

ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВС

ФГУП «15 Центральный автомобильный ремонтный завод» МО РФ

О.И. Быстров

Рассмотрены принцип действия и термодинамика процессов в поршневом двигателе, рабочий цикл которого состоит из шести тактов: впуска; сжатия; расширения от продуктов сгорания топлива; сжатие продуктов сгорания топлива; расширения смеси продуктов сгорания от впрыска воды; выпуска. Показано, что при такой организации рабочего цикла индикаторные показатели повышаются на 10-25%, а вредные выбросы снижаются до 50%.

Совершенство рабочего процесса поршневых ДВС, согласно теории двигателей, оценивается величиной индикаторного КПД (т.е. эффективностью преобразования термодинамической энергии топлива в работу расширения) или величиной тепловых «потерь». Принципи-

ально выделившаяся при сгорании теплота «теряется» либо с поверхности двигателя, либо с уходящими из него отработавшими газами (ОГ) (рисунок 1).

Соответствующий приведенной схеме энергетический баланс представлен в таблице.

Выбрасываемые из двигателей в атмосферу ОГ обладают механическим, термическим и химическим потенциалами. Первый обусловлен разницей давлений; второй - разницей температур; третий - разницей концентраций компонентов ОГ и окружающей среды, а также возможностью протекания химических реакций после выброса ОГ в атмосферу. Наличие градиентов потенциалов обуславливает возможность соответственно механического (деформационного), термического и химического взаимодействий ОГ с окружающей средой, т.е. принципиальную возможность получения работы.

Особо остро встает вопрос о «потерях» теплоты с ОГ в связи с существующей тенденцией «адиабатизации» двигателей внутреннего сгорания, позволяющей повысить топливную экономичность, уменьшить размеры и массу двигателя, исключить радиатор и вентилятор системы охлаждения, что снижает габариты и массу силовых установок и позволяет уменьшить подкапотное пространство.

Для более полного использования потенциала органического топлива предлагается шеститактный комбинированный двигатель с новым рабочим процессом.

Таблица 1 – Энергетический баланс поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания (проценты от теплоты сгорания использованного топлива)

Тип двигателя	Составляющие баланса				
	Эффективная работа	потери			
механические		с отработавшими газами	с поверхности двигателя и его систем	обусловленные неполнотой сгорания топлива	
С искровым зажиганием	21-28	10-15	30-35	15-37	0-15
Дизели:					
– без наддува	29-42	9-17	25-45	17-40	0-15
– с наддувом	35-45	10-15	25-45	12-30	0-5

вать «потери» теплоты ранее уходящие с ОГ, но и при определенных условиях доокислить

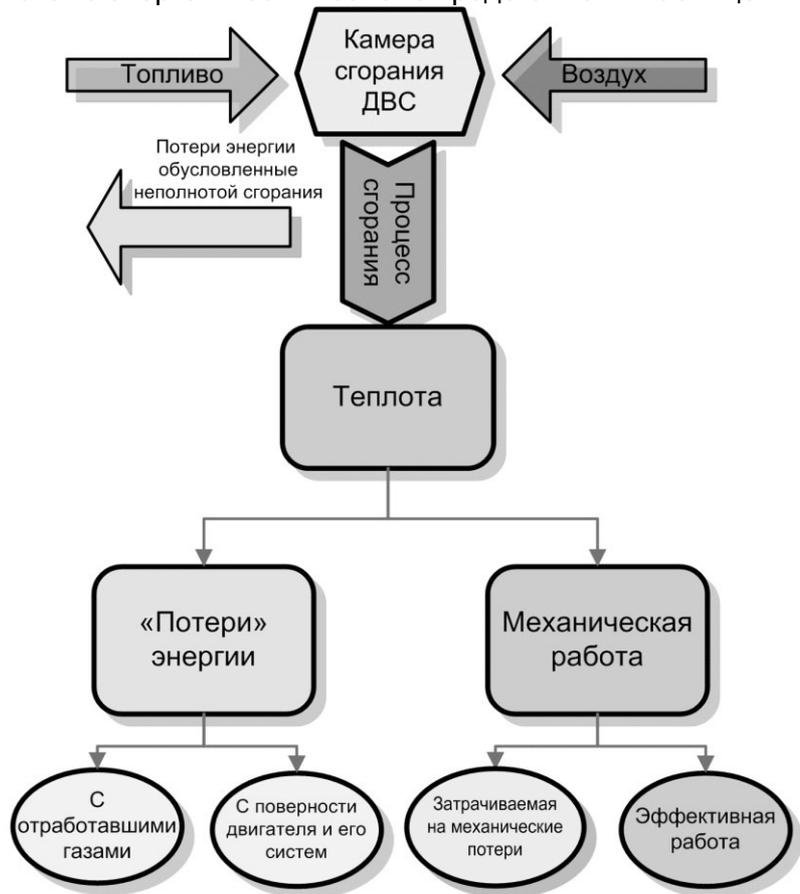


Рисунок 1 – Принципиальная схема распределения термохимической энергии топлива в двигателе внутреннего сгорания

Первый, второй и третий такты данного двигателя ничем не отличаются от первых трёх тактов дизеля (впуск, сжатие, рабочий ход). После рабочего хода отработавшие газы не выпускаются из цилиндра (выпускной клапан не открывается). Следует четвертый такт второго сжатия (в цилиндре сжимаются отработавшие газы). В конце процесса сжатия, через отдельную форсунку, в объём камеры сжатия цилиндра двигателя, под высоким давлением, впрыскивается вода. Под воздействием давления пара поршень совершает ещё один рабочий ход (пятый такт). Завершает цикл шестой такт выпуска.

Использование предлагаемого шеститактного комбинированного цикла позволяет не только реализовать

в цилиндре двигателя не полностью сгоревшие углеводороды, угарный газ и сажу с дополнительным выделением теплоты, что позволит значительно снизить токсичность продуктов горения выбрасываемых двигателем в окружающую среду. При впрыске воды в цилиндр двигателя, за счёт её высокой теплоёмкости, будет также поглощаться часть теплоты, передаваемой от деталей, образующих камеру сгорания. Шеститактный цикл позволит дополнительно использовать следующие составляющие энергетического баланса ДВС:

- часть внутренней энергии, уходящую из цилиндра в форме теплоты с отработавшими газами;
- «потери» энергии в форме теплоты, обусловленные неполнотой сгорания топлива;
- часть внутренней энергии, отводимую в форме теплоты в систему охлаждения и рассеиваемую затем в окружающую среду.

Свёрнутая индикаторная диаграмма этого цикла представлена на рисунке 2.

Можно проанализировать процессы которые дополняют шеститактный цикл и отсутствуют в обычном, четырёхтактном дизеле.

Процесс сжатия продуктов сгорания. Когда поршень находится в НМТ (точка b), температура рабочего тела несколько выше температуры стенок внутрицилиндрового пространства. Это обуславливает передачу теплоты от рабочего тела окружающим деталям и наличие системы охлаждения. По мере движения поршня в направлении ВМТ температура рабочего тела постепенно увеличивается.

В ходе всего процесса сжатия температура рабочего тела будет выше, чем у окружающих его стенок, следовательно, будет происходить отвод теплоты от сжимаемого газа к стенкам. Следовательно, реальный процесс сжатия должен протекать по политропе

$$pV^{n_3} = idem,$$

где n_3 – показатель политропы сжатия, $1,0 < n_3 < 1,33$.

Параметрами, характеризующими процесс сжатия, являются: степень сжатия ε , температура T_{c1} и давление p_{c1} рабочего тела в конце процесса.

Расчет величин давления и температуры в конце сжатия ведется по следующим формулам

$$p_b V_b^{n_3} = p_{c1} V_{c1}^{n_3}; p_{c1} = p_b \varepsilon^{n_3}; T_{c1} = T_b \varepsilon^{n_3 - 1}.$$

Очевидно, что при одинаковых параметрах состояния в начале процесса p_b и T_b , неизменной степени сжатия особенности процесса сжатия определяются в первую очередь, условиями теплообмена. Проявляются эти условия через величину показателя политропы. Чем больше теплоты отводится от рабочего тела при его сжатии, тем меньше величина показателя политропы и наоборот.

Кроме того, на величину показателя политропы сжатия влияют утечки рабочего тела через зазоры между деталями (изменение количества продуктов сгорания).

Чем ближе численные значения n_3 к показателю адиабаты (равному для многоатомных газов 1,33), тем меньше «потери» тепла в процессе сжатия.

Процесс смешения. Прежде чем описывать процесс смешения с парообразованием необходимо охарактеризовать все условия и параметры состояния для воды и продуктов сгорания.

Вода впрыскивается в цилиндр в предкритическом состоянии. Давление 22,0-22,5 МПа и выше. Температура 573-643 К. Данные параметры позволяют не тратить внутреннюю энергию продуктов сгорания на нагрев воды до температуры парообразования. Нагреть и поддерживать температуру воды в пределах 573-643 К без парообразования сложно с технической точки зрения. Поэтому ограничимся температурным диапазоном (363-373 К) 90-100 °С. Для достижения данных параметров воду можно сжимать плунжерным насосом высокого

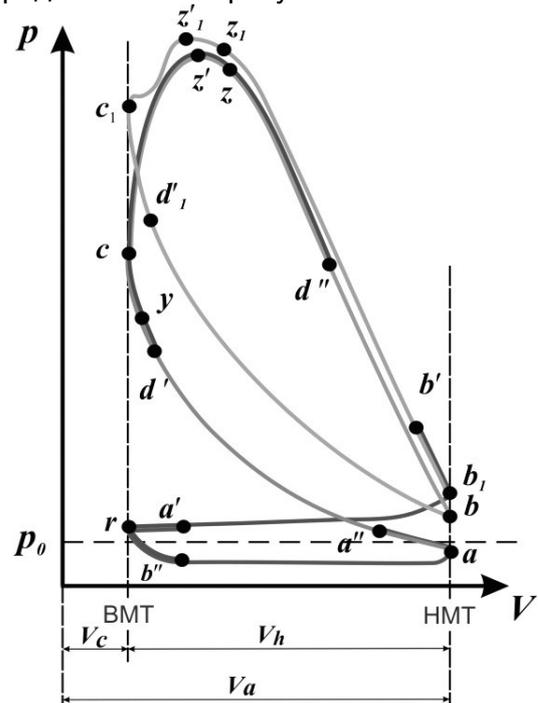


Рисунок 2 – Свёрнутая индикаторная диаграмма шеститактного цикла

давления или насосом-форсункой. Давление начала поднятия иглы форсунки должно быть отрегулировано на 22-23 МПа. При увеличении давления, температура воды будет соответственно повышаться до 90-100 °С.

В точке d'_1 процесса сжатия начинается подача воды через форсунку в цилиндр двигателя. В период $d'_1 - c_1$ подаваемая в цилиндр вода нагревается продуктами сгорания до температуры парообразования.

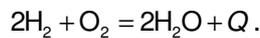
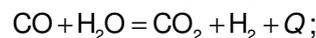
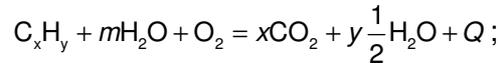
Нагрев подаваемой в цилиндр воды происходит за счёт внутренней энергии продуктов сгорания. Количество этой энергии можно определить как сумму внутренней энергии оставшейся после процесса расширения $\Delta U_{b-r} = Q_{b-r} + L_{b-r}$ (то что могло бы быть выброшено из цилиндра в процессе выпуска четырёхтактного цикла $b-r$) и энергии полученной продуктами сгорания в процессе сжатия $b-c_1$:

$$\Delta U_{b-c1} = L_{b-c1} - Q_{b-c1}; U_{nc} = \Delta U_{b-r} + \Delta U_{b-c1}.$$

В начале периода $c_1 - z'_1$ происходит парообразование. Участок, показанный на индикаторной диаграмме (см. рисунок 2) небольшим прекращением увеличения давления в цилиндре. Далее пар продолжает перегреваться с увеличением давления в цилиндре до точки z'_1 . Параметры давления и температуры в точке z'_1 определяются как результирующие при условии подведённой к воде теплоты в количестве:

$$Q_{p1} = U_{nc}.$$

Внутренняя энергия суммарного рабочего тела в цилиндре увеличивается на величину внутренней энергии впрыскиваемой в цилиндр воды. Дальнейший перегрев пара в периоде $z'_1 - z_1$ осуществляется за счёт теплоты Q_{p1}^* , получаемой в результате доокисления продуктов сгорания (углеводородов, угарного газа, сажи) и теплоты передаваемой от стенок деталей цилиндра. В связи с высокой температурой 600-700 °С в присутствии перегретого пара происходят окислительные реакции:



Теплоту Q_{p1}^* можно рассчитать как количество теплоты, получаемой в первоначальном процессе сгорания, применив коэффициент доокисления обратный коэффициенту эффективности сгорания

$$1/\xi = 0,1-0,4; Q_{p1}^* = \frac{Q_m}{\xi}.$$

Это позволит значительно улучшить экологические параметры отработавших газов двигателя (рисунок 3).

Суммарная внутренняя энергия продуктов сгорания и получаемая теплота, которые могут пойти на парообразование и перегрев пара определяют количество воды (цикловую подачу воды) которое можно подать в цилиндр с учётом получения в цилиндре перегретого пара. Учитывая, что удельная массовая теплоёмкость воды в три раза выше, чем теплоёмкость продуктов сгорания, можно предположить, что количество подаваемой в цилиндр воды должно быть в три раза меньше коли-

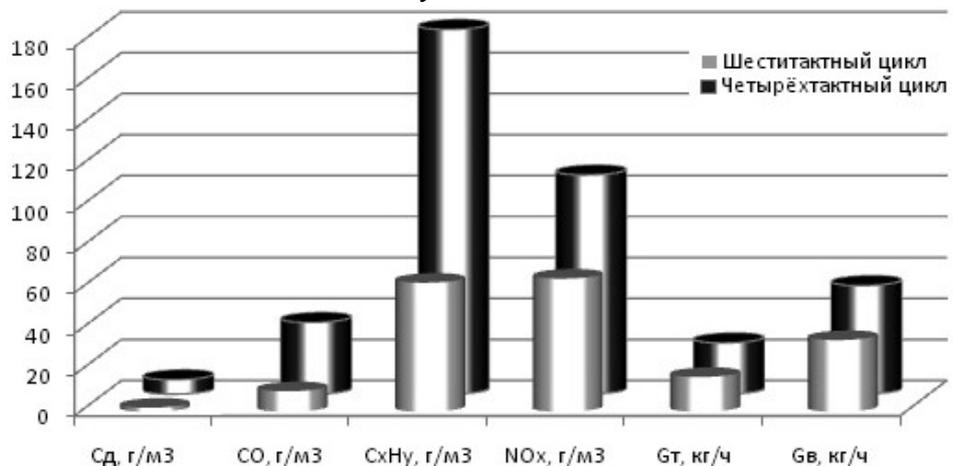


Рисунок 3 – Сравнительные показатели экологической безопасности дизеля с шеститактным и четырёхтактным циклами

чества продуктов сгорания. Но, принимая во внимание, что подаваемая в цилиндр вода уже обладает определенным количеством внутренней энергии, количество воды увеличим до соотношения 1:2. Таким образом, для процессов происходящих с момента z'_1 , к общей массе рабочего тела в цилиндре можно применить коэффициент 1,5. Регулирование количества подаваемой в цилиндр воды (цикловой подачи воды) необходимо производить пропорционально количеству подаваемого топлива (цикловой подаче топлива), так как оно является единственным источником энергии ДВС и в свою очередь регулируется в зависимости от всех остальных параметров (количества воздуха, нагрузки, частоты вращения коленчатого вала двигателя и т.д.).

Температура рабочего тела в момент z'_1 и z_1 определяется исходя из количества энергии переданной ему в виде теплоты

$$Q_{p1} = Q'_{p1} + Q''_{p1} = m_{(воды)} c_{v(воды)} (T_{z'_1} - T_{c1}) + 1,5m \cdot c_p (T_{z_1} - T_{z'_1});$$

отсюда

$$T_{z'_1} = \frac{Q'_{p1}}{m_{(воды)} c_{v(воды)}} + T_{c1};$$

$$T_{z_1} = \frac{Q''_{p1}}{1,5m \cdot c_p} + T_{z'_1}.$$

Очевидно, что чем больше внутренняя энергия продуктов сгорания, тем большее количество воды может участвовать в работе, а при неизменном количестве воды получим более высокую температуру в точках z'_1 и z_1 . Количество теплоты Q''_{p1} и температура в точке z_1 будут обратно пропорционально зависеть от эффективности смесеобразования и сгорания основного периода горения. При большом остатке внутренней энергии в цилиндре после первого расширения эффективность дополнительных процессов будет расти, а при более полном использовании энергии в первых трёх тактах, эффективность дополнительных процессов будет снижаться.

Процесс второго расширения. Это второй процесс шеститактного рабочего цикла, в течение которого реализуется основное назначение двигателя – производство работы.

В рассматриваемом процессе можно выделить три характерных участка (рисунок 2): $c_1 - z_1$; $z_1 - b'$ и $b' - b_1$.

На первом участке $c_1 - z_1$ расширение сопровождается парообразованием воды и доокислением углеводородов. Несмотря на увеличение объема, давление в цилиндре сначала остаётся неизменным, а температура будет понижаться. Затем, давление в связи с перегревом пара начнёт возрастать, а температура в результате доокисления продуктов сгорания несколько повысится, p_{max} достигается в точке z'_1 . Точка z_1 характеризует конец процессов парообразования и доокисления.

Участок $z_1 - b'$ представляет собой «чистое» расширение, которое не сопровождается какими-либо другими процессами. На последнем участке $b' - b_1$ расширение сопровождается выпуском из цилиндра отработавших продуктов.

Процесс расширения характеризуется сложным, непрерывно изменяющимся энергетическим балансом. В начале, расширение сопровождается интенсивным поглощением теплоты при парообразовании. Внутренняя энергия суммарного рабочего тела остаётся почти неизменной. Далее, до момента z_1 к рабочему телу будет подводиться энергия в виде теплоты от доокисления продуктов сгорания и отводиться в виде работы. После точки z_1 температура (а значит, и внутренняя энергия) суммарного рабочего тела начинает уменьшаться. Энергия уходит от рабочего тела и на микроуровне, и на макроуровне.

Эффективность дополнительных тактов и процессов будет зависеть от количества не реализованной энергии в первых трёх процессах. Основными источниками дополнительных процессов являются:

- энергия продуктов сгорания, оставшаяся после первого рабочего хода;
- энергия недоокислившись углеводородов.

При неизменной цикловой подаче топлива полезная работа, получаемая от парообразования и доокисления будет расти при снижении эффективности основных процессов, и соответственно снижаться при повышении их эффективности. В целом индикаторные показатели повышаются на 10-25%.

1 Утилизационный двигатель с внешним подводом теплоты: а.с. №21068 Рос. Федерация: МКИ U1 7F 01 K 7/00 / Кукис В.С., Руднев В.В., Хасанова М.Л. -опубл. 20.12.2001, Бюл.№35.

2 Кукис, В.С. Индикаторная диаграмма парового двигателя для утилизации теплоты отработавших газов ДВС / В.С. Кукис, А.Б. Смолин // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения». -Челябинск, 2003. -С. 39-41.

3 Кукис, В.С. Двигатель для утилизации теплоты отработавших газов / В.С. Кукис, А.Б. Смолин, А.И. Богданов // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. -М., 2000. -Т.1. -С. 56-57.

4 Кукис, В.С. Повышение мощностных, экономических и экологических показателей автомобильных двигателей за счет утилизации их тепловых потерь / В.С. Кукис // Автошляховик України. -2001. -№3. -С. 7-10.

5 Кукис, В.С. Возможность снижения токсичности двигателей внутреннего сгорания при утилизации теплоты их отработавших газов / В.С. Кукис, М.Л. Хасанова, Н.А. Пятковская // Праці Таврійська державна агротехнічна академія. -Мелітополь, 2001. -Т.17, -Вип.2. -С. 151-155.

6 Хасанова, М.Л. Повышение экологической безопасности двигателей внутреннего сгорания за счет утилизации теплоты их отработавших газов: дис. ... канд. техн. наук / М.Л. Хасанова. -Челябинск, 2002. -171 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рабочий процесс дизеля, впрыск воды; энергетический баланс

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Быстров Олег Иванович, старший инженер-технолог ФГУП «15 ЦАРЗ»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АВТОНОМНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОТЫ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ УТИЛИЗАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА

ФГУП «15 Центральный автомобильный ремонтный завод» МО РФ

В.А. Романов

Предложен способ утилизации теплоты продуктов сгорания ДВС при помощи двигателя с внешним подводом теплоты, работающим на электрический генератор.

Эксплуатация мобильной техники средств в условиях низких температур окружающей среды всегда связана с трудностями надежного пуска двигателя, поддержания его теплового состояния, обогрева кабины (салона) при движении и особенно на стоянке. В большинстве случаев для решения этих проблем используются генераторы теплоты – предпусковые подогреватели и отопители. Обладая рядом преимуществ перед другими средствами предпускового разогрева двигателя и отопления кабины, подогреватели и отопители имеют существенный недостаток – расходуют энергию аккумуляторных батарей в течение всего периода работы.

Предпусковые подогреватели и отопители потребляют достаточно большое количество электрической энергии. Поэтому продолжительность их работы, при неработающем двигателе, ограничивается допустимой степенью разряженности аккумуляторных батарей.

С понижением температуры возрастает сопротивление электролита, а также внутреннее сопротивление сепараторов за счет сужения каналов, в которых находится электролит, в результате чего уменьшается напряжение на зажимах аккумуляторной батареи (рису-

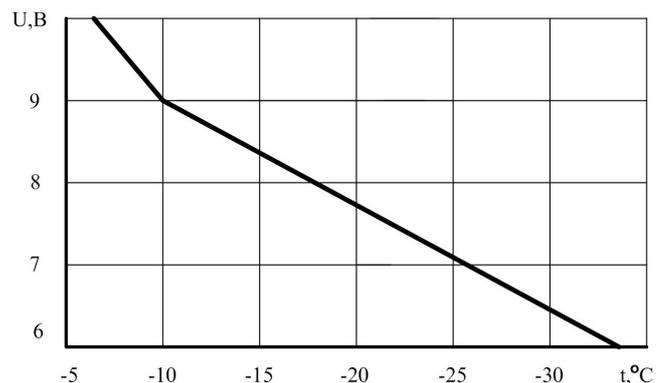


Рисунок 1 – Зависимость напряжения полностью заряженной аккумуляторной батареи от температуры

нок 1). Одновременно с падением напряжения при низких температурах снижается и емкость батареи.

В среднем при понижении температуры электролита на 1 °С емкость аккумуляторной батареи снижается на 1,0-1,5 %.

Вместе с тем, продукты сгорания, выбрасываемые из обсуждаемых генераторов теплоты в окружающую среду, обладают значительным запасом высокопотенциальной энергии.

Тепловой баланс подогревателя ПЖД-30 выглядит следующим образом:

- полезная теплопроизводительность..... 50-65%;
- потери теплоты с продуктами сгорания..... 41-28%;
- потери через поверхность подогревателя..... 6-8%.

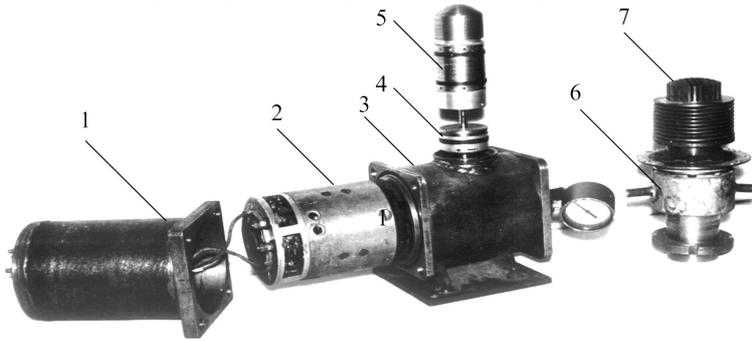


Рисунок 2 – Утилизационная Стирлинг-электрическая установка со снятыми цилиндром двигателя Стирлинга и корпусом генератора:
1-корпус генератора; 2-электрический генератор; 3-картер двигателя Стирлинга; 4-рабочий поршень; 5-вытеснитель; 6-рубашка охлаждения; 7-головка

Если принять во внимание, что теплопроизводительность подогревателя ПЖД-30 составляет 30 кВт, то становится понятным, что с выбрасываемыми в атмосферу продуктами сгорания теряется значительное (около 15 кВт) количество энергии.

Одним из возможных направлений утилизации теплоты продуктов сгорания является ее трансформация в электрическую энергию при помощи двигателей с внешним подводом теплоты, в основе действия которых лежит термодинамический цикл Стирлинга, совмещенных с электрическим генератором.

Для экспериментальной проверки возможности обеспечения теплового генератора электроэнергией, вырабатываемой за счет утилизации теплоты выбрасываемых в атмосферу продуктов сгорания автором был использован двигатель Стирлинга с размерностью 5,5/2,1, совмещенного с электрическим генератором [1] (рисунок 2).

В таблице приведены основные характеристики первичного двигателя утилизационной стирлинг-электрической установки.

В качестве теплового генератора был использован отопитель ОВУ-65Б, широко используемого на объектах современной мобильной техники (вахтовые автобусы на базе автомобилей Урал, КамАЗ; штабные армейские машины с кузовами К-66; мастерские технического обслуживания и ремонта МТО-АТ, МРМ, МРС и др.)

Результаты испытаний созданной экспериментальной установки, включавшей указанный отопитель и утилизационный стирлинг-генератор, подтвердили возможность обеспечения длительной работы отопителя (длительность работы ограничивается только наличием в нем топлива), без использования внешних источников электрической энергии после выхода установки на нормальный режим работы.

Тепловая производительность отопителя ОВ-65Б при автономном в отношении внешних источников электрической энергии функционировании в составе изученной технической сис-

Таблица – Основные характеристики двигателя ДС 5,5/2,1

Параметр	Численное значение
Максимальная эффективная мощность, кВт	0,15
Частота вращения коленчатых валов, мин ⁻¹	до 2000
Рабочее тело	гелий
Диаметр цилиндра, мм	55
Ход рабочего поршня и вытеснителя, мм	21
Степень сжатия	1,65
Тип картера	сухой
Тип механизма привода	ромбический
Дезаксаж, мм	12
Радиус кривошипа, мм	9
Длина шатуна, мм	25
Сдвиг фаз	69°20'
Объемы, см ³ :	
– рабочий	49,2
– регенератора (геометрический)	61,0
– нагревателя	2,3
– холодильника	1,9
Тип рекуперативных теплообменников	щелевой
Полость насадки регенератора	0,8

темы снижается на 4,2% при работе на полном и на 4,8% – при работе на частичном режиме (что, однако, не выходит за границы паспортной тепловой производительности отопителя). При этом в первом случае кроме теплого воздуха предложенная техническая система вырабатывает для внешних потребителей 127 Вт электроэнергии на полном и 173 Вт на частичном режимах работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1 Романов, В.А. Первичный двигатель стирлинг-электрического генератора для утилизации теплоты отработавших газов поршневых ДВС / В.А. Романов, В.С. Кукис // Материалы II съезда инженеров Сибири, 20-21 марта 2008 г. / ОмГТУ. -Омск, 2008. -Ч.2. -С. 137-143.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: утилизация теплоты отработавших газов, тепловой генератор
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Романов Виктор Анатольевич, канд. техн. наук, начальник ФГУП «15 ЦАРЗ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ МАССООБМЕНА ЖИДКОСТЬЮ МЕЖДУ ДВУМЯ ЕМКОСТЯМИ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

К.В. Марков

Предложена методика построения имитационных моделей энергетических процессов для использования их в компьютерных тренажерах управления техническими системами. На примере массообмена жидкостью между двумя емкостями показаны этапы методики: формирование графа системы, её полюсных и топологических уравнений и построение на их основе имитационной модели в виде системы дифференциальных уравнений

Введение. Одним из направлений снижения трудоёмкости построения имитационных моделей энергетических процессов является повышение уровня формализации моделирования. Наиболее распространенным приёмом является представление системы, в которой осуществляется процесс схемой с сосредоточенными компонентами. Идеализация такого представления допустима в ряде случаев. Особенно часто данный приём применяется для построения моделей, используемых в компьютерных тренажерах управления техническими системами.

Использование схемы с сосредоточенными компонентами позволяет применить математические аппараты теории графов, теории цепей [1, 3]. На примере продемонстрируем использование этих теорий для построения модели процесса массообмена жидкостью между двумя емкостями.

Описание процесса. Рассмотрим модель массообмена, как результат энергетического взаимодействия открытых емкостей $T1$ и $T2$, имеющих отверстия $R1$ и $R2$, которые соединяются трубопроводом $R3$ (рисунок 1).

Гидравлическая емкость в этой системе рассеивает энергию жидкости в отверстии и аккумулирует её при условии превышения давления с внешней стороны отверстия давления с внутренней стороны ($p_2 > p_1$ для $T1$ и $p_3 > p_4$ для $T2$).

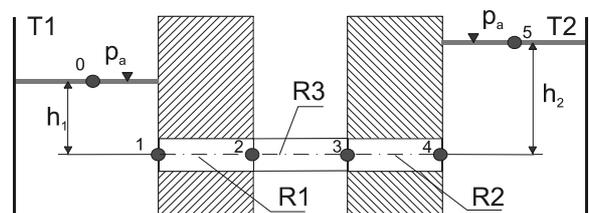


Рисунок 1 – Схема системы

Процесс массообмена жидкостью между емкостями $T1$ и $T2$ представляет собой процесс рассеивания запаса энергии системы в гидравлических сопротивлениях $R1, R2, R3$. Обнуление запаса приводит к переходу системы в установившееся положение и к завершению процесса.

Построение графа энергетической цепи. Энергетическая цепь может вырабатывать, рассеивать, накапливать и разряжать энергию той физической природы, к которой принадлежат её элементы [1], причём каждое звено цепи выполняет только одно энергетическое преобразование.

В нашем случае емкости $T1$ и $T2$ представим схемой, состоящей из звеньев сопротив-

лений $R1, R3$ и звеньев аккумуляторов $A1$ и $A2$ (рисунок 2). Звенья $R1$ и $R2$ соединяются сопротивлением $R3$. Цепь любой сложности удобно представить графом [3], в этом случае звено цепи представляется двухполюсником, полюса которого соединяют звенья цепи и, соответственно, энергетические процессы в цепи.

Полюса графа отображают изменение гидравлической энергии в цепи изменением давления в этих полюсах. Пронумеруем полюса и примем давление в нулевых полюсах равным атмосферному давлению.

Таким образом мы получили граф нашей энергетической цепи, состоящей из пяти последовательно соединённых двухполюсников. Двухполюсники являются направленными, направление выбрано произвольно. В данном случае выбранное направление соответствует направлению распределения энергии по цепи.

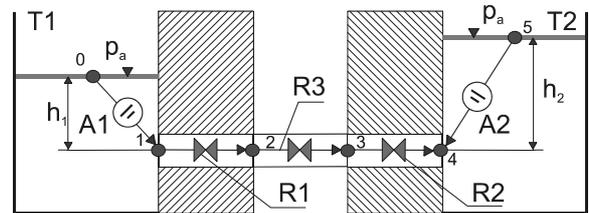


Рисунок 2 – Граф энергетической цепи

Полюсные уравнения элементов энергетической цепи. Энергетические преобразования в гидравлических двухполюсниках могут быть представлены зависимостями двух типов: зависимость перепада давления на полюсах P (продольная переменная) от расхода жидкости через двухполюсник Q (поперечная переменная), либо, наоборот, зависимость Q от P

$$P = f_Q(Q), Q = f_P(P) \quad (1)$$

Зависимости (1) являются полюсными уравнениями гидравлического двухполюсника.

Емкость. В данной системе емкость накапливает потенциальную энергию через изменение объема жидкости

$$\frac{dV}{d\tau} = Q_A, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где τ – время, с;

Q_A – поступление жидкости в емкость через отверстие, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для определения процесса накопления энергии через давление столба жидкости над отверстием выполним ряд преобразований. Давление столба жидкости над отверстием (без атмосферного давления), определим давление столба жидкости через его высоту

$$P_A = \rho gh, \text{ Па}, \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

h – высота столба жидкости над отверстием, м.

Подставим в уравнение (2)

$$dV = Sdh,$$

где S – площадь поперечного сечения емкости, м^2 ,

с учетом (3) получим следующее полюсное уравнение

$$\frac{S}{\rho g} \frac{dP_A}{d\tau} = Q_A. \quad (4)$$

Сопротивление. Для обеспечения большей наглядности используем упрощенное выражение для определения гидравлического сопротивления истечения жидкости [2]. Потери давления в отверстии

$$P_{HR} = a_{HR} \cdot Q_{HR}, \text{ Па}, \quad (5)$$

где a_{HR} – коэффициент сопротивления, $\text{кг}/\text{м}^4 \cdot \text{с}$;

Q_{HR} – расход жидкости через отверстие, $\text{м}^3/\text{с}$.

Топологические уравнения энергетической цепи. Распределение энергетических преобразований по цепи моделируется топологическими уравнениями построенного выше графа (см. рисунок 2). Эти уравнения представляют собой систему линейных уравнений балансов продольных и поперечных переменных соответствующих контуров и полюсов цепи [3]. Топологические уравнения будем составлять с использованием программного продукта GraphEditor [4], разработанного специально для решения данной задачи. Используя графические инструменты программного продукта, построим граф системы (рисунок 3).

Численным отображением графа системы является его матрица инцидентности, на основе которой строится матрица контуров-сечений (рисунок 4).

Используя ненулевые элементы матрицы контуров-сечений составим топологические уравнения [3]

$$\begin{cases} Q_{A1} - Q_{R3} = 0 \\ Q_{A2} + Q_{R3} = 0 \\ Q_{R1} - Q_{R3} = 0 \\ Q_{R2} - Q_{R3} = 0 \\ P_{A1} - P_{A2} + P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

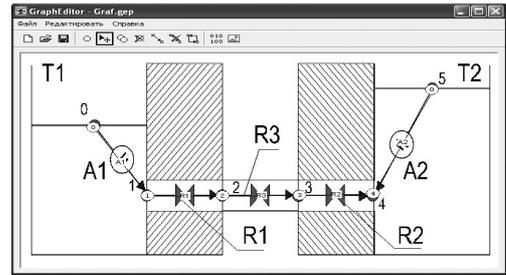


Рисунок 3 – Реализация графа энергетической цепи в программном продукте GraphEditor

Математическая модель системы. Система уравнений (6) имеет десять неизвестных в пяти уравнениях, сократим количество неизвестных заменив их компонентными уравнениями (4) и (5)

	A1.Q	A2.Q	R1.Q	R2.Q	R3.Q	A1.H	A2.H	R1.H	R2.H	R3.H
1	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	1

Рисунок 4 – Матрица контуров-сечений

$$\begin{cases} S_1 \frac{dP_{A1}}{d\tau} - Q_{R3} = 0 \\ \rho g \\ S_2 \frac{dP_{A2}}{d\tau} + Q_{R3} = 0 \\ \rho g \\ Q_{R1} - Q_{R3} = 0 \\ Q_{R2} - Q_{R3} = 0 \\ P_{A1} - P_{A2} + a_{R1} Q_{R1} + a_{R2} Q_{R2} + a_{R3} Q_{R3} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Теперь мы имеем пять неизвестных, два из которых представлены производными: P_{A1} и P_{A2} . Решить систему (7) мы сможем преобразовав ее в систему дифференциальных уравнений, выраженных относительно неизвестных P_{A1} и P_{A2} .

Преобразуем систему уравнений (7). Используя метод последовательного исключения неизвестных (метод Гаусса [3]), исключим из системы (7) неизвестные Q_{R1}, Q_{R2}, Q_{R3} . В результате мы получаем искомую систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dP_{A1}}{d\tau} = \frac{\rho g}{S_1} \cdot \frac{P_{A2} - P_{A1}}{a_{R1} + a_{R2} + a_{R3}} \\ \frac{dP_{A2}}{d\tau} = \frac{\rho g}{S_2} \cdot \frac{P_{A1} - P_{A2}}{a_{R1} + a_{R2} + a_{R3}} \end{cases} \quad (8)$$

Счет математической модели.

Счет математической модели выполнялся методом Рунге-Кутты, с использованием программного продукта MathCAD. На рисунке 5 показаны результаты счёта. К моменту завершения процесса выровнялись уровни жидкости над отверстиями и, как следствие давления в точках системы. Массообмен между ёмкостями прекратился.

Выводы. Представленный в статье алгоритм моделирования энергетического процесса может быть использован для построения моделей более сложных процессов. Для этого необходимо иметь полюсные уравнения всех элементов энергетической цепи. Формирование полюсных уравнений является наиболее трудоёмким и творческим участком моделирования, поэтому сейчас становится актуальной научная деятельность, направленная на построение этих уравнений и объединение их в библиотеки компонент. Подобные библиотеки и алгоритмы моделирования энергетических

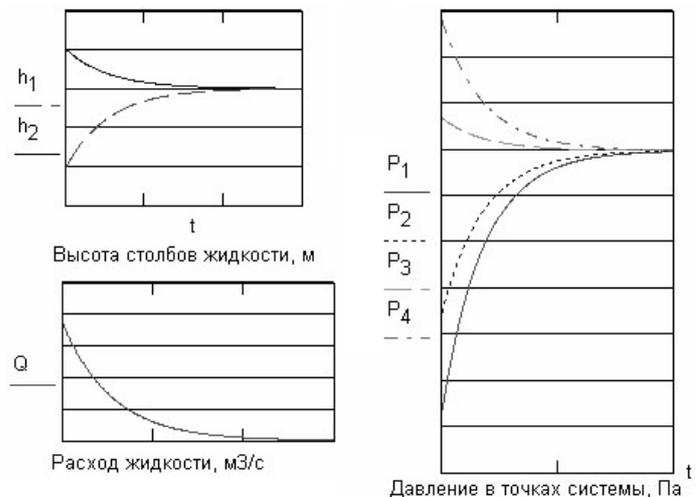


Рисунок 5 - Результаты счёта математической модели

процессов позволяют существенно повысить уровень формализации моделирования и, как следствие, снизить трудоёмкость построения имитационных моделей энергетических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бердников, В.В.** Прикладная теория гидравлических цепей / В.В. Бердников. -М.: Машиностроение, 1977. -192 с.

2 **Гидромеханика:** учебник / Я.И. Войткунский [и др.]. -2-е изд., перераб. и доп. -Л.: Судостроение, 1982. -456 с.: ил.

3 **Сигорский, В.П.** Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. -2-е изд. - Харьков: Техніка, 1977. -768 с.

4 **Троицкий, А.В.** Программный продукт «GraphEditor» для построения имитационных моделей судовых систем / А.В. Троицкий // Вестн. ВГАВТ. -Н. Новгород, 2005. -Вып.14: Моделирование и оптимизация сложных систем: межвуз. сер. -С. 154-157.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: массообмен жидкости, математическая модель

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Марков Константин Викторович, старший механик-инструктор ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Викулов, А.С. Екимов, С.В. Штельмах

Проблема предсказания изменения состояния технических объектов возникла в то время, когда степень сложности объектов стала опережать уровень качества и надежности элементов, на базе которых создавались объекты.

Необходимость в определении времени безотказной работы стала особенно острой, когда появились объекты, на которые возлагались весьма ответственные функции и цена отказа которых была достаточно высокой. Кроме того, эта необходимость диктуется сложившейся экономической ситуацией на рынке машин в нашей стране в связи с переходом от административно-командной системы к полноценной рыночной экономике.

Применение методов прогнозирования в период эксплуатации технических объектов различного назначения решает ряд важных задач и позволяет:

- обосновать сроки профилактических работ, так как определяется время предстоящего отказа объекта;
- оптимизировать алгоритм поиска неисправностей в связи с определением узлов, в которых ожидается отказ;
- ограничить количество обслуживающего персонала путем автоматизации процесса прогнозирования и определения состояния объекта на некоторый период времени вперед;
- определить количество запасных частей, вычисляя число узлов, в которых ожидается отказ на заданном интервале функционирования объекта;
- сократить время восстановления путем выявления наиболее опасных узлов и подготовки для их замены запасных частей.

Поскольку развитие технических объектов идет в различных направлениях, которые можно классифицировать по различным критериям (структуре, принципу действия, элементной базе, назначению и т.д.), то для этого требуется разработка новых методов прогнозирования, основанных на разнообразном математическом аппарате.

Весь перечень вопросов, рассматриваемых при комплексном решении проблемы прогнозирования [1-3], можно разделить на три группы, каждая из которых представляет собой самостоятельную группу вопросов, требующих серьезной разработки (рисунок).

В первую группу входят вопросы, связанные с анализом и синтезом объекта прогнозирования, - нахождение способов адекватного описания объекта прогнозирования и представление его в виде модели, наиболее соответствующей требованиям задач диагностики. Основными вопросами здесь являются следующие:

- анализ характера деградации объекта во времени, т.е. анализ деградационных про-

цессов;

– выбор пространства описания состояний объекта и структуризация его пространства описания;

– количественный и качественный анализы изменения деградационных процессов в пространстве состояний.

Проблемы прогнозирования

Априорные вопросы процесса прогнозирования	Математический аппарат методов прогнозирования	Приложения методов прогнозирования
1 Анализ и синтез объекта прогнозирования (выбор принципа прогнозирования – постановка задачи) 2 Выбор пространства описания изменения временных процессов 3 Количественный и качественный анализы изменения временных процессов	1 Аналитическое прогнозирование 2 Вероятностное прогнозирование 3 Статистическая классификация 4 Оценка точности и эффективности прогнозирования	1 Стадия проектирования 2 Стадия изготовления 3 Стадия эксплуатации объектов 4 Этап автоматизации процесса прогнозирования

Рисунок – Основные вопросы теории прогнозирования

Выбор пространства описания состояния объекта представляет собой задачу выбора наиболее информативных параметров, которая решается методами, зависящими от поставленной задачи, т.е. от выбранного принципа прогнозирования [2, 3]. Количественный и качественный анализы данных контроля необходимы, чтобы в явном виде обнаружить динамику дегра-дационных процессов, выделив тенденцию изменения процесса на фоне помех.

Вторая группа рассматривает вопросы, связанные с разработкой математических методов всех направлений прогнозирования, оценкой их точности и эффективности в применении к объекту прогнозирования.

Основное содержание этой группы вопросов составляет математический аппарат трех основных принципов прогнозирования: аналитического, вероятностного и статистической классификации [3]. Поскольку математические методы инвариантны к виду контролируемого объекта, то на практике необходимо решать вопросы адаптации методов прогнозирования, адекватного специфике объекта.

Третья группа вопросов связана с техническим применением методов прогнозирования для различных условий эксплуатации объектов и автоматизацией процесса прогнозирования, которая может идти двумя путями: создания встроенных специализированных машин-прогнозаторов и разработки комплексных систем прогнозирования с применением ЭВМ.

Основная идея проблемы прогнозирования заключается прежде всего в количественной оценке состояния или степени работоспособности объекта в интересующие моменты времени в будущем. Так как на объект влияет множество факторов как внешнего, так и внутреннего порядка, затрудняющих определение состояния объекта и прогнозирование его изменений, то эффективное решение рассматриваемых вопросов возможно лишь с позиций комплексного системного подхода к проблеме прогнозирования [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Викулов, С.В. Оценка и анализ технического состояния главных дизелей речных судов по параметрам смазочного масла: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. -Одесса, Одесский институт инженеров морского флота, 1985. -19 с.

2 Викулов, С.В. Алгоритм прогнозирования остаточного ресурса ДВС по концентрации продуктов износа в смазочном масле // Сибирский научный вестник РАЕН. -Вып.Х. -Новосибирск: Изд. НГАВТ, 2007. -С. 138-142.

3 Мозгалевский, А.В. Техническая диагностика / А.В. Мозгалевский, Д.В. Гаскаров. -М.: Высшая школа, 1975. -207 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прогнозирование состояния, технические объекты

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Викулов Сергей Викторович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Екимов Александр Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Штельмах Сергей Викторович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

А.В. Троицкий

Рассмотрен вопрос моделирования топливоподачи с учетом регулировочных параметров. Приведен расчет регулировочных параметров для топливного насоса высокого давления традиционной конструкции.

Дизели как наиболее экономичные среди всех существующих тепловых двигателей, работающих на органическом топливе, находят широкое применение в энергетических установках судов флотов всех стран мира. Кроме экономичности это обусловлено высокой надежностью и неприхотливостью дизелей, большим их ресурсом и возможностью применения в них разнообразного жидкого и газообразного топлива. При этом тенденции к совершенствованию самих дизелей отчетливо просматриваются как в настоящее время, так и в перспективе [1].

Хотя судовые дизели не относятся к объектам, не допускающим проведения натуральных экспериментов над собой, но обучение обслуживающего персонала их эксплуатации является ресурсоемкой, а в случае отработки аварийных ситуаций, еще и потенциально опасной задачей. Однако, реальный двигатель можно попытаться заменить его математической моделью. Такая модель станет основой тренажерной программы, создать которую позволяет современный уровень развития вычислительной техники.

Одной из наиболее важных систем при разработке адекватной модели двигателя является система топливоподачи: совершенством топливоподачи определяется протекание рабочего процесса, а, следовательно, экономические и эксплуатационные показатели работы дизеля [2, 3].

Один из недостатков существующих моделей топливоподачи – их ориентация на проектно-конструкторские задачи. Для главных и вспомогательных двигателей характерна работа топливной аппаратуры в широком диапазоне эксплуатационных режимов, следовательно, модель топливоподачи, ориентированная на использование в тренажерных программах, должна адекватно реагировать на регулирование подачи топлива. Таким образом, лишь должное определение регулировочных параметров процесса впрыскивания дает возможность судить о рабочих показателях дизеля и его эксплуатационных качествах.

Независимо от того, какой метод расчета положен в основу модели, статический или динамический, расчет динамических фаз регулирования, характеризующих подачу форсункой, предваряется определением статических регулировочных параметров топливоподачи (параметров, характеризующих фазы регулирования подачи насосом).

В общем случае полный ход плунжера топливного насоса высокого давления (ТНВД) можно выразить зависимостью

$$h_{\max} = h_{\text{пер.н}} + h_{\text{ак}} + h_{\text{пер.к}}, \quad (1)$$

где $h_{\text{ак}}$ – активный ход плунжера;

$h_{\text{пер.н}}$, $h_{\text{пер.к}}$ – начало и конец активного хода плунжера.

Из выражения (1) следует, что активный ход плунжера определяет геометрическую продолжительность топливоподачи от ТНВД к форсунке. Таким образом, цикловая подача топлива насосом

$$g_{\text{ци}} = f_{\text{пл}} \cdot h_{\text{ак}} \cdot \rho = f(h_{\text{ак}}),$$

где $f_{\text{пл}}$ – площадь плунжера;

ρ – плотность топлива.

Отсюда видно, что регулирование цикловой подачи ТНВД сводится к изменению активного хода плунжера [4].

Проведенный анализ существующих конструкций топливной аппаратуры показывает, что для традиционной конструкции ТНВД характерно золотниковое регулирование, функции дозирования топлива при котором выполняет распределительная кромка плунжера. Именно

топливные насосы традиционной конструкции получили преимущественное применение на отечественных речных судах и по большей части унифицированы. Регулирование количества топлива, подаваемого системой, в используемых ТНВД осуществляется, как правило, перепуском части топлива в конце подачи. Распределительные кромки плунжеров чаще всего выполняют винтовыми, что обеспечивает линейный закон изменения геометрического активного хода плунжера от угла его поворота или перемещения рейки ТНВД [5].

Для ТНВД описанной конструкции геометрическое начало подачи постоянно и соответствует моменту перекрытия торцом плунжера наполнительного окна

$$h_{пер.н} = \text{Const}.$$

Таким образом, согласно выражению (1), геометрическая продолжительность подачи определяется моментом открытия регулировочной кромкой плунжера отсечного окна (начало сообщения надплунжерной полости и отсечного тракта системы).

С целью моделирования регулирования ТНВД, осуществляющегося изменением положения плунжера насоса во втулке регулированием длины толкателя, целесообразно в выражение (1) ввести поправку $\delta_{рег}$, учитывающую ввертывание или вывертывание регулировочного болта. Тогда момент начала активного хода плунжера может быть выражен зависимостью

$$h_{пер.н} = h_b + r_b - \delta_{рег},$$

где h_b – расстояние от торца плунжера (нагнетательной кромки) до нижней кромки наполнительного отверстия;

r_b – радиус наполнительного отверстия.

Определить момент окончания подачи насосом позволяет рассмотрение геометрии плунжерной пары. Геометрический смысл задачи заключается в нахождении точки касания кривой, описывающей отсечную кромку плунжера, и окружности, которой описывается отсечное отверстие. Таким образом, величина подъема плунжера, соответствующая геометрическому концу подачи, выражается через точку касания этих кривых, найденную из условия равенства угловых коэффициентов касательных к ним в данной точке.

Рассмотрим задачу в плоскости, перпендикулярной оси отсечного отверстия, за начало координат принимая точку пересечения проекций оси плунжера и отсечной кромки в момент начала нагнетательного хода плунжера (рисунок 1).

Уравнение проекции отсечной кромки (винтовая линия) на плоскость

$$y(x) = r_{пл} \cdot \text{ctg}(\beta_{ом}) \cdot \arcsin\left(\frac{x}{r_{пл}}\right) + h_{ом} \quad (2)$$

где $r_{пл}$ – радиус плунжера ТНВД;

$\beta_{ом}$ – угол наклона отсечной кромки плунжера к его оси;

$h_{ом}$ – ход плунжера, соответствующий геометрическому концу подачи топлива.

Уравнение окружности, представляющей собой проекцию контура отсечного отверстия на плоскость

$$x^2 + (y - y_{ом})^2 = r_{ом}^2,$$

или

$$y(x) = y_{ом} + \sqrt{r_{ом}^2 - x^2}, \quad (3)$$

где $y_{ом}$, $r_{ом}$ – ордината центра и радиус отсечного отверстия.

Точку касания отсечной кромки и отсечного отверстия можно найти из равенства угло-

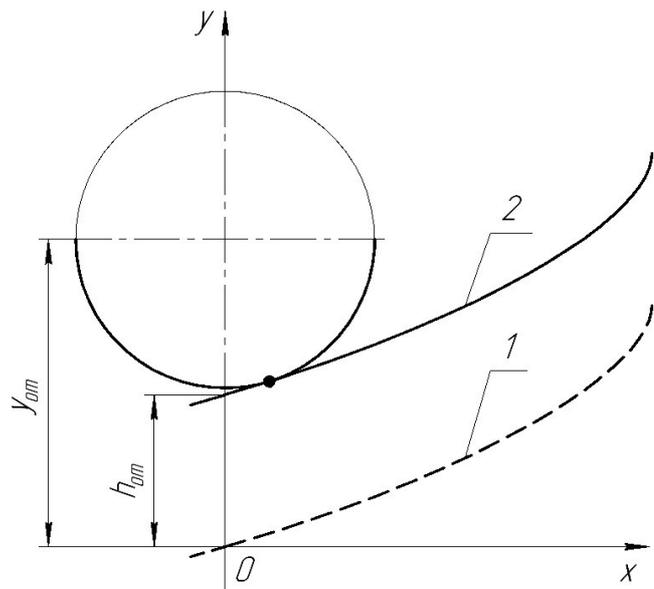


Рисунок 1 – Расчетная схема к определению момента геометрического окончания подачи топлива: 1-положение отсечной кромки в момент начала нагнетательного хода плунжера, 2-положение отсечной кромки, соответствующее геометрическому концу подачи топлива

вых коэффициентов касательных к кривым в данной точке. Для этого продифференцируем уравнения (2) и (3)

$$y(x) = \frac{d}{dx} \left[r_{nn} \operatorname{ctg}(\beta_{om}) \cdot \arcsin\left(\frac{x}{r_{nn}}\right) + h_{om} \right] = \frac{\operatorname{ctg}(\beta_{om})}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{r_{nn}^2}}};$$

$$y(x) = \frac{d}{dx} \left[y_{om} + \sqrt{r_{om}^2 - x^2} \right] = \frac{-x}{\sqrt{r_{om}^2 - x^2}},$$

и приравняем полученные выражения:

$$\frac{\operatorname{ctg}(\beta_{om})}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{r_{nn}^2}}} = \frac{-x}{\sqrt{r_{om}^2 - x^2}}.$$

Для избавления от иррациональности возведем обе части уравнения (4) в квадрат, после чего приведем подобные члены

$$x^4 + \frac{r_{nn}^2}{\sin^2 \beta_{om}} \cdot x^2 + (r_{om} r_{nn} \operatorname{ctg} \beta_{om})^2 = 0.$$

Полученное уравнение сводится к квадратному, удовлетворяющим нас решением которого (абсциссой точки касания), является радикал

$$x_k = \sqrt{\frac{r_{nn}}{2 \sin^2 \beta_{om}} \left[r_{nn}^2 - \sqrt{r_{nn}^2 - r_{om}^2 \sin^2(2\beta_{om})} \right]}.$$

Ординату точки касания винтовой линии и нижней полуокружности найдем из выражения (3), приняв отрицательный знак радикала

$$y_k = y_{om} - \sqrt{r_{om}^2 - x_k^2}.$$

Таким образом, ход плунжера, соответствующий моменту начала отсечки, может быть рассчитан как

$$h_{om} = y_k - r_{nn} \operatorname{ctg}(\beta_{om}) \cdot \arcsin\left(\frac{x_k}{r_{nn}}\right). \quad (5)$$

Учет регулирования цикловой подачи ТНВД возможен при введении в выражение (5) члена

$$\Delta h_{om} = \frac{\varphi_{nn} \cdot \pi r_{nn}}{180} \operatorname{tg}(\beta_{om}),$$

характеризующего изменение активного хода плунжера при его повороте на угол φ_{nn} . Положительный знак угла поворота φ_{nn} соответствует повороту плунжера в сторону увеличения подачи, отрицательный – повороту в сторону уменьшения. Отсюда

$$h_{om} = y_k - r_{nn} \operatorname{ctg}(\beta_{om}) \cdot \arcsin\left(\frac{x_k}{r_{nn}}\right) + \Delta h_{om}.$$

Тогда геометрический активный ход плунжера ТНВД

$$h_{ак} = h_{om} - h_{пер.н},$$

а угол отсечки

$$\varphi_{om} = F(h_{om}),$$

где $F(h_{om})$ – функция, обратная закону перемещения плунжера.

Описанный подход к определению начала отсечки позволяет точно определить момент падения давления в надплунжерной полости, которое вызывает посадку нагнетательного клапана, а так же момент, начиная с которого следует вести расчет площади проходного сечения отсечного отверстия с целью моделирования истечения топлива через него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Нерушайло, А.** Перспективы развития дизельных энергетических установок на кораблях и судах ВМФ / А. Нерушайло // Судостроение. -2005. -№5. -С. 51-53.
- 2 **Топливо и топливные системы судовых дизелей** / Пахомов Ю.А., Коробков Ю.П., Дмитриевский Е.В., Васильев Г.Л.; под ред. Ю.А. Пахомова. -М.: РКонсульт, 2004. -496 с.
- 3 **Троицкий, А.В.** Модель топливоподачи как компонент тренажера судового дизеля /

А.В. Троицкий // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров: сб. ст. юбил. Междунар. науч.-практ. конф. -Пенза, 2007. -С. 102-103.

4 **Камкин, С.В.** Эксплуатация судовых дизелей / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.П. Шмелев. -М.: Транспорт, 1990. -344 с.

5 **Фомин, Ю.Я.** Топливная аппаратура дизелей: справочник / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский. -М.: Машиностроение, 1982. -168 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: параметры топливоподачи; топливный насос высокого давления
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Троицкий Алексей Владимирович, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

ОСЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОЙ ЩЕЛИ С ГИДРОСМАЗКОЙ ВНУТРЕННЕЙ СТЕНКИ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Н.Н. Арефьев

Приведено теоретическое исследование напорного осевого течения вязкопластичной жидкости в кольцевой щели, образованной двумя коаксиально-установленными цилиндрами, с гидросмазкой на ее внутренней стенке. Определены математические выражения для расчета скоростей течения, расходов и напряжений сдвига транспортируемой и смазывающей жидкостей для различных режимов движения.

Введение. Основные закономерности прямолинейного течения ньютоновской жидкости в кольцевом зазоре между коаксиальными трубками приведены в [1]. Исследования течения вязкопластичной жидкости в кольцевой щели проведены Воларовичем М.П. и Гуткиным А.М. [2, 3], а также приведены в [4, 5]. При создании шнековых грунтонасосных установок требуется решить задачу течения вязкопластичной жидкости с гидросмазкой внутренней цилиндрической стенки кольцевого зазора [6], образованного между коаксиальными цилиндрическими поверхностями. Поэтому необходимо провести специальные исследования такого течения.

Рассмотрим случай течения вязкопластичной жидкости (ВПЖ), когда в щели течет жидкость с реологическими параметрами: структурная вязкость η_{nn1} , предельное напряжение сдвига ρ_{01} – транспортируемая жидкость (ТЖ), а ее омывает по внутренней поверхности радиусом r_1 жидкость менее вязкая с η_{nn2} , ρ_{02} – смазывающая жидкость (СЖ). Ось Oz направлена по оси цилиндров.

К рассмотрению принимаем установившееся ламинарное изотермическое течение. Предполагаем случай, когда траектории всех частиц направлены вдоль оси цилиндров:

$$V_r \equiv 0; V_\varphi \equiv 0. \quad (1)$$

При этом предположении из уравнения неразрывности в цилиндрической системе координат для несжимаемой жидкости [7] получим

$$\frac{\partial V_z}{\partial z} \equiv 0. \quad (2)$$

Таким образом, скорость каждой частицы вдоль ее траектории будет оставаться неизменной, она может изменяться лишь при переходе от одной частицы к другой, то есть в зависимости от переменных r и z . С учетом (1) и (2) составляющие тензора скоростей деформации в цилиндрической системе координат [7] имеют следующие значения

$$\begin{cases} D_{rr} = 2 \frac{\partial V_r}{\partial r} = 0; D_{r\varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{V_\varphi}{r} \right) = 0; D_{rz} = \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{\partial V_r}{\partial z} = \frac{\partial V_z}{\partial r}; \\ D_{\varphi\varphi} = 2 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r}{r} \right) = 0; D_{\varphi z} = \frac{\partial V_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial \varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial \varphi}; D_{zz} = 2 \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Дифференциальные уравнения движения в напряжениях в цилиндрической системе координат [7] с учетом (1), (2) и (3) принимают вид

$$\begin{cases} -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial P_{rz}}{\partial z} = 0; \\ -\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \frac{\partial P_{\varphi z}}{\partial z} = 0; \\ \frac{\partial P_{rz}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial P_{\varphi z}}{\partial \varphi} - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{P_{rz}}{r} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Будем предполагать, что установившееся прямолинейно-параллельное движение вязкопластичной жидкости с гидросмазкой в круглой кольцевой щели обладает осевой симметрией, то есть

$$\frac{\partial V_z}{\partial \varphi} = 0. \quad (5)$$

С учетом (3) и (5) интенсивность скоростей деформаций (инвариант тензора скоростей деформаций) в соответствии с [7, 8] имеет вид

$$J = \sqrt{\frac{1}{2}(D_{rr}^2 + D_{\varphi\varphi}^2 + D_{zz}^2) + D_{r\varphi}^2 + D_{\varphi z}^2 + D_{rz}^2} = \left| \frac{\partial V_z}{\partial r} \right|. \quad (6)$$

С учетом (3) и (6) составляющие определяющего уравнения (реологические уравнения) ВПЖ [7, 8] для P_{rz} и $P_{\varphi z}$ в цилиндрической системе координат можно записать в виде

$$\begin{cases} P_{rz} = \left(\frac{\rho_0}{J} + \eta_{nn} \right) D_{rz} = \rho_0 \frac{\partial V_z / \partial r}{|\partial V_z / \partial r|} + \eta_{nn} \frac{\partial V_z}{\partial r} = \rho_0 \text{Sign} \frac{\partial V_z}{\partial r} + \eta_{nn} \frac{\partial V_z}{\partial r}; \\ P_{\varphi z} = \left(\frac{\rho_0}{J} + \eta_{nn} \right) D_{\varphi z} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

С учетом второго уравнения (7) из второго уравнения (4) имеем

$$\frac{\partial p}{\partial \varphi} = 0. \quad (8)$$

Дифференцируя первое уравнение (7) по z , получим

$$\frac{\partial P_{rz}}{\partial z} = \eta_{nn} \frac{\partial^2 V_z}{\partial z \partial r}. \quad (9)$$

На основании теоремы о смешанных производных второго порядка [9] с учетом (2)

$$\frac{\partial P_{rz}}{\partial z} = 0. \quad (10)$$

Тогда из первого уравнения (4)

$$\frac{\partial p}{\partial r} = 0. \quad (11)$$

Из уравнений (8) и (11) следует, что давление по сечению кольца не изменяется.

Третье уравнение (4) с учетом второго уравнения (7) можно записать в виде

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r P_{rz}) = \frac{\partial p}{\partial z}. \quad (12)$$

Правая часть уравнения (12) зависит от z , а левая часть не зависит, следовательно, обе части равны одной и той же постоянной величине. После интегрирования уравнения (12) получим

$$P_{rzi} = \frac{\partial p}{\partial z} \frac{r}{2} + \frac{C_{1i}}{r}, \quad (13)$$

где C_{1i} – константа интегрирования: при $i=1$ -для ТЖ; при $i=2$ -для СЖ.

Подставляя первое уравнение (7) в (13) и интегрируя, получим

$$V_{zi} = \frac{1}{\eta_{nni}} \frac{\partial p}{\partial z} \frac{r^2}{4} + \frac{\ln r}{\eta_{nni}} C_{1i} - \frac{r \rho_{0i}}{\eta_{nni}} \text{Sign} \left(\frac{\partial V_{zi}}{\partial r} \right) + C_{2i}, \quad (14)$$

где C_{2i} – константа интегрирования.

Исследование течения жидкостей. Принимаем, что СЖ всегда течет со сдвигом слоев вследствие малой ее толщины. Рассмотрим три случая течения ТЖ и СЖ:

а) если при $r = R_2$ а $|P_{rz1}| \leq p_{01}$ и при $r = r_1$ а $|P_{rz2}| \leq p_{01}$, то вся ТЖ находится в покое как квазитвердое тело без сдвига слоев. Схема течения показана на рисунке 1. Граничные условия для этого случая течения следующие:

- при $r = R_1, V_{z2} = 0$ (условие прилипания СЖ к внутреннему цилиндру);
- при $r = r_1, V_{z2} = 0$ (условие прилипания СЖ к поверхности квазитвердого тела ТЖ).

Из уравнения (14) с учетом граничных условий имеем

$$\frac{1}{\eta_{nn2}} \frac{\partial p}{\partial z} \frac{R_1^2}{4} + \frac{\ln R_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{R_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \operatorname{sign} \frac{\partial V_{z2}}{\partial r} + C_{22} = 0; \quad (15)$$

$$\frac{1}{\eta_{nn2}} \frac{\partial p}{\partial z} \frac{r_1^2}{4} + \frac{\ln r_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{r_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \operatorname{sign} \frac{\partial V_{z2}}{\partial r} + C_{22} = 0. \quad (16)$$

Учитывая знаки производных $\partial V_{z2}/\partial r$ (при $r \rightarrow R_1, \partial V_{z2}/\partial r > 0$, при $r \rightarrow r_1, \partial V_{z2}/\partial r < 0$), из уравнений (15) и (16) получим:

$$C_{12} = -\rho_{02} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} - \frac{\partial p/\partial z}{4} \frac{r_1^2 - R_1^2}{\ln \frac{r_1}{R_1}}; \quad (17)$$

$$C_{22} = \frac{R_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} - \frac{\partial p/\partial z}{\eta_{nn2}} \frac{R_1^2}{4} + \frac{\ln R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \frac{\rho_{02}}{\eta_{nn2}} (r_1 + R_1) + \frac{\partial p/\partial z}{\eta_{nn2}} \frac{\ln R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \frac{r_1^2 - R_1^2}{4}. \quad (18)$$

После подстановки (17) и (18) в (14) определим ∂V_{z2}

$$V_{z2} = \frac{\partial p/\partial z}{4\eta_{nn2}} \left(r^2 - R_1^2 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1} \right) - \frac{\rho_{02}}{\eta_{nn2}} \left(\frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1} + r \cdot \operatorname{sign} \frac{\partial V_{z2}}{\partial r} - R_1 \right). \quad (19)$$

Если СЖ ньютоновская ($\rho_{02} = 0, \eta_{nn2} \rightarrow \mu$ - коэффициент динамической вязкости), то

$$V_{z2} = \frac{\partial p/\partial z}{4\mu} \left(r^2 - R_1^2 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1} \right),$$

что совпадает с исследованиями [1].

Найдем напряжения сдвига, действующие в СЖ на цилиндрических поверхностях $r = r_1$ и $r = R_1$ по (13) с учетом (17):

– для $r = r_1$

$$(P_{rz2})_{r=r_1} = \frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{r_1}{2} - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4r_1 \ln \frac{r_1}{R_1}} \right) - \frac{\rho_{02}}{r_1} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}}; \quad (20)$$

– для $r = R_1$

$$(P_{rz2})_{r=R_1} = \frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{R_1}{2} - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4R_1 \ln \frac{r_1}{R_1}} \right) - \frac{\rho_{02}}{R_1} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}}. \quad (21)$$

Определим радиус r_2 цилиндрической поверхности, на которой скорость V_{z2} имеет максимальное значение. Для этого продифференцируем (19) по r и, приравняв полученное выражение к нулю, найдем

$$r_2 = \sqrt{\frac{r_1 + R_1}{2 \ln \frac{r_1}{R_1}} \left(r_1 - R_1 + \frac{4\rho_{02}}{\partial p/\partial z} \right)}.$$

Расход СЖ определим по выражению

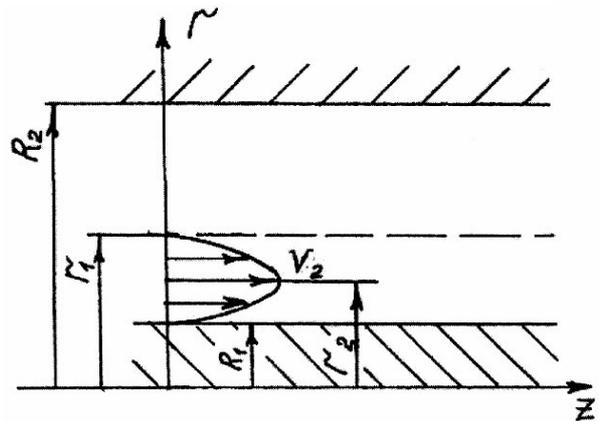


Рис. 1 Схема течения, когда $|P_{rz1}| \leq \rho_{01}$ при $r = R_2$ и $|P_{rz2}| \leq \rho_{01}$ при $r = r_1$, где R_2, R_1 - радиусы наружного и внутреннего цилиндров, r_1 - радиус поверхности раздела ТЖ и СЖ, r_2 - радиус поверхности нулевых напряжений сдвига СЖ

$$Q_2 = 2\pi \left[\int_{R_1}^{r_2} (V_{z2})_1 r dr + \int_{r_2}^{r_1} (V_{z2})_2 r dr \right]. \quad (22)$$

После подстановки (19) в (22) с учетом знаков производных и интегрирования получим

$$Q_2 = \frac{\pi}{8\eta_{nn2}} \left(-\frac{\partial p}{\partial z} \right) (r_1^2 - R_1^2) \left(r_1^2 + R_1^2 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{\ln(r_1/R_1)} \right) + 2\pi (r_1 + R_1) \frac{\rho_{02}}{\eta_{nn2}} \left(\frac{r_1^2 - R_1^2}{4\ln(r_1/R_1)} + R_1^2 \right). \quad (23)$$

Если СЖ ньютоновская ($\rho_{02} = 0, \eta_{nn2} \rightarrow \mu$), то из (23) получим

$$Q_2 = \frac{\pi}{8\mu} \left(-\frac{\partial p}{\partial z} \right) (r_1^2 - R_1^2) \left(r_1^2 + R_1^2 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \right),$$

что совпадает с исследованиями [1].

Из условия динамического равновесия квазитвердого тела ТЖ при таком режиме движения получим

$$(P_{rz1})_{r=R_2} = -(P_{rz2})_{r=r_1} \frac{r_1}{R_2} + \frac{\partial p}{\partial z} \frac{R_2^2 - r_1^2}{2R_2},$$

откуда с учетом (20)

$$(P_{rz1})_{r=R_2} = -\frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{2r_1^2 - R_1^2}{2R_2} - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4R_2 \ln \frac{r_1}{R_1}} \right) - \frac{\rho_{02}}{R_2} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}}. \quad (24)$$

Условие такого режима течения ($|P_{rz1}|_{r=R_2} \leq \rho_{01}$ и $|P_{rz2}|_{r=r_1} \leq \rho_{01}$) определяются с учетом (24) и (20) соответственно

$$\rho_{01} \geq \left| -\frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{2r_1^2 - R_1^2}{2R_2} - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4R_2 \ln \frac{r_1}{R_1}} \right) - \frac{\rho_{02}}{R_2} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \right|; \quad (25)$$

$$\rho_{01} \geq \left| \frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{r_1}{2} - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4r_1 \ln \frac{r_1}{R_1}} \right) - \frac{\rho_{02}}{r_1} \frac{r_1 + R_1}{\ln \frac{r_1}{R_1}} \right|. \quad (26)$$

б) Если при $r = R_2$ условие (25) не выполняется, то есть $|(P_{rz1})_{r=R_2}| > \rho_{01}$, то ТЖ течет со сдвигом слоев, примыкающих к внешней стенке. Схема течения показана на рисунке 2. Граничные условия для этого случая течения следующие:

- при $r = R_1; V_{z2} = 0$ - условие прилипания СЖ к внутреннему цилиндру;
- при $r = r_1; V_{z2} = V_1 = V_0$ - квазитвердое тело ТЖ соприкасается со СЖ и они не проскальзывают друг относительно друга;
- при $r = r_{02}; (V_{z1})_2 = V_0$ - внешняя граница квазитвердого тела ТЖ;
- при $r = R_2; (V_{z1})_2 = 0$ - условие прилипания ТЖ к внешнему цилиндру.

Из (14) с учетом граничных условий соответственно получим

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{R_1^2}{4} + \frac{\ln R_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{R_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \operatorname{sign} \left(\frac{\partial V_{z2}}{\partial r} \right)_1 + C_{22} = 0; \quad (27)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^2}{4} + \frac{\ln r_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{r_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \operatorname{sign} \left(\frac{\partial V_{z2}}{\partial r} \right)_2 + C_{22} = V_0; \quad (28)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{r_{02}^2}{4} + \frac{\ln r_{02}}{\eta_{nn1}} C_{11} - \frac{r_{02} \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \operatorname{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_2 + (C_{21})_2 = V_0; \quad (29)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{R_2^2}{4} + \frac{\ln R_2}{\eta_{nn1}} C_{11} - \frac{R_2 \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \operatorname{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_2 + (C_{21})_2 = 0. \quad (30)$$

Учитывая, что при $r = r_{02}$ имеем $(-P_{rz1})_{r=r_{02}} = p_{01}$, то из (13) получим

$$C_{11} = -\frac{\partial p}{\partial z} \frac{r_{02}^2}{2} - p_{01} r_{02}. \quad (31)$$

Условие динамического равновесия СЖ и ТЖ при течении в кольцевой щели

$$-(P_{rz1})_{r=R_2} 2R_2 - (-P_{rz2})_{r=R_1} 2R_1 = -\frac{\partial p}{\partial z} \pi (R_2^2 - R_1^2). \quad (32)$$

После преобразования (32) с учетом (13) получим

$$C_{12} = C_{11}. \quad (33)$$

Условие динамического равновесия квазитвердого тела ТЖ

$$-(P_{rz1})_{r=r_{02}} 2r_{02} - (P_{rz2})_{r=r_1} 2r_1 = -\frac{\partial p}{\partial z} \pi (r_{02}^2 - r_1^2). \quad (34)$$

Из (34) с учетом $(-P_{rz1})_{r=r_{02}} = p_{01}$ и (13) получим

$$C_{12} = p_{01} r_{02} + \frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{r_{02}^2}{2} - r_1^2 \right). \quad (35)$$

Приравняв правые части (31) и (35) в соответствии с (33), после преобразования получим

$$r_{02} = -\frac{p_{01}}{\partial p / \partial z} \pm \sqrt{\left(\frac{p_{01}}{\partial p / \partial z} \right)^2 + r_1^2}, \quad (36)$$

при этом значение корня выбирается из области $r_1 < r_{02} \leq R_2$.

Можно определить значение радиуса r_2 , на котором скорость V_{z2} имеет максимальное значение. При $r = r_2$; $P_{rz2} = 0$, откуда с учетом (13) получим

$$\frac{\partial p}{\partial z} \frac{r_2}{2} + \frac{C_{12}}{r_2} = 0,$$

откуда с учетом (31) и (33)

$$r_2 = \sqrt{r_{01}^2 + \frac{2p_{01}}{\partial p / \partial z} r_{01}}. \quad (37)$$

Если $r_2 < r_1$, то режим движения СЖ таков, что скорость V_{z2} имеет максимум при $R_1 < r_2 < r_1$, и знак производной $\partial V_{z2} / \partial r$ при $r = r_2$ меняется на противоположный. Схема такого режима течения (см. рисунок 2).

Если $r_2 \geq r_1$, то режим движения СЖ таков, что скорость V_{z2} при увеличении r от R_1 до r_1 возрастает, имея максимальное значение при $r = r_1$ (рисунок 3).

Для условия $r_2 \geq r_1$ после преобразования системы уравнений (27)-(30) с учетом (31) и (33) и учитывая знаки производных скоростей, можно написать уравнение для определения r_{02}

$$r_{02}^2 \ln \frac{r_{02}}{R_2} - r_{02}^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\eta_1}{\eta_2} \ln \frac{r_1}{R_1} \right) - a r_{02} \ln \frac{r_{02}}{R_2} + r_{02} a \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \ln \frac{r_1}{R_1} \right) + b = 0, \quad (38)$$

где $a = -\frac{2p_{01}}{\partial p / \partial z}$;

$$b = \frac{\eta_1}{2\eta_2} (r_1^2 - R_1^2) - \frac{\eta_1}{\eta_2} \frac{2p_{02}}{\partial p / \partial z} (r_1 - R_1) + \frac{R_2^2}{2} - a R_2.$$

Полученное трансцендентное уравнение (38) может быть решено методом дихотомии (половинного деления) [10]. Областью изоляции корня уравнения можно принять $[r_1; R_2]$.

Расход ТЖ определим из выражения

$$Q_1 = 2\pi V_0 (r_{02}^2 - r_1^2) + 2\pi \int_{r_{02}}^{R_2} V_{z1} r dr. \quad (39)$$

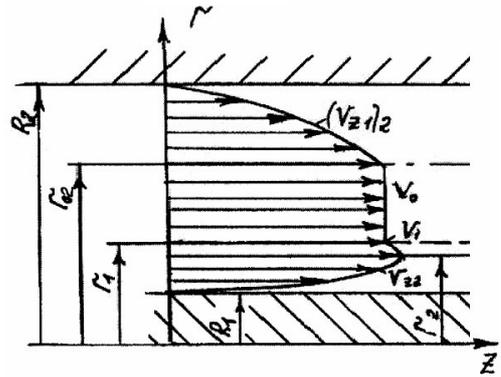


Рисунок 2 – Схема течения, когда $|(P_{rz1})_{r=R_2}| > p_{01}$ при $r = R_2$ и $|P_{rz2}| \leq p_{01}$ при $r = R_1$

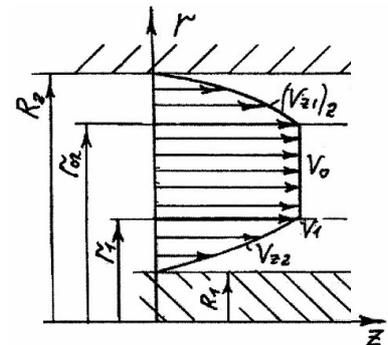


Рисунок 3 – Схема течения, когда $r_2 \geq r_1$

После подстановки в (39) значения V_{z1} из (14) и интегрирования, получим

$$Q_1 = 2\pi V_0 (r_{02}^2 - r_1^2) + 2\pi \left[\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{R_2^4 - r_{02}^4}{16} + \frac{(C_{11})_2}{\eta_{nn1}} \left(\frac{R_2^2}{2} \ln R_2 - \frac{r_{02}^2}{2} \ln r_{02} - \frac{R_2^2 - r_{02}^2}{4} \right) + \frac{R_2^3 - r_{02}^3}{3} \frac{\rho_{01}}{\eta_{nn1}} + (C_{21})_2 \frac{R_2^2 - r_{02}^2}{2} \right].$$

Расход СЖ определим из выражений:

– для режима течения, когда $r_2 \geq r_1$

$$Q_2 = 2\pi \int_{R_1}^{r_1} V_{z2} r dr. \quad (40)$$

После подстановки в (40) значения V_{z2} из (14) с учетом знака производной и интегрирования, получим

$$Q_2 = 2\pi \left[\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^4 - R_1^4}{16} + \frac{C_{12}}{\eta_{nn2}} \left(\frac{r_1^2}{2} \ln r_1 - \frac{R_1^2}{2} \ln R_1 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4} \right) \right] - 2\pi \left(\frac{\rho_{02}}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^3 - R_1^3}{3} - C_{22} \frac{r_1^2 - R_1^2}{2} \right) \quad (41)$$

– для режима течения, когда $r_2 < r_1$

$$Q_2 = 2\pi \int_{R_1}^{r_2} (V_{z2})_{r \leq r_2} r dr + 2\pi \int_{r_2}^{r_1} (V_{z2})_{r \geq r_2} r dr. \quad (42)$$

После подстановки в (42) значения V_{z2} из (14) с учетом знаков производной и интегрирования, получим

$$Q_2 = 2\pi \left[\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^4 - R_1^4}{4} + \frac{C_{12}}{\eta_{nn2}} \left(\frac{r_1^2}{2} \ln r_1 - \frac{R_1^2}{2} \ln R_1 - \frac{r_1^2 - R_1^2}{4} \right) \right] + 2\pi \left(\frac{\rho_{02}}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^3 + R_1^3 - 2r_2^3}{3} + C_{22} \frac{r_1^2 - R_1^2}{2} \right).$$

в) если при $r = R_2$ имеем $|P_{rz1}|_{r=R_2} > \rho_{01}$, а при $r = r_1$; –

$|P_{rz2}|_{r=r_1} > \rho_{01}$, то ТЖ течет со сдвигом слоев, примыкающих не только к внешней стенке, но и граничащих со СЖ. Схема течения показана на рисунке 4. Граничные условия для этого случая течения следующие:

– при $r = R_1$; $V_{z2} = 0$ (условие прилипания СЖ к внутреннему цилиндру);

– при $r = r_1$; $V_{z2} = (V_{z1})_1 = V_1$ (кваситвердое тело ТЖ соприкасается со СЖ и они не проскальзывают друг относительно друга);

– при $r = r_{01}$; $(V_{z1})_1 = V_0$ (внутренняя граница квазитвердого тела ТЖ);

– при $r = r_{02}$; $(V_{z1})_2 = V_0$ (внешняя граница квазитвердого тела ТЖ);

– при $r = R_2$; $(V_{z1})_2 = 0$ (условие прилипания ТЖ к внешнему цилиндру).

Из (14) с учетом граничных условий имеем

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{R_1^2}{4} + \frac{\ln R_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{R_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \text{sign} \frac{\partial V_{z2}}{\partial r} + C_{22} = 0; \quad (43)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn2}} \frac{r_1^2}{4} + \frac{\ln r_1}{\eta_{nn2}} C_{12} - \frac{r_1 \rho_{02}}{\eta_{nn2}} \text{sign} \frac{\partial V_{z2}}{\partial r} + C_{22} = V_1; \quad (44)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{r_1^2}{4} + \frac{\ln r_1}{\eta_{nn1}} (C_{11})_1 - \frac{r_1 \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_1 + (C_{21})_1 = V_1; \quad (45)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{r_{01}^2}{4} + \frac{\ln r_{01}}{\eta_{nn1}} (C_{11})_1 - \frac{r_{01} \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_1 + (C_{21})_1 = V_0; \quad (46)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{r_{02}^2}{4} + \frac{\ln r_{02}}{\eta_{nn1}} (C_{11})_2 - \frac{r_{02} \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_2 + (C_{21})_2 = V_0; \quad (47)$$

$$\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{R_2^2}{4} + \frac{\ln R_2}{\eta_{nn1}} (C_{11})_2 - \frac{R_2 \rho_{01}}{\eta_{nn1}} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_2 + (C_{21})_2 = 0. \quad (48)$$

Напряжения сдвига ТЖ с учетом (7) определяются

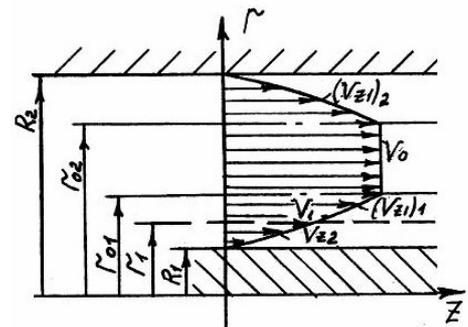


Рисунок 4 – Схема течения, когда $|P_{rz1}|_{r=R_2} > \rho_{01}$ при $r = R_2$

и $|P_{rz2}|_{r=r_1} > \rho_{01}$ при $r = r_1$

– при $r = r_{01}$ имеем $(P_{rz1})_1 = \rho_{01} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_1 = \rho_{01}$;

– при $r = r_{02}$ имеем $(P_{rz1})_2 = \rho_{01} \text{sign} \left(\frac{\partial V_{z1}}{\partial r} \right)_2 = -\rho_{01}$,

откуда с учетом (13) после преобразований получим

$$(C_{11})_1 = r_{01} \rho_{01} - \frac{\partial p / \partial z}{2} r_{01}^2; \quad (49)$$

$$(C_{11})_2 = -r_{02} \rho_{01} - \frac{\partial p / \partial z}{2} r_{02}^2. \quad (50)$$

Условие динамического равновесия СЖ и ТЖ при течении в кольцевой щели

$$-(P_{rz1})_{r=R_2} 2R_2 + (P_{rz2})_{r=R_1} 2R_1 = -\frac{\partial p}{\partial z} (R_2^2 - R_1^2),$$

откуда с учетом (13) после преобразований получим

$$(C_{11})_2 = C_{12}. \quad (51)$$

Условие динамического равновесия квазитвердого тела ТЖ ($r_{01} \leq r \leq r_{02}$)

$$\rho_{01} (r_{02} + r_{01}) = -\frac{\partial p}{\partial z} \frac{r_{02}^2 - r_{01}^2}{2},$$

откуда после преобразования получим

$$r_{02} - r_{01} = -\frac{2\rho_{01}}{\partial p / \partial z}, \quad (52)$$

что совпадает с исследованиями [2].

Если из (50) вычесть (49), то с учетом (52) $(C_{11})_1 = (C_{11})_2$, откуда с учетом (51) получим

$$(C_{11})_1 = (C_{11})_2 = C_{12}. \quad (53)$$

После преобразований (43)-(48) с учетом знаков производных, а также с учетом (49), (52), (53) получим уравнение для определения r_{01}

$$r_{01}^2 \ln \frac{r_{01}}{r_{01} + a} + r_{01}^2 \ln \frac{R_2}{r_1} + ar_{01} \ln \frac{r_{01}}{r_{01} + a} + br_{01} + c = 0, \quad (54)$$

где $a = -\frac{2\rho_{01}}{\partial p / \partial z}$; $b = a \ln \frac{R_2}{r_1} - 2a + \frac{\eta_1}{\eta_2} a \ln \frac{r_1}{R_1}$; $c = -\frac{a^2}{2} - \frac{R_2^2 - r_1^2}{2} + a(R_2 + r_1) - \frac{\eta_1}{\eta_2} \frac{\rho_{02}}{\rho_{01}} a R_1 - \frac{\eta_1}{2\eta_2} (r_1^2 - R_1^2)$.

Полученное трансцендентное уравнение (54) может быть решено методом дихотомии [10]. Областью изоляции корня уравнения можно принять $[r_1, R_2]$.

Расход ТЖ определим из выражения

$$Q_1 = 2\pi V_0 (r_{02}^2 - r_{01}^2) + 2\pi \int_{r_1}^{r_{01}} (V_{z1})_1 r dr + 2\pi \int_{r_{02}}^{R_2} (V_{z1})_2 r dr. \quad (55)$$

После подстановки в (55) значений $(V_{z1})_1$ и $(V_{z1})_2$ из (14) с учетом знаков производных и интегрирования получим

$$Q_1 = 2\pi V_0 (r_{02}^2 - r_{01}^2) + 2\pi \left[\frac{\partial p / \partial z}{\eta_{nn1}} \frac{r_{01}^4 - r_1^4 + R_2^4 - r_{02}^4}{16} + \frac{(C_{11})_1}{\eta_{nn1}} \left(\frac{r_{01}^2}{2} \ln r_{01} - \frac{r_1^2}{2} \ln r_1 - \frac{r_{01}^2 - r_1^2}{4} \right) \right] + \\ + 2\pi \left[\frac{(C_{11})_2}{\eta_{nn1}} \left(\frac{R_2^2}{2} \ln R_2 - \frac{r_{02}^2}{2} \ln r_{02} - \frac{R_2^2 - r_{02}^2}{4} \right) - \frac{\rho_{01}}{\eta_{nn1}} \frac{r_{01}^3 - r_1^3 - R_2^3 + r_{02}^3}{3} + (C_{21})_1 \frac{r_{01}^2 - r_1^2}{2} + \frac{R_2^2 - r_{02}^2}{2} (C_{21})_2 \right]. \quad (56)$$

Расход СЖ можно определить по (41).

Выводы:

1 При течении ТЖ со слоем СЖ на внутреннем цилиндре можно выделить четыре режима течения, которые определяются размерами цилиндров, толщиной слоя СЖ, реологическими характеристиками жидкостей.

2 Если напряжения сдвига ТЖ на наружном цилиндре и СЖ на границе с ТЖ меньше предельного напряжения сдвига ТЖ (условия (25) и (26) выполняются), то течет только СЖ, а ТЖ находится в покое как квазитвердое тело без сдвига слоев. Расход СЖ определяется по (23).

3 Если напряжение сдвига ТЖ на наружном цилиндре превышает предельное напряже-

ние сдвига (условие (25) не выполняется, а (26) выполняется), то ТЖ течет со сдвигом слоев, примыкающих к внешней стенке, а квазитвердое тело ТЖ соприкасается со СЖ. Расход ТЖ определяется по (39). В этом случае можно выделить два режима течения СЖ:

а) цилиндрическая поверхность нулевых напряжений СЖ находится за ее пределами, расход определяется по (41);

б) цилиндрическая поверхность нулевых напряжений СЖ не выходит за ее пределы, расход определяется по (42).

4 Если условия (25) и (26) не выполняются, то ТЖ течет со сдвигом слоев, примыкающих к внешней стенке и к СЖ. Расход ТЖ определяется по (56), а СЖ – по (41).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Слезкин, Н.А.** Динамика вязкой несжимаемой жидкости / Н.А. Слезкин. -М.: Госиздат, 1955. -519 с.

2 **Воларович, М.П.** Течение пластично вязкого тела между двумя параллельными плоскими стенками и в кольцевом пространстве между коаксиальными трубками / М.П. Воларович, А.М. Гуткин // Журн. техн. физики / АН СССР. -М.;Л., 1946. -Т.16, №3. -С. 321–328.

3 **Воларович, М.П.** К вопросу о течении вязкопластичных дисперсных систем в зазоре между двумя соосными трубами / М.П. Воларович, А.М. Гуткин // Коллоидный журн. -1963. -Т.25, №6. -С. 642-645.

4 **Уилкинсон, У.Л.** Неньютоновские жидкости. Гидромеханика, перемешивание и теплообмен / У.Л. Уилкинсон. -М.: Мир, 1964. -216 с.

5 **Щипанов, П.К.** Течение вязкопластичного тела в кольцевом пространстве между двумя коаксиальными трубками / П.К. Щипанов // Журн. техн. физики / АН СССР. -М.;Л., 1949. -Т.19, №10. -С. 1211–1214.

6 **Пат. 2014401 Российская Федерация.** Грунтозаборное устройство земснаряда / Н.Н. Арефьев. -Бюл. №11, 1994.

7 **Лойцянский, Л.Г.** Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. -5-е изд. -М.: Наука, 1978. -736 с.

8 **Прагер, В.** Конечные пластические деформации / В. Прагер // Реология: теория и приложения / под ред. Ф. Эйриха. -М., 1962. -С. 86-126.

9 **Выгодский, А.Я.** Справочник по высшей математике / А.Я. Выгодский. -М.: Наука, 1975. -872 с.

10 **Половко, А.М.** Mathcad для студента / А.М. Половко, И.В. Ганичев. -СПб.: БХВ-Петербург, 2006. -336 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *кольцевая щель; течение вязкопластичной жидкости*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Арефьев Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «ВГАВТ»*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ПОЕЗДНУЮ РАБОТУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

А.И. Володин, В.А. Михеев

Приведены результаты исследования формирования нормы расхода топлива на поездную работу магистральных тепловозов. На основании правил тяговых расчетов, технико-экономических характеристик магистральных тепловозов, среднесетевых статистических закономерностей предложена методика определения удельного расхода топлива дизелем и оценка эксплуатационной экономичности дизель-генераторной установки за поездку.

Работа по ресурсосбережению, проводимая ОАО «Российские железные дороги», направлена на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Доля расходов на топливно-энергетические ресурсы за последние годы существенно возросла и в себестоимости перевозок эта доля стала очень значимой, а в расходах локомотивного хозяйства соответствующая доля расхода топлива достигает почти половины. В первую очередь для повышения доходности железных дорог нужно снизить удельные энер-

гозатраты, для чего необходимо реализовать комплекс организационных и технических мер.

Основной организационной мерой представляется система нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов. Нормы расхода устанавливаются для вида тяги в целом, для отдельных видов движения (грузового, пассажирского, маневрового и так далее), для серий локомотивов, участков обращения.

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов на поездную работу магистральных тепловозов позволяет [1]:

- планировать работу топливного хозяйства на предстоящий планируемый период (на год, на квартал, на месяц) по депо, отделению, дороге;
- оценивать эффективность работы локомотивных бригад, направленной на сбережение топлива в поездной работе;
- оценивать теплотехническое состояние тепловозов.

Для нормирования расхода топлива на тягу поездов в системе железнодорожного транспорта обычно используются расчетно-статистические и опытно-статистические методы [2]. По отчетным данным о фактически достигнутом уровне расхода топлива за ряд лет эксплуатации определяют средние темпы снижения (или роста) установленных норм, что является основой для корректировки удельного расхода топлива на планируемый период.

В настоящее время норма расхода дизельного топлива на поездную работу рассчитывается по результатам рядовой эксплуатации тепловозов, фактический расход топлива при этом определяется по записи в маршруте машиниста (запись делается по результатам замера расхода топливомерной рейкой).

Однако методы и способы таких замеров, а значит и точность расчета нормы расхода не вполне обеспечивают желаемую точность, кроме того, используемые нормы не создают достаточного стимулирующего эффекта для работников локомотивного хозяйства к достижению энергосбережения. Слабо используются возможности вычислительной техники, а также математические методы, прежде всего методы математического моделирования и статистики.

Таким образом разработка прогрессивных норм, позволяющих стимулировать более экономичное использование магистральных тепловозов, до настоящего времени остается довольно актуальной.

Исходными данными для определения нормы расхода топлива на тягу поездов в предлагаемой методике служат:

- серия и количество секций локомотивов, мощность и удельный расход топлива дизель-генераторной установки каждой секции локомотивов на номинальном режиме;
- информация о профиле пути, расчетный подъем на выбранном участке эксплуатации, величина которого определяется по результатам спрямления исходного профиля пути;
- структура и масса состава;
- время работы дизель-генераторной установки тепловоза на нормируемом участке.

Значения таких параметров как эффективная мощность каждой секции тепловоза (кВт), удельный расход топлива дизелем (кг/(кВт·ч)), частота вращения коленчатого вала дизеля (мин⁻¹) задаются по результатам последних реостатных испытаний, предшествующих процессу нормирования.

Используя исходные данные, методы статистической обработки и результаты экспериментальных исследований определяются распределения параметров нагрузки дизель-генераторной установки тепловоза на промежуточных позициях контроллера машиниста (таблица 1).

Таблица 1 – Значения распределения параметров дизель-генераторной установки условного тепловоза 2ТЭ116

Позиция контроллера машиниста	Доля мощности дизеля ΔN_{ei}	Значения эффективной мощности N_{ei} , кВт	Доля расхода топлива Δb_e	Удельный расход топлива b_e , кг/(кВт·ч)
0	0,014	26,5	2,885	0,618
3	0,164	310,0	1,460	0,313
5	0,263	497,1	1,232	0,264
7	0,385	727,7	1,117	0,239
11	0,672	1270,1	1,009	0,216
15	1,000	1890,0	1,000	0,214

В основе предлагаемой методики нормирования расхода топлива лежат тяговые расчеты, выполнение которых для заданного участка обращения и определенного веса и структуры состава позволяет теоретически провести состав, используя пятнадцать позиций контроллера машиниста, что дает возможность определить распределение времени чистого движения и далее с учетом времени переходных процессов общее время работы локомотива по позициям контроллера машиниста.

При спрямлении исходного профиля пути, согласно действующих правил тяговых расчетов [3], необходимо исключить из общей процедуры спрямления элементы участков, на которых действуют как постоянные, так и временные предупреждения по ограничению скорости. При введении дополнительных ограничений, процедура спрямления должна повторяться.

В эксплуатации локомотива важнейшее значение имеет величина силы тяги и величина скорости движения, при которой эта сила тяги может быть реализована. По значениям мощности N_{ei} (см. таблица 1) рассчитываются тяговые характеристики тепловоза (кН) для всех позиций контроллера машиниста с определенным шагом

$$F_{ki} = 3,6 \frac{N_{ei}}{V}, \quad (1)$$

где V – скорость тепловоза, км/ч.

Значения касательной силы тяги локомотива F_{kij} и позиция контроллера машиниста тепловоза на выбранном j -ом элементе профиля пути определяются из условия движения поезда с постоянной скоростью

$$F_{kij} - F_{oj}(V) = 0, \quad (2)$$

где $F_{oj}(V)$ – условие равновесия удельных сил, действующих на поезд в режиме тяги или выбега.

Время работы тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста k -й секции тепловоза при движении поезда в режиме тяги или выбега на каждом элементе спрямленного профиля пути вычисляется по уравнению

$$t_{kij} = \frac{S_j}{V_j}, \quad \text{ч}, \quad (3)$$

где S_j – длина на выбранном элементе профиля пути, км;

V_j – установленная скорость движения поезда на выбранном элементе профиля пути, км/ч.

Расход топлива за время t_{kij} k -й секцией тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста определится по формуле

$$B_{ki} = N_{ei} b_{ei} t_{kij}^{\Sigma}, \quad \text{кг}, \quad (4)$$

где t_{kij}^{Σ} – общее время работы тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста при движении по нормируемому участку с учетом времени переходных процессов.

Распределение времени работы тепловоза в переходных режимах: режиме набора и уменьшения скорости, режиме стоянок и другие параметры эксплуатации принимаются в соответствии со среднесетевым вероятностным законом распределения времени работы поездных локомотивов в грузовом движении.

Суммарный расход топлива магистральным тепловозом за поездку вычисляется по формуле

$$B_{\Sigma k} = \sum_{i=0}^{pk=15} B_{ki}, \quad \text{кг}, \quad (5)$$

По результатам расчетов по предлагаемой методике для каждого номера локомотива на нормируемом участке в четном и нечетном направлениях определяется: удельный расход топлива за поездку на единицу перевозочной работы, суммарная работа дизель-генераторной установки локомотива, расчетная норма расхода топлива, среднеэксплуатационная экономичность магистрального тепловоза и так далее (таблица 2).

По описанной выше методике разработана компьютерная программа для расчета удельного расхода топлива дизельными локомотивами на поездную работу, которая может быть логически и программно встроена в систему интегральной обработки маршрута машиниста. Для этого необходимо сформировать базу данных, включающую в себя:

- характеристику технического состояния и экономичности локомотивов приписного парка депо;
- исходный профиль пути в пределах участков обращения локомотивов депо;
- величину установленных скоростей движения с учетом постоянных и временных ограничений по элементам профиля пути.

Таблица 2 – Обобщенные параметры эксплуатации и экономичности условного тепловоза 2ТЭ116

Наименование показателя	Значения показателя для участка	
	четное направление	нечетное направление
Масса поезда, т	2600	3600
Протяженность участка обслуживания, км	300	300
Работа тепловоза за поездку, ткм брутто	607980	936745
Работа дизель-генераторной установки тепловоза, кВт·ч	10060,69	14050,03
Удельный расход топлива дизелем за поездку, кг/ч	245,6	270,8
Расход топлива на измеритель, кг/(10 ⁴ ткм брутто)	50,28	36,71
Эксплуатационная экономичность дизель-генераторной установки тепловоза, кг/(кВт·ч)	0,298	0,249

Представленная методика в совокупности с действующими методами нормирования расхода топлива на поездную работу позволит специалистам группы учета-нормирования и техническому персоналу локомотивного хозяйства принимать обоснованные организационные и технические решения, результатом которых станет снижение расхода энергоресурсов на тягу поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Кузьмич, В.Д.** Теория локомотивной тяги / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель; под ред. В.Д. Кузьмича. -М.: Маршрут, 2005. -448 с.
 - 2 **Методика анализа результатов расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов:** указание МПС №В-741 у. -М.: РТП МПС, 1997. -91 с.
 - 3 **Правила тяговых расчетов для поездной работы.** -М.: Транспорт, 1985. -287 с.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* эксплуатационная экономичность; маневровый тепловоз; расход топлива
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Володин Александр Иванович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «ОмГУПС»
 Михеев Владислав Александрович, аспирант ГОУ ВПО «ОмГУПС»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОДВЕСОК НА ТРАНСПОРТЕ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.К. Романченко, А.М. Романченко, Л.В. Пахомова

Сформулирована необходимость научного подхода к проектированию подвески. Предложены уравнения динамики для подвески, состоящие из дифференциальных уравнений движения массы дизеля, алгебраических уравнений понижения порядка и уравнения внешних сил.

Судовые дизели состоят из пространственной ячеистой рамы, в которой движутся звенья кривошипно-ползунного механизма. Существенные внутренние силы передаются через раму, которая должна быть достаточно прочной и жесткой. В такой конструкции нельзя ожидать развитых резонансных колебаний, поскольку это могло бы привести к разрушению элементов или рамы в целом. Тем не менее, для шумоизоляции корпуса судна от колебаний остова дизеля интересен вопрос о наименьшей частоте свободных колебаний остова. Оценим собственную частоту по формуле Ньютона

$$\omega = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (1)$$

Модуль упругости изотропной конструкции пропорционален её плотности и модулю упругости материала, т.е. их отношение сохраняется. Рассмотрим модель на примере распро-

страненного на флоте двигателя 12ЧСПН14/14.

Габаритный объём двигателя приблизительно $1,5 \text{ м}^3$. Масса двигателя 3000 кг. Плотность конструкции 2000 кг/м^3 . Снижая модуль упругости алюминиевого сплава пропорционально его плотности, получим $6 \cdot 10^{10} \text{ Па}$. Собственная частота продольных колебаний равна 5500 с^{-1} . Это примерно 900 Гц и входит в диапазон судового шума 90-11000 Гц, но выходит за пределы диапазона судовой вибрации 1,4-90 Гц.

Анализ показал, что современные двигатели являются жёсткими для низких частот судовой вибрации, что подтверждается рядом исследований [1, 6]. Модель дизеля как твёрдого тела особенно пригодна в случае его установки на виброизоляторы, поскольку в этом случае собственные частоты колебаний на виброизоляторах снижаются и существенно удаляются от собственных частот дизеля как упругого тела.

Механическое движение, в том числе и колебания дизеля (рисунок 1), определяются его массой, моментами инерции и внешними силами, которые могут зависеть от времени, положения и скорости точек дизеля. Это справедливо в случае классической модели с упругими линейными элементами и вязким линейным трением [3].

Выберем оси неподвижной системы координат x, y, z так, чтобы они совпадали в начальный момент времени с главными центральными осями инерции ξ, η, ζ массы дизеля [3-5].

Матрица масс является диагональной [3]. Матрица демпфирования содержит коэффициенты вязкого трения, относящиеся к упругим элементам опор. Диссипативные силы, обусловленные внешним и внутренним трением в металлических пружинах несущественны.

Матрица упругих коэффициентов имеет стандартный вид, но содержит коэффициенты жесткости, учитывающие предварительную нагрузку от веса.

Направление осей жесткости пружинной опоры в подвеске агрегата задаётся исходя из удобства эксплуатации и монтажа. Обычно оси виброизоляторов ортогональны основной плоскости корпуса и диаметральной плоскости. Зададим положение опоры i координатами x_i, y_i, z_i . Направление осей опоры i определим направляющими косинусами, которые в силу ортогональности выбранных систем координат образуют таблицу 3×3 . Всего таких таблиц столько же, сколько опор, но в судовых подвесках с регулярным прямым расположением опор все таблицы одинаковые. Если оси виброизоляторов параллельны осям неподвижной системы, то направляющие косинусы главной диагонали равны единице, остальные – нулю.

Уравнения динамики для подвески состоят из дифференциальных уравнений движения массы дизеля, алгебраических уравнений понижения порядка и уравнения внешних сил.

Уравнения динамики массы в форме второго закона Ньютона имеют вид

$$\frac{dV_i}{dt} = \frac{-F_{qi} - F_{vi} + F_{pi} + F_{ti}}{m}, \quad (2)$$

где F_q – силы, зависящие от смещения массы;

F_v – силы, зависящие от скорости массы;

F_t – переменные гармонические силы.

Элементы матрицы упругих коэффициентов входят в уравнение динамики и выражаются известными зависимостями [3].

Как правило, подвеска симметрична относительно продольной и поперечной оси, что даёт дополнительное упрощение. В современных быстроходных агрегатах удается совместить плоскость виброизоляторов с началом неподвижной системы координат, тогда коэффициенты не лежащие на главной диагонали равны нулю. В теории виброизоляции такой вариант подвески известен как случай полного разделения колебаний.

$$c_{ij} = 0 \text{ при } i \neq j. \quad (3)$$

Выбирая собственную частоту ниже минимума можно избежать резонансных колебаний. Однако, в этом случае, подвеска может стать слишком мягкой и неустойчивой.

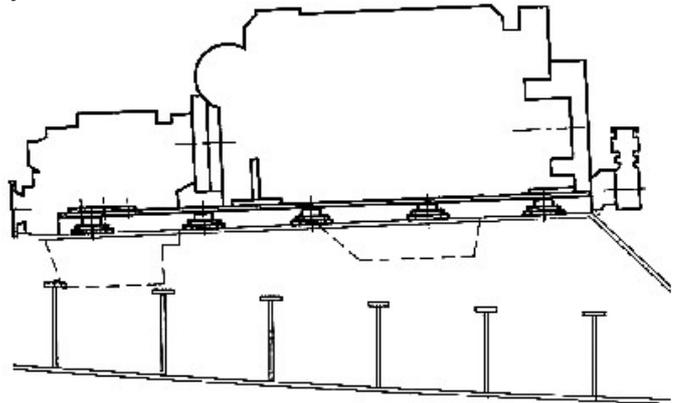


Рисунок 1 – Главный двигатель речного судна

Можно ли повысить жесткость подвески за счет увеличения коэффициентов матрицы до границы минимальной собственной частоты? Ответ на этот вопрос дается «теоремой о сравнении», согласно которой возрастание жесткости в системе со многими степенями свободы увеличивает или хотя бы оставляет неизменными собственные частоты. Пусть спектр собственных частот упорядочен следующим образом: $\omega_1 \leq \omega_2 \leq \dots \leq \omega_n$. Тогда прибавление к инерционной матрице A положительной матрицы не может увеличить ни одну частоту в указанной последовательности частот, а прибавление к матрице жесткости C положительной матрицы не может уменьшить ни одну частоту последовательности [3].

Сформулируем необходимость такого подхода к проектированию подвески. Пусть имеется наименьшая частота ω_{\min} диапазона вынуждающих сил и моментов, от которой нужно отстроиться при проектировании подвески.

Это приводит к условию выравнивания всех собственных частот до границы

$$\omega_i = \omega_{\min}. \quad (4)$$

Как правило, все виброизоляторы в подвеске имеют одинаковую конструкцию и коэффициенты жесткости, тогда из первых трех уравнений следует равенство первых трех диагональных коэффициентов. Это приводит к равенству компонентов жесткости виброизолятора по осям

$$c_x = c_y = c_z = c. \quad (5)$$

Рассмотрим стандартную подвеску судовой электростанции ДГР30/1500 установленной на четырех опорах (рисунок 2)

Жесткость по осям виброизоляторов: $X = 500,40$ кН/м; $Y = 358,08$ кН/м $Z = 500,40$ кН/м. Положение опор указано на рисунке 3.

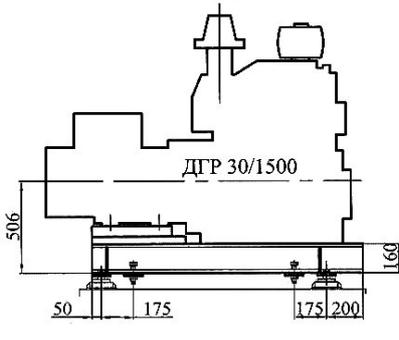


Рисунок 2 – Стандартная подвеска судовой электростанции

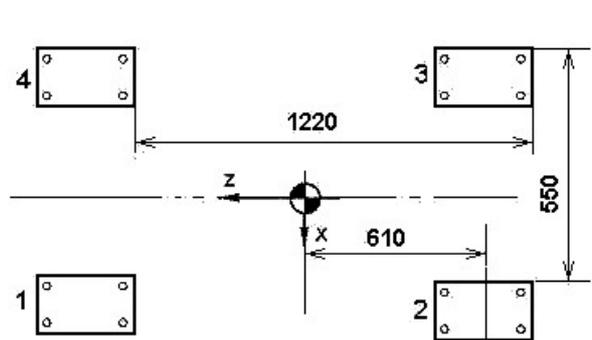


Рисунок 3 – Расположение виброизоляторов в подвеске агрегата с ординатой $y = -0,5$ м

Матрица жесткости не является диагональной

$$C = \begin{pmatrix} 2001600 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1000800 \\ 0 & 1432300 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2001600 & -100800 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1000800 & 1033400 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 896170 & 0 \\ 100080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 608720 \end{pmatrix}.$$

Инерционные параметры агрегата

$$A = \text{diag}\{1100, 1100, 1100, 206, 256, 50\}. \quad (6)$$

Вынуждающим фактором является периодический момент вокруг оси Z . Остальные силы и моменты приняты равными нулю, что позволяет анализировать связанность колебаний. АЧХ показывают различные резонансные частоты и соответствующие амплитуды. Колебания по вращательным обобщенным координатам связаны, что указывает на присутствие боковых элементов в матрице жесткости. АЧХ поступательных координат обнаруживают резонансы на частотах поступательных координат, что указывает на связанность колебаний (рисунок 4).

Амплитудно-частотные характеристики центра масс агрегата по шести координатам построенные по известной методике [2] показывают связанность колебаний по всем координатам.

Рассмотрим оптимизированную подвеску с одинаковой жесткостью (500,4 кН/м) виброизолятора по осям.

Ординаты виброизоляторов примем равными нулю $y = 0$.

Вычислим абсциссы и аппликаты подвески в метрах

$$\sum_{i=1}^s z_i^2 = \frac{l_x s}{m} = \frac{206 \cdot 4}{1100} = 0,75;$$

$$\sum_{i=1}^s (x_i^2 + z_i^2) = \frac{l_y s}{m} = \frac{256 \cdot 4}{1100} = 0,931;$$

$$\sum_{i=1}^s x_i^2 = \frac{l_z s}{m} = \frac{50 \cdot 4}{1100} = 0,18.$$

Агрегат установлен на четырех опорах, следовательно

$$x_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 x_i^2}{4}} = \sqrt{\frac{0,18}{4}} = 0,212; \quad z_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 z_i^2}{4}} = \sqrt{\frac{0,75}{4}} = 0,433.$$

Матрица жесткости является диагональной

$$C = \begin{pmatrix} 2001600 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1432300 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2001600 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 532970 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 896170 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 108320 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

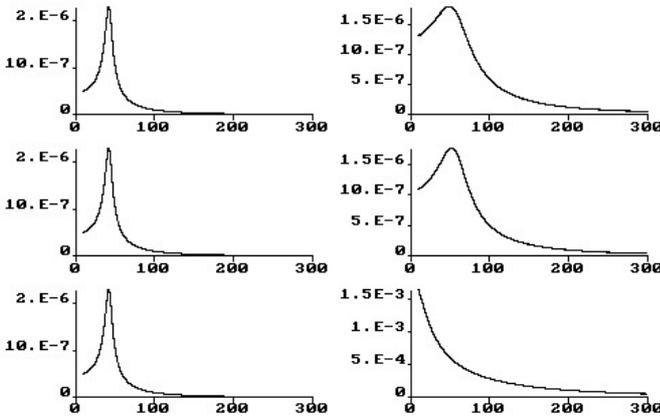


Рисунок 5 – АЧХ центра масс для оптимизированной подвески

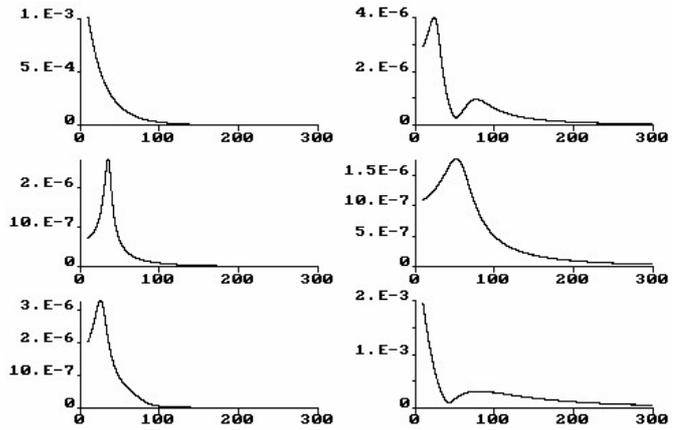


Рисунок 4 – АЧХ центра масс для стандартной подвески

Амплитудно-частотные характеристики центра масс агрегата по шести координатам рассчитаны по известной методике показывают несущественную связанность колебаний по всем координатам. Как и предполагалось в теории оптимальной подвески, все резонансы попадают на одну частоту. Вынуждающий момент по шестой координате не приводит к развитию колебаний по другим направлениям.

Выводы

1 Оптимальная по жесткости подвеска должна иметь одинаковые собственные частоты по всем степеням свободы. Выбор собственных частот определяется наименьшей частотой вынуждающей силы.

лы.

2 Случай полного разделения колебаний по степеням свободы наиболее полно реализуется при равенстве компонентов жесткости виброизоляторов по осям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Барановский, А.М.** Судовой двигатель как объект виброизоляции / А.М. Барановский // Дизельные энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 1999. -С. 14-16.

2 **Беляковский, Н.Г.** Конструктивная амортизация механизмов, приборов и аппаратуры на судах / Н.Г. Беляковский. -Л.: Судостроение, 1965. -524 с.

3 **Вибрации в технике:** справочник. В 6 т. Т.6 / под ред. В.Н. Челомея. -М.: Машиностроение, 1984.

4 **Ганиев, Р.Ф.** Колебания твёрдых тел / Р.Ф. Ганиев, В.О. Кононенко. -М.: Наука, 1976. -

432 с.

5 **Найденко, О.К.** Амортизация судовых двигателей внутреннего сгорания / О.К. Найденко, П.П. Петров. -Л.: Судпромгиз, 1962. -288 с.

6 **Тимошенко, С.П.** Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер. -М.: Машиностроение, 1985. -472 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: виброзащитная подвеска; судовая электростанция

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Романченко Михаил Константинович, канд. техн. наук, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Романченко Анатолий Михайлович, студент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Пахомова Людмила Владимировна, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

РАСЧЕТ АМПЛИТУД СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНЫХ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Л.М. Коврижных, С.С. Глушков

Решена задача нахождения амплитуд колебаний дискретных многомассовых систем в численном виде.

Данная работа является продолжением работы [3], в которой разработана методика расчета собственных частот колебаний дискретных многомассовых систем. Напомним, что рассматриваются такие колебательные процессы, при которых колебания масс около своих положений равновесия считаются достаточно малыми. Если количество масс обозначим за n , x_i -перемещения, определяющие положения всех масс системы, $i = 1, 2, \dots, n$, то уравнения движения нашей системы можно записать в матричной форме

$$m\ddot{x} + rx = P,$$

где x – вектор-перемещений;

P – вектор-столбец возмущающих сил;

m – матрица масс, которая в рассматриваемых нами системах диагональная;

r – матрица жесткости, размера $n \times n$.

Свободные колебания системы определяются однородными дифференциальными уравнениями

$$m\ddot{x} + rx = 0. \quad (1)$$

Отыскивая решение этих уравнений в виде

$$x = u \cos(pt + \varphi), \quad (2)$$

где u – вектор амплитудных перемещений.

Получаем матричное уравнение, которому должен удовлетворять вектор амплитудных перемещений

$$(3)$$

Так как эти уравнения линейные и однородные, они могут иметь нетривиальные решения только в том случае, если их определитель равен нулю. Отсюда получаем уравнение для нахождения частот p

$$\det(r - p^2 m) = 0. \quad (4)$$

Это уравнение (частотное или вековое) должно иметь n корней [1] и численно решено в [3] в табличном процессоре MS Excel для примера системы n масс, соединенных пружинами. Поэтому далее мы будем предполагать, что собственные частоты p_1, p_2, \dots, p_n известны. Задача заключается в поиске вектора амплитудных перемещений для каждой из собственных частот p_k , который обозначим u_k . Этот вектор должен удовлетворять уравнению (3). Но при $p = p_k$ определитель системы этих n линейных относительно u уравнений равен нулю, поэтому они линейно зависимы и одно из них линейно выражается через остальные $n-1$ линейно независимых уравнений. Задав теперь одно из амплитудных перемещений (например при $u_1 = 1$) можно найти все остальные. Таким образом, для каждой собственной частоты p_k определяем соответствующую форму колебаний (собственную форму), характери-

зуюмую амплитудами $u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{nk}$. Каждому номеру k отвечает, согласно (2), решение уравнений движения (1) в форме

$$x = u_k [C_{1k} \cos(p_k t) + C_{2k} \cos(p_k t)].$$

Движения, описываемые этой формулой, называются главными колебаниями системы. Поскольку уравнения движения (1) являются линейными, то линейная комбинация этих решений

$$x = \sum_{k=1}^n \bar{u}_k [C_{1k} \cos(p_k t) + C_{2k} \cos(p_k t)],$$

также будет их решением.

В [1] показано, что главные колебания имеют амплитуды, связанные соотношением ортогональности

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} u_{ik} u_{jl} = 0,$$

при $k \neq l$, т.е. для разных собственных форм колебаний u_k и u_l .

Для частного случая системы с диагональной матрицей масс это соотношение ортогональности выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n m_i u_{ik} u_{il} = 0.$$

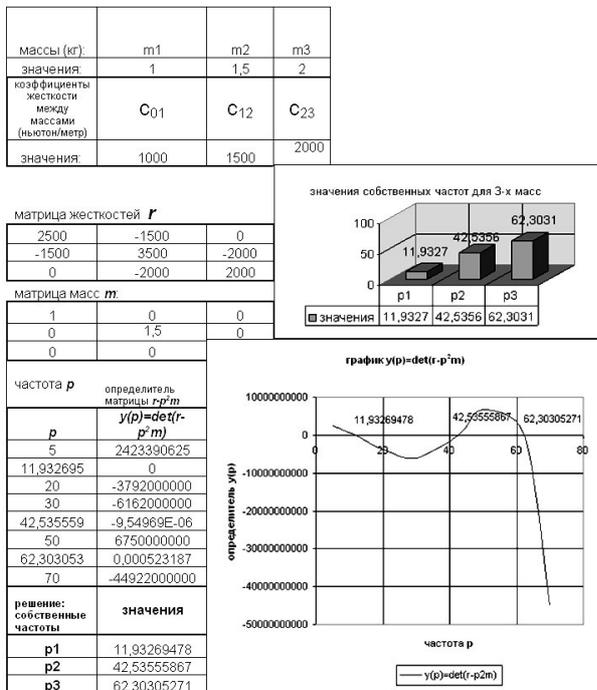
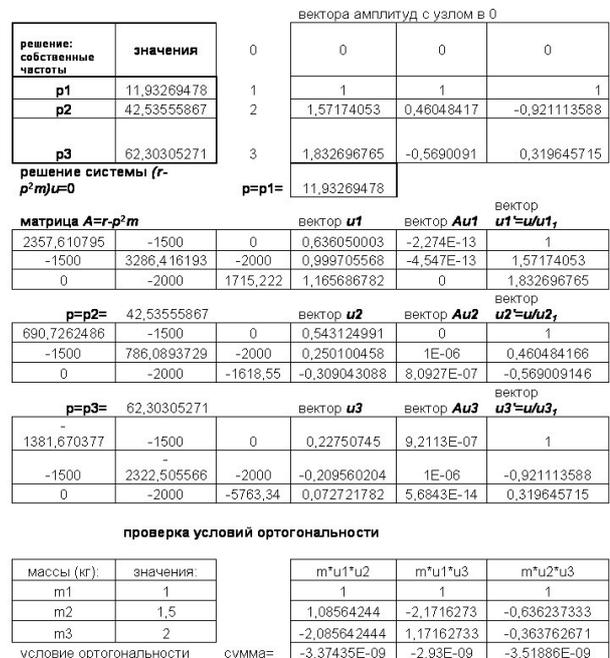


Рисунок 1 – Решение задачи нахождения собственных частот для линейной дискретной системы из трех масс



Итак условие ортогональности верно для всех амплитуд !!! Следовательно, собственные амплитуды и частоты найдены верно

Рисунок 2 – Расчет амплитуд и форм колебаний проверка условий ортогональности собственных форм колебаний

Итак, мы будем рассматривать тот же пример колебания системы n масс, соединенных между собой пружинами, что и в [3]. Массы и коэффициенты жесткостей пружин будем предполагать известными. Все расчеты по данной задаче нахождения амплитуд собственных колебаний будем производить в Excel. Сначала мы рассмотрим задачу для 3-х масс. Согласно методике, изложенной в [3], найдем собственные частоты p_k , как корни уравнения (4). Для нахождения амплитуд подсчитываем матрицы $A = r - p^2 m$ в соответствующих диапазонах ячеек при $p = p_k$. Далее умножим эту матрицу на пробный вектор $u_0 = (1, 1, 1)$ и результат заносим в другие три ячейки. Получаем некий вектор, который обозначим b . Итак, имеем $Au_0 = b$. Далее согласно методике, изложенной в [2] для решения систем линейных уравнений подбираем вектор u_0 так, чтобы вектор невязки b обратился в ноль. Хотя определитель матрицы A при этом равен нулю, тем не менее, Excel находит ненулевой вектор u , удовле-

творяющий системе $Au_0 = 0$, что требовалось (этот вектор будет размещаться в ячейках пробного вектора u_0 , т.е. там, где стояли единицы). Далее, вектор u делим на величину 1-ой координаты, чтобы она была равна единице. Его также можно нормализовать, т.е. сделать равным единице по модулю, разделив на квадратный корень из суммы квадратов координат. Аналогично находим два других вектора амплитуд собственных колебаний. Далее проверены три соотношения ортогональности. Они оказались верны, значит, собственные частоты и амплитуды были найдены правильно. В общем случае, для n масс, соотношений ортогональности будет равно $\frac{n(n-1)}{2}$, поэтому для больших n их довольно сложно проверять (хотя и возможно). Например, при $n = 12$ число соотношений ортогональности будет 66. Далее приведены расчеты, сделанные в MS Excel (рисунок 1 и 2).

Заметим, в заключении, что приведенная методика разобрана на примере системы из 3-х масс. На самом же деле она практически применима и для систем с большим количеством масс. Правда соотношений ортогональности здесь становится больше, что затрудняет процесс их проверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бидерман, В.Л.** Теория механических колебаний: учеб. для вузов / В.Л. Бидерман. - М.: Высш. шк., 1980. -408 с.

2 **Коврижных, А.М.** Численное решение уравнений и систем на ПК: учеб.-метод. пособие / А.М. Коврижных, Л.М. Коврижных; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2003. -60 с.

3 **Коврижных, Л.М.** Расчет собственных частот свободных колебаний дискретных многомассовых систем / Л.М. Коврижных // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. - 2008. -№1. -С. 167-170.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: колебания многомассовых систем; численное решение

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Коврижных Леонид Михайлович, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Глушков Сергей Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.О. Токарев, Р.Ф. Пеньков, И.С. Иванчик, С.Н. Иванчик

Проанализированы причины аварий механизма газораспределения судовых дизелей. Предложены некоторые конструкторские решения для повышения надежности судовых двигателей при эксплуатации.

Клапаны двигателей подвергаются динамическим нагрузкам, действующим с большой частотой. В особо тяжелых условиях работают выпускные клапаны, поскольку эти нагрузки прилагаются при температурах 600-900 °С и сопровождаются коррозионным и эрозионным воздействием горячих газов.

Головки клапанов омываются горячими газами в камере сгорания, а головка и стержень выпускных клапанов нагреваются и в периоды выпуска, когда скорость газов составляет 400-600 м/с, а температуры достигают 720-1200 °С. Так как отвод теплоты от головок клапанов происходит только в седло и стержень клапана, то температура в центре головки выпускных клапанов дизелей может достигать 700-900 °С. Такие большие температуры снижают механическую прочность материала клапана, а высокие скорости газовых потоков и агрессивность среды (выпускные газы) вызывают коррозию и газовую эрозию поверхностей выпускных клапанов, особенно посадочных фасок. Большие перепады температур, достигающие в головке 150-200 и 500-600 °С между максимальной (в центре головки) и минимальной (на торце стержня клапана) температурами, определяют высокий уровень температурных напряжений.

Посадочные фаски клапанов и седел, а также торцы стержней клапанов подвергаются

ударной нагрузке при закрытии и в начале открытия клапана.

Стержень и головка клапанов нагружаются переменными силами растяжения и изгибающими моментами от пружин, а также газовыми и инерционными силами.

При правильном режиме эксплуатации двигателя период наработки клапана в нормальном режиме изнашивания составляет около 10000 ч.

Анализ статистических данных об авариях судовых дизелей показывает, что существует ряд обстоятельств, способных снизить ресурс работы клапанов и, как следствие, двигателя в целом.

Около 15% всех случаев поломок клапанов составляют усталостные разрушения. На рисунке 1а показан вид поверхности усталостного разрушения стержня выхлопного клапана двигателя 6ЧСП18/22, изготовленного из стали 10Х18Н9Т.

Усталостному разрушению может способствовать нарушения режима эксплуатации двигателя.

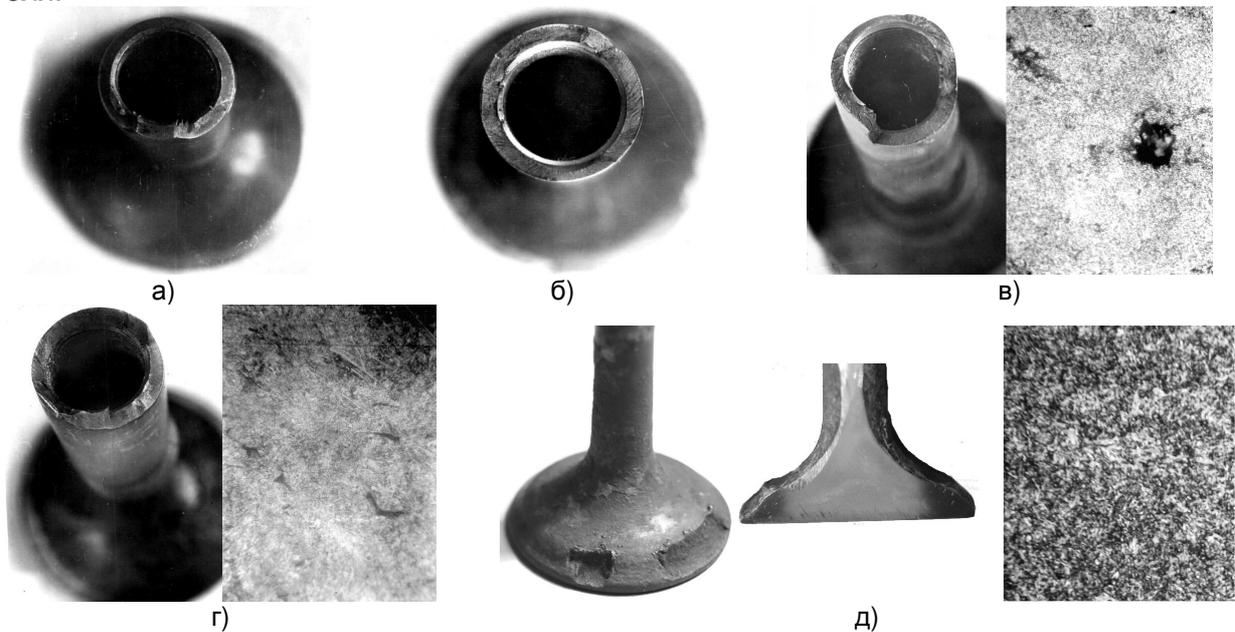


Рисунок 1 – Вид поверхности излома и структура стали в зоне разрушения клапанов судовых дизелей: а-усталостный излом выхлопного клапана двигателя 6ЧСП18/22 из стали 10Х18Н9Т; б-линии «усталости» на поверхности излома стержня клапана двигателя 4Ч10,5/13, изготовленного из стали 18ХНВА; в-общий вид излома и микроструктура толкателя впускного клапана двигателя 3Д6; г-вид поверхности излома и микроструктура стали (×200), содержащей неметаллические включения, всасывающего клапана двигателя 3Д6; д-местное выгорание рабочей поверхности выпускного клапана двигателя 3Д6 и его микроструктура

Перегрев выпускного клапана двигателя 4Ч10,5/13, поверхность разрушения которого показана на (см. рисунок 1б), вызвал снижение его твердости с HRC с 40-50 до 33. Это послужило основной причиной его преждевременного усталостного разрушения. Очагом усталостной трещины в стержне клапана из стали 18ХНВА явилась впадина резьбы.

Отмечены также случаи разрушения клапанов в результате наличия металлургических дефектов. Так по месту сосредоточения усадочной пористости произошло разрушение толкателя впускного клапана двигателя 3Д6, изготовленного из стали 2Х13 (см. рисунок 1в).

Разрушение всасывающего клапана двигателя 3Д6 произошло по штоку (сталь 40ХН, HRC38) от изгибающих нагрузок, превысивших предел прочности материала. Фактором, способствующим разрушению, послужила повышенная загрязненность металла силикатами (см. рисунок 1г).

Напряженные условия работы клапанов обуславливают возможность нарушения их работы, из которых наиболее характерными являются зависание клапанов и удары их о поршень, выгорание фаски, изнашивание, коробление и растрескивание фасок, обрыв стержня, изнашивание стержня и его торца.

Перекус выпускного клапана двигателя 3Д6 из стали Х9С2 вызвал местное выгорание рабочей поверхности (рисунк 1д). По аналогичной причине (плохая притирка клапана) произошло местное выгорание выхлопного клапана двигателя 3Д6 теплохода «КЖ-150».

Боковая поверхность стержня изнашивается при недостаточном количестве смазочного материала и при наличии в зазоре частиц нагара, продуктов изнашивания деталей двигателя и химически агрессивных продуктов сгорания топлива и масла (рисунок 2). Данное обстоятельство усугубляется тем, что при длительной эксплуатации двигателя повышаются температуры клапанов и седел в результате увеличения зазоров в направляющей клапана и ухудшения контактов фасок клапанов и седел, отложений нагара, накипи, солей и соединений металлов, содержащихся в присадках к маслам и топливам, ухудшения рабочего процесса.



Рисунок 2 – Износ поверхности стержня выпускного клапана дизеля

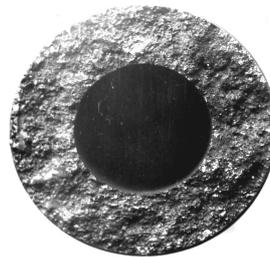
В головках или крышках цилиндров предусматривают для клапанов гнезда, в которые запрессовывают направляющие втулки и сёдла.

Разрушение направляющих втулок, изготовляемых литьём из различных марок серого чугуна, происходит большей частью от действия напряжений, превышающих прочность материала. Эти напряжения вызываются перегрузки двигателя или механическими воздействиями, возможно также и низким качеством материала втулки (рисунок 3).



а)

б)



в)



г)

Перегрузка двигателя послужила причиной выхода из строя направляющей втулки клапана двигателя 8NVD36 (рисунок 3а). Ударная нагрузка вызвала поломку направляющих втулок клапанов, общие виды и изломы показаны на рисунок 3б. По литейному дефекту разрушилась направляющая втулка клапана двигателя, показанная на рисунке 3в. От действия ударной нагрузки разрушилась направляющая втулка клапана двигателя 3Д12 из чугуна марки СЧ21-40 рисунок 3г.

Рисунок 3 – Вид поверхности разрушения направляющих втулок клапанов

Наибольшими неприятности эксплуатационникам доставляет «заедание» и «зависание» клапанов, что нередко приводит к аварии двигателя. В ряде случаев предотвратить подобные аварии удаётся конструкторскими решениями.

Так зависание клапана второго цилиндра нового двигателя 6ЧСП18/22 (теплохода «СП-650», проект 414А) произошло через 400 ч его эксплуатации. Это привело к разрушению крышки цилиндра. Установлено, что заедание произошло по двум посадочным поясам втулки. Учитывая, что такие случаи наблюдались неоднократно, было решено проточить кольцевые канавки по внутреннему диаметру втулки глубиной 0,5 мм и шириной 3 мм, чтобы частично компенсировать разность температурных расширений (рисунок 4).

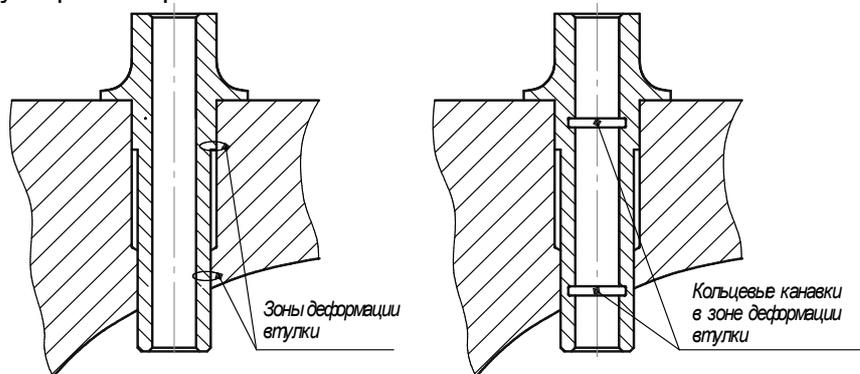


Рисунок 4 – Втулка клапана до и после проточки

Дальнейшая эксплуатация показала высокую эффективность проточки втулок – заедания штоков клапанов и их зависания не наблюдались.

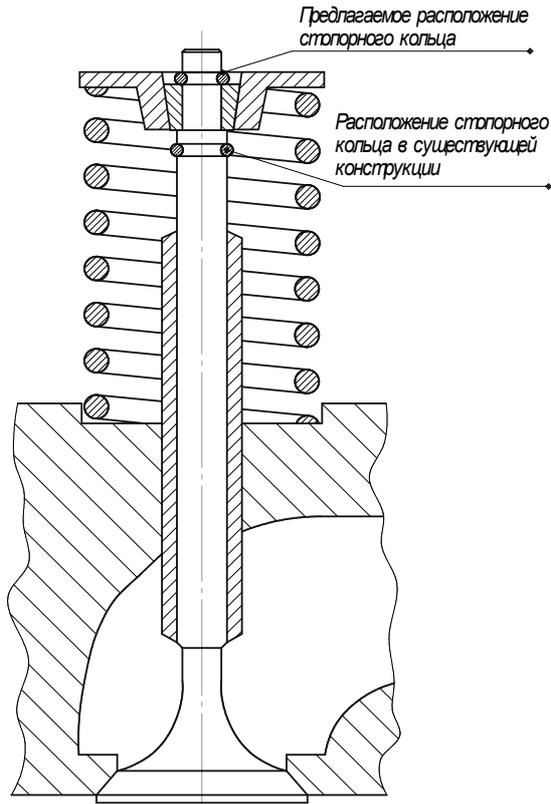


Рисунок 5 – Схема модифицированного клапанного механизма двигателя 4Ч10,5/13

На главных двигателях К-167 (4ЧСП10,5/13) 48-ми промысловых судов Братского рыбозавода, только за одну навигацию было зарегистрировано 63-и случая заклинивания клапанных штоков в своих направляющих, в том числе в 44 случаях это приводило к рассухариванию клапанного замка. При этом в 21 случае клапан проваливался в камеру сгорания, вызывая аварию двигателя, а в остальных случаях происходила поломка привода клапанного механизма. Следует заметить, что если в момент заедания клапана не произошло его рассухаривание, то через некоторое время он начинает функционировать нормально. Поэтому для предотвращения рассухаривания замка клапанного механизма было решено стопорное кольцо, расположенное в выточке ниже механизма клапанного замка, перенести под головку замковой выточки штока, проточив там канавку (рисунок 5). В этом случае стопорное кольцо будет придерживать сухари замка в гнезде, исключив их выпадение при движении клапана вверх от удара поршнем со скоростью, превышающей скорость срабатывания пружины. Некоторое снижение случаев заедания штоков клапанов в направляющих дало укорочение втулок на 10-15 мм со стороны, выступающей внутрь газоотводного канала.

Таким образом, наблюдениями за работой судовых дизелей в период длительной эксплуатации, установлено, что выход из строя выхлопных клапанов вызывается их перегревом (35%), местным выгоранием рабочей поверхности (25%), дефектами материала (25%), усталостью (15%). То есть, в большинстве случаев, аварии клапанных механизмов могут быть предупреждены строгим соблюдением правил технической эксплуатации двигателей. Некоторое повышение надёжности клапанного механизма может быть достигнуто его модернизацией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анализ причин аварий; газораспределительный механизм; судовой дизель
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Токарев Александр Олегович, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»
 Пеньков Рудольф Филлипович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»
 Иванчик Сергей Николаевич, заведующий лабораторией ФГОУ ВПО «НГАВТ»
 Иванчик Илья Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ЗВУКОВОЙ БАРЬЕР

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Д.В. Плаксин

Предложено одно из положительных решений по снижению шума на судах и в производственных помещениях. Как известно, высокий уровень шума не только вредно отражается на организме человека, но и косвенно может влиять на увеличение аварийности, как отдельных механизмов, так и производственного цеха на предприятии или речного судна в целом. И по этому наша новая технология по защите от шума найдет свое применение так как она очень простая и эффективная и подтвержденная экспериментально.

В последнее время остро встала проблема борьбы с производственным шумом, как на предприятиях, так и на морском и речном флоте [1-3].

Как известно, высокий уровень шума не только вредно отражается на организме человека, но и косвенно может влиять на увеличение аварийности, как отдельных механизмов, так и производственного цеха на предприятии или речного судна в целом.

Поэтому одной из актуальных задач на морском и речном флоте в настоящее время яв-

ляется снижение шума главных и вспомогательных двигателей, являющихся основными источниками шума на теплоходах.

Работа по снижению шума исходящего от ДВС в нашей стране уже ведется давно. Проводились различные исследования, выявившие источники шума двигателей и физические причины его возникновения. Сначала в лабораторных условиях проводились различные эксперименты по снижению шума, возникающего во время работы ДВС. Потом и на практике в дизельных лабораториях. Конечно же, делается большая работа по снижению шума возникающего от ДВС, есть и хорошие результаты в этой области, но на самом деле до конца еще эта проблема не решена.

На сегодняшний день ведется экспериментальная работа в лабораториях ФГОУ ВПО «НГАВТ» по внедрению новых технологий по защите жилых и рабочих зон от шума исходящего от ДВС. Но в наше время шум занимает практически лидирующую позицию. Он присутствует, везде начиная от простой квартиры, заканчивая улиц. Шум возникает от автотранспорта, авиатранспорта и железнодорожного транспорта. Так же на предприятиях от множества работающих станков. Как решить эту проблему? К сожалению, этот вопрос пока остается открытым. Конечно, в мире технический прогресс не стоит на месте.

В жилых и производственных комплексах, а так же в судостроении и машиностроении ведется внедрение новых материалов по снижению шума. К сожалению, не все материалы, из которых изготавливаются защитные экраны, эффективны. При применении их уже на практике, многие из них с экономической точки зрения не совсем дешевы, а с экологической не совсем полезны.

Кафедра Теории механизмов и деталей машин ФГОУ ВПО «НГАВТ» старается учитывать все эти параметры в разработках новых технологий по снижению шума. Одной из разработок является устройство, с помощью которого создается звуковой барьер. Шумовая волна, возникающая от источника шума, встречает перед собой барьер или так называемый «звуковой заслон» или преграду. В чем смысл «Звукового барьера»? Это преграда между защищаемым и защищенным объектом. Это может быть обычная стенка или межпалубное перекрытие. В эксперименте использовались гипсокартон и речной песок, как хороший недорогой, шумозащитный и экологически безвредный материал.

На практике это будет выглядеть следующим образом:

Между жилыми помещениями установлены перегородки и переборки, через которые легко проникает звук (создается шум). От источника шума может возникнуть вибрация, которая несет не меньшую опасность для человека и влияет на экспериментальную установку. Чтобы не допустить уплотнения и снижения шумозащитных свойств песка в экспериментальной установке предусматривается устройство для периодического перемешивания песка. Внутри стенки находится несколько перегородок, между которыми насыпан песок. В экспериментальной установке, толщину слоя песка можно регулировать. Угол естественного откоса по передвижению песка во времени также подлежит регулировке, что соответственно улучшает защиту от шума.

Для практического осуществления процесса был проведен следующий эксперимент. В герметичную прозрачную емкость, насыпался песок. После чего емкость наклонялась на произвольный угол, примерно 40°. На экспериментальном стенде располагался специальный источник шума и вибрации с постоянной частотой и интенсивностью. После работы источника шума в течение 30-35 с, угол естественного откоса песка резко менялся и достигал приблизительно 25-30°. Эксперимент проводился несколько раз, при неизменных параметрах источника шума. В результате эксперимента песок менял свой угол наклона приблизительно на 10-15°.

Если песок долго будет принимать на себя нагрузку от источника шума и вибрации, то в дальнейшем утрамбуется, понизит шумоизоляцию и повысит звукопроницаемость, что в нашем случае не желательно. Для того чтобы песок не утрамбовывался и нужно устройство для периодического перемешивания песка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Клюкин, И.И.** Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах / И.И. Клюкин. -Л.: Судостроение, 1971. -416 с.
- 2 **Клюкин, И.И.** Удивительный мир звука / И.И. Клюкин. -Л.: Судостроение, 1986. -168 с.
- 3 **Гомзиков, Э.А.** Проектирование противозумового комплекса судов / Э.А. Гомзиков,

Г.Д. Изак. -Л.: Судостроение, 1981. -184 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: борьба с шумом и вибрацией; защитные экраны; песок

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Плаксин Денис Владимирович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

НАПЛАВКА СЕРОГО ЧУГУНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ В КАЧЕСТВЕ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.О. Токарев, В.Р. Исаенко, М.А. Колобердин

Рассмотрены актуальные проблемы эксплуатации машин и механизмов, связанные с необходимостью увеличения эксплуатационного ресурса деталей, изготовленных из серого чугуна.

В судовом машиностроении применяются различные конструкционные материалы. Одним из основных конструкционных материалов является чугун. Например, вес чугунных деталей составляет до 70% веса машин. Это обусловливается технологичностью чугунных деталей, хорошими литейными свойствами чугуна, а также ценными эксплуатационными качествами: высокой износостойкостью, малой чувствительностью к концентраторам напряжений, способностью гасить вибрацию, невысокой теплопроводностью.

Одной из актуальных задач стоящих перед судоремонтными предприятиями, является продление срока службы изношенных деталей, в том числе и чугунных. Экономическая целесообразность решения данной проблемы обусловливается возможностью повторного использования около 70% изношенных и поврежденных деталей, воспроизводством их в более короткие сроки; снижением материалоемкости сменно-запасных частей за счет повторного использования деталей.

При ремонте различного судового оборудования, а также для исправлением дефектов отливок широко применяется сварка и наплавка чугуна. Однако она связана со значительными трудностями. Это вызвано тем, что металл шва и околошовной зоны склонен к образованию твердых хрупких структур (карбидной эвтектики ледебурита и закалочной структуры мартенсита) и возникновению в них трещин вследствие больших скоростей охлаждения при сварке и наплавке. Для предупреждения образования ледебурита в сером чугуне скорость его остывания в интервале критических температур не должна превышать 10-11 °С/с.

Это осложняет решение многих вопросов, связанных с разработкой сварочных материалов (электродов, проволоки, флюсов и др.) для сварки чугуна и технологических процессов. Частично задача избежать появления хрупкой переходной зоны решается за счёт снижения теплового воздействия на основной металл, что приводит к вероятности появления несплошностей в наплавленном слое. Другой путь – предварительный подогрев свариваемых, наплавляемых деталей, что усложняет и удорожает технологию.

Применяется ряд способов сварки, наплавки чугуна (таблица 1).

Таблица 1 – Структура и свойства наплавленного металла в зависимости от способа нанесения

Способ сварки, наплавки чугуна	Получаемая структура и свойства
Вибродуговая наплавка в жидкости	Часто встречаются поры и трещины, снижается усталостная прочность. Качество наплавленного металла зависит от многих факторов и резко ухудшается при изменении режимов наплавки и химического состава электродной проволоки
Вибродуговая наплавка в водородной среде [9]	Троостит, переходящий в сорбитообразный перлит с твердостью слоя HRC 42-48
Однослойная наплавка под флюсом проволокой разных марок	Неоднородная структура и твердость, поры, трещины и шлаковые включения. По износостойкости уступает высокопрочному чугуну
Двухслойная наплавка проволокой Св-08 под легирующим слоем флюса АН-348А (2,5 части графита, 2 части феррохрома №6 и 0,25 частей жидкого стекла) [3]	Первый слой имеет аустенитное строение и твердость HRC 35-38. Вторым слоем мартенситный, твердость HRC 56-62. Образуется большое количество трещин и снижение усталостной прочности чугунных деталей
Двухслойная наплавка порошковой проволокой [3]	Образование пор, раковин и трещин в наплавленном слое

Продолжение таблицы 1

Способ сварки, наплавки чугуна	Получаемая структура и свойства
Наплавка в среде углекислого газа сварочной проволокой, порошковой проволокой и присадочными прутками, керамическими стержнями разных марок	Поры и трещины в наплавленном слое. Снижение усталостной прочности
Плазменное напыление с последующим оплавлением покрытия	В металле оплавленного покрытия доля основного металла минимальна. Покрытие обладает высокой износостойкостью, без пор и трещин. Высокие начальные капиталовложения в оборудование, высокая стоимость наплавочных материалов
Лазерный способ восстановления [8]	Высокая стоимость оборудования и высокая требовательность к обслуживающему персоналу и организации, культуре производства
Автоматическая наплавка под легирующим флюсом по металлической оболочке из стали 08 проволокой Св-08 [3]	Отсутствие пор и трещин, высокие прочностные характеристики и простое, доступное по цене, оборудование
Газопорошковая наплавка самофлюсующихся сплавов на никелевой и кобальтовой основе	Высокая стоимость наплавочных материалов

Из приведённых в таблице 1 данных видно, что одной из причин неудовлетворительно качества наплавленного металла часто является стремление к обеспечению высокой износостойкости за счёт получения на поверхности твёрдых структурных составляющих с твердофазным или твёрдорастворным упрочнением. Важнейшей частью проблемы повышения эксплуатационной надежности судовых технических средств является формирование оптимальных свойств материала поверхностного слоя деталей. При этом процесс формирования необходимой структуры базируется на рациональном сочетании химико-физических свойств присадочного материала; технологических процессов металлопокрытия и упрочнения материала. Реализация предлагаемого подхода при решении проблемы формирования параметров материала поверхностного слоя позволяет создать промышленную технологию, обеспечивающую формирование свойств материала в соответствии с установленными требованиями. При наплавке и сварке чугуна важны близкие по своим значениям коэффициенты линейного расширения присадочного материала и чугуна, что снижает вероятность образования трещин в сварном соединении от напряжений при кристаллизации шва и обеспечивает малый градиент термических напряжений в восстановленной детали в условиях эксплуатации при высоких температурах. Для большей части деталей твёрдость в наплавленном состоянии достаточна на уровне HB 1800-2150 МПа.

В настоящей работе наплавку производили с применением в качестве наплавочного материала стружки серого чугуна, полученной при механической обработке заготовок. Подготовку наплавочного порошка производили с применением обычных приёмов порошковой металлургии [10]. Применение порошка из серого чугуна – перспективный путь снижения покрытий на деталях из чугуна и экономии никелевых и кобальтовых сплавов. Кроме того технологические приёмы наплавки выбирались такими, какие позволили бы снизить тепловое воздействие на зону сплавления.

Технологические схемы наплавки и полученная в результате микроструктура зоны сплавления и наплавленного металла с указанием его твёрдости приведены в таблице 2. Параметры режимов наплавки указаны в таблице 3.

При наплавке чугуна методом расплавления уложенного на поверхность слоя стружки угольным электродом диаметром 10 мм (схема 1) получена заэвтектическая структура с глобулярной формой цементита эвтектоида. Твёрдость наплавленного слоя составила HRC 45-49. В наплавленном металле не отмечается пористость и другие макродефекты. Однако, в зоне сплавления не удалось избежать образования хрупких структур ледебурита и мартенсита.

Для уменьшения концентрации углерода в наплавленном металле применяли способ расплавления уложенного на поверхность образца слоя чугуна порошка покрытым электродом типа Э46 марки ОК-46 (схема 2).

Данная технология позволила получить зону сплавления без образования в ней хрупких

структур. Наплавленный металл с преимущественно эвтектоидной структурой имеет твердость HRC 32-37.

Таблица 2 – Технологические схемы наплавки чугуного порошка на поверхность серого чугуна и структура наплавленного слоя

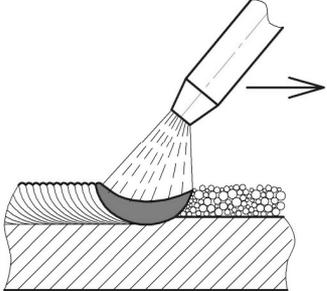
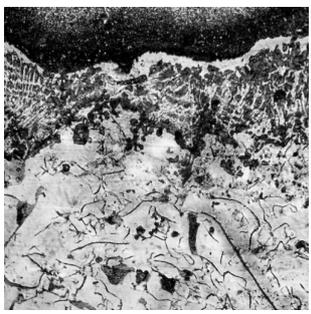
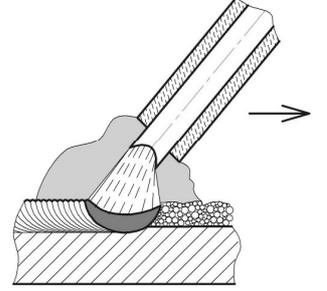
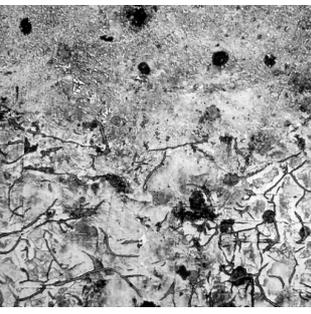
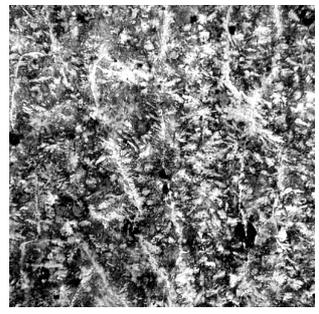
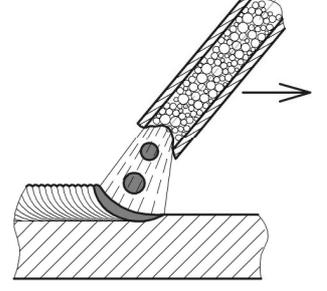
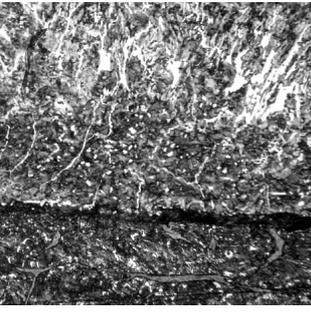
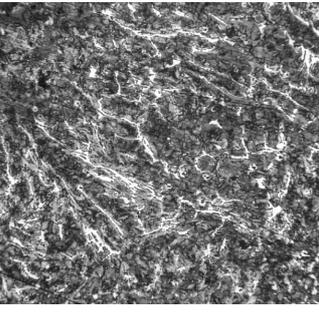
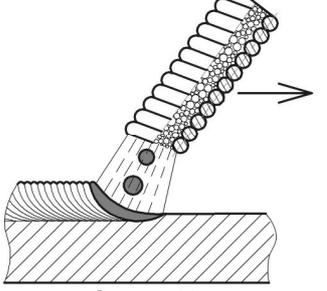
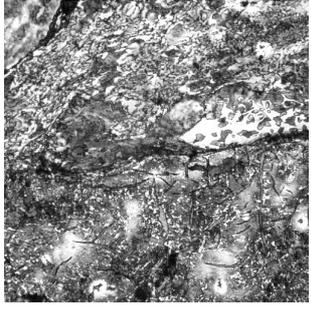
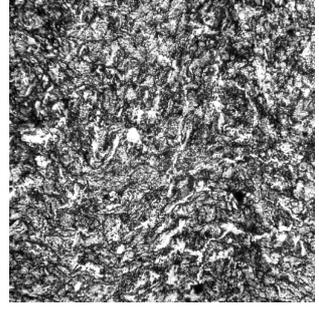
Схема наплавки	HRC	Структура наплавленного слоя	
		зона сплавления	наплавленный слой
 <p>Схема №1</p>	45-49		
 <p>Схема №2</p>	32-37		
 <p>Схема №3</p>	40-41		
 <p>Схема №4</p>	40-44		

Таблица 3 – Параметры режимов наплавки

Схема №	Диаметр электрода, мм	Род тока, полярность	Напряжение, В	Сила тока, А
1	10	Постоянный обратной полярности	32-34	130-140
2	4		32-34	140-160
3	8	Постоянный прямой полярности	30-32	120-140
4	8		30-32	120-140

Способы наплавки чугуна методами расплавления порошкового материала, уложенного на поверхность ремонтируемого изделия, имеют ограничения по пространственному положению поверхностей деталей при наплавке, которое должно быть, главным образом, нижним. Для расширения технологических возможностей наплавки с присадкой из порошкового

чугуна были предприняты схемы наплавки с использованием трубчатых порошковых электродов. В качестве оболочки электродов применяли малоуглеродистую сталь толщиной 0,3 мм. Диаметр порошкового электрода составил 8 мм (схема 3). Кроме того для получения гибкого электрода изготавливали оболочку из завитой в спираль сварочной проволоки диаметром 1 мм марки СВ08Г2С (схема 4). Наружный диаметр полученного электрода равнялся 8 мм.

При наплавке обоими порошковыми электродами получили наплавленный слой с заэвтектической структурой металла и твердостью HRC 40-44. Однако, и в том и в другом случае (схемы 3 и 4) имели место непровары, наличие оксидных плёнок в зоне сплавления и поры в наплавленном слое. При дальнейших исследованиях для устранения указанных макродефектов планируется включение в состав порошковой шихты раскисляющих компонентов.

Таким образом, методом расплавления слоя порошка, полученного из чугуна стружки, дугой обмазанного электрода марки ОК-46 получен слой с твердостью HRC 32-37 с незначительной пористостью и зоной сплавления не имеющей в структуре твердых хрупких составляющих. Данную технологию можно рекомендовать для восстановления и упрочнения поверхностей чугунных деталей в судоремонте и других ремонтно-восстановительных технологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Асиновская, Г.А.** Газовая сварка чугуна / Г.А. Асиновская, Ю.И. Журавицкий. -М.: Машиностроение, 1974.
- 2 **Балякин, О.К.** Технология судоремонта / О.К. Балякин. -М.: Транспорт, 1983. -258 с.
- 3 **Воцанов, К.П.** Ремонт оборудования сваркой / К.П. Воцанов. -М.: Машиностроение, 1967. -192 с.
- 4 **Кондратьев, Н.Н.** Отказы и дефекты судовых дизелей / Н.Н. Кондратьев. -М.: Транспорт, 1985. -152 с.
- 5 **Леонтьев, Л.Б.** Восстановление посадочных поверхностей втулок цилиндров судовых малооборотных дизелей / Л.Б. Леонтьев, В.И. Седых // ЦБНТИ Минморфлота. Сер. Судоремонт. -1984. -Вып. №6(515). -С. 1-12.
- 6 **Меграбов, Г.А.** Технология и организация судоремонта / Г.А. Меграбов. -М.: Транспорт, 1969. -354 с.
- 7 **Молодцов, Н.С.** Восстановление изношенных деталей судовых механизмов / Н.С. Молодцов. -М.: Транспорт, 1988. -177 с.
- 8 **Стальниченко, О.И.** Новые методы восстановления деталей и использование их в судоремонте / О.И. Стальниченко, Т.Г. Кравцов, С.В. Крылов. -М.: В/О Мортехинформреклама, 1987. -70 с.
- 9 **Стальниченко, О.И.** Перспективы использования напыления для восстановления и упрочнения судовых деталей / О.И. Стальниченко, Т.Г. Кравцов. -М.: В/О Мортехинформреклама, 1984. -32 с.
- 10 **Мамедов, А.Т.** Опыт переработки стружковых отходов чугуна в порошок / А.Т. Мамедов, А.А. Алиев, А.А. Гулиев // Порошковая металлургия. -1993. -№2. -С. 93-98.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *наплавка серого чугуна; присадочный материал, ремонт судового оборудования*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Токарев Александр Олегович, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»*
Исаенко Владимир Романович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Колобердин Михаил Анатольевич, заведующий лабораторией ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРУЖИНЫ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.К. Романченко

Рассмотрены результаты исследований собственных частот пружин. Исследовалась модель пружины, содержащая эквивалентный брус, шарнирно закрепленный по концам. Предложено простое инженерное решение данной проблемы.

Вопрос о вычислении собственных частот рассмотрен в ряде источников [2-4]. В данной работе предложено простое инженерное решение этой задачи.

Проблема вычисления собственных частот пружин в подвеске актуальна в связи с возможной шумоизоляцией. Допустим, что спектр частот источника вибрации содержит такие составляющие, которые приводят к появлению колебаний внутри пружины. Это приводит к рассеиванию энергии за счет внешнего трения о воздух и внутреннего трения в материале упругого элемента.

Модель пружины содержит эквивалентный брус, шарнирно закрепленный по концам. В других случаях закрепления пересчет не представляет трудностей.

Рассмотрим детально свободные колебания однородного бруса заменяющего пружину. При изгибе ненагруженного продольной силой бруса его можно считать классической балкой. Известно, что малые колебания балки происходят с одинаковой частотой независимо от амплитуды [2]. Пусть имеем малые колебания, и форма балки в крайнем положении определена. Сделаем колебания вдвое меньшими. Очевидно, никакие явления не могут возникнуть или исчезнуть в малых колебаниях при уменьшении амплитуды, поскольку колебания физически неразличимы. Тогда и отклонение каждой точки балки уменьшится ровно вдвое.

Остановим балку в крайнем положении, тогда ее форма будет формой колебаний. Силы инерции, распределенные по длине балки, будут пропорциональны ее отклонению от положения равновесия.

Если приложить нагрузку $q(x)$, пропорциональную прогибу то, очевидно, форма балки сохранится. Заметим одно важное обстоятельство: инерционные силы каждого элементарного участка длины балки пропорциональны отклонению этого участка от положения равновесия. Следовательно, эпюр распределенной нагрузки полностью повторяет форму изогнутой оси балки.

Уравнение изогнутой оси тонкой балки получается путем двойного интегрирования распределенной нагрузки. Следовательно, уравнение нагрузки должно быть таким, чтобы не измениться после интегрирования. По условиям закрепления остановимся на синусоиде [1] и запишем нагрузку в виде

$$q = q_0 \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right), \quad (1)$$

где q_0 – наибольшее значение нагрузки, Н/м.

Уравнение угла поворота сечения тонкой балки имеет вид

$$EI\Theta = \int M dx = \frac{q_0 \ell^3}{\pi^3} \int \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) d\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) = -\frac{q_0 \ell^3}{\pi^3} \cos\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) + C_1. \quad (2)$$

Проинтегрируем уравнение угла поворота и получим уравнение прогиба балки

$$y = \int \Theta dx = -\frac{q_0 \ell^4}{EI\pi^4} \int \cos\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) d\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) = -\frac{q_0 \ell^4}{EI\pi^4} \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) + C_2. \quad (3)$$

С учетом произвольных постоянных прогиб сечения балки равен

$$y = -\frac{q_0 \ell^4}{EI\pi^4} \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right). \quad (4)$$

Полученная форма изогнутой балки в точности соответствует эпюру выбранной нами ранее распределенной нагрузки. Поправочный множитель перед синусом характеризует жесткость балки, а по размерности служит для перевода распределенной нагрузки в прогиб. Этим доказано необходимое условие замены сил инерции статической нагрузкой. В соответствии с методом Рэлея [3] квадрат собственной частоты равен отношению средней жесткости к средней массе.

$$\lambda^2 = \frac{\int_0^{\ell} Ely(y'')^2 dx}{\int_0^{\ell} m(y)^2 dx},$$

где m – удельная масса балки, кг/м.

Подстановка второй производной по x от выражения (4) в числитель и знаменатель дает квадрат частоты

$$\lambda^2 = \frac{EI\pi^4}{m\ell^4}.$$

Эту частоту принято называть первой или первым тоном. Первый тон самый низкий и наиболее точно воспроизводимый в эксперименте. Отметим резкую зависимость частоты от

длины балки, что позволяет эффективно находить резонансы при проектировании опор.

Параметры эквивалентного бруса винтовой пружины равного шага и диаметра витков определим как для однородного изотропного материала

$$E = \frac{\delta}{\varepsilon}; \varepsilon = \frac{\Delta}{H}; \delta = \Delta \cdot C \frac{4}{\pi D^2}.$$

где D – средний диаметр пружины;

E – модуль упругости эквивалентного бруса,

$$E = C \cdot H \frac{4}{\pi D^2};$$

$J_x = \frac{\pi D^4}{64}$ – момент инерции круглого эквивалентного бруса.

Второй и третий, и последующие собственные частоты можно определить по формуле

$$\lambda_{i+1} = 4\lambda_i.$$

Построенная модель имеет ограничения, которые легче всего определить экспериментально для конкретной конструкции пружины. Первая продольная частота свободных колебаний найдется достаточно просто по формуле Ньютона

$$\lambda = \sqrt{\frac{C}{m}},$$

где C – приведенная жесткость, приблизительно вчетверо большая жесткости пружины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Барановский, А.М.** Судовой двигатель как объект виброизоляции / А.М. Барановский // Дизельные энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 1999. -С. 14-16.

2 **Бидерман, В.Л.** Теория механических колебаний: учеб. для вузов / В.Л. Бидерман. - М.: Высш. шк., 1980. -408 с.: ил.

3 **Колесников, А.Е.** Шум и вибрация: учебник / А.Е. Колесников. -Л.: Судостроение, 1998. -248 с.

4 **Крылов, А.Н.** Вибрация судов / А.Н. Крылов. -Л.: ЮНТИ, 1936. -442 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: собственные частоты пружин; свободные колебания

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Романченко Михаил Константинович, канд. техн. наук, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГавт»

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ВАРИАНТОВ РЕМОНТА СУДОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ИМЕЮЩИХ РАМНЫЕ БАЛКИ С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

П.А. Бимбереков

Рассматривается экономическая эффективность предложенных автором вариантов ремонта (восстановления) подкреплением судовых перекрытий, имеющих рамные балки набора с деформированной стенкой.

Способ ремонта судового перекрытия. Способ предназначен для восстановления несущей способности судового перекрытия [1]. Цель способа – повышение технологичности ремонта и снижение общей трудоемкости основных и сопутствующих работ.

Поставленная цель достигается тем, что подкрепляющий элемент жестко соединяют с дополнительным опорным элементом, который располагают перпендикулярно деформированному элементу и жестко соединяют с ближайшими элементами набора. Для чего при необходимости устанавливают дополнительную связь одного направления с ремонтируемой, опираемую на набор и возможно на обшивку. Подкрепляющий элемент также жестко соединяют с недеформированными участками подкрепляемого листового элемента и в зоне контакта с выпучинами листового элемента. При необходимости предусматривают частичную

врезку подкрепляющих элементов в выпучины деформированного листового элемента. При наличии в деформированном перекрытии, в месте подкрепления деформированных листовых элементов, перпендикулярных им холостых связей, подкрепляющие элементы устанавливаются на указанные холостые связи. Причем последний вариант наиболее применим на практике в силу простоты реализации.

На рисунке 1 представлен эскиз ремонта деформированного судового перекрытия.

Судовое перекрытие показанное на рисунке 1 состоит из обшивки 1, рамных связей 2 имеющих деформированные листовые элементы 3, балок холостого набора 4, дополнительных опорных связей 5, подкрепляющих элементов 6 и дополнительных связей 7.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом. Внизу деформированных листовых элементов 3 (см. рисунок 1) прорезается (прожигается) отверстие, в которое пропускается дополнительная опорная связь 5, которую опирают и жестко фиксируют на дополнительные связи 7

или холостом наборе 4. Дополнительную связь 7 опирают (навешивают) на пересекающий ее набор и возможно, опирают на обшивку 1 жестко закрепляя сочленения. Затем устанавливают подкрепляющие элементы 6, которые соединяют (приваривают) к опорной связи, недеформированной части листового элемента и местах контакта с выпучинами (в которые подкрепляющие элементы возможно частично врезают). В случае подкрепления листового элемента в зоне пересечения с холостым набором подкрепляющие элементы 6 устанавливают непосредственно на холостые балки 4.

Предлагаемый способ улучшает технологию ремонта и позволяет обойтись только сварочным аппаратом, что снижает трудоемкость как сопутствующих, так и основных работ.

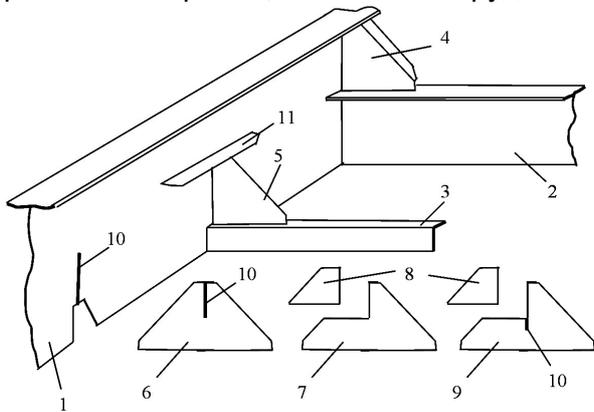


Рисунок 2 – Схема подкрепления балок судового перекрытия

элементы как 6 устанавливаются до установки примыкающего элемента – балки 3. При необходимости элементы 5 подкрепляются полосами 11. На всех этапах реализации способа предусмотрена корректировка геометрии конструкции, в частности правка, путем воздействий: силового, термического, нанесения разрезов и их комбинаций.

Оценка экономической эффективности. Произведем оценку экономической эффективности некоторых вариантов из предложенных выше способов ремонта, для этого рассмотрим две частные ситуации: деформация подкрепляемого рамного набора превысила предельно допустимое значение Российским Речным Регистром (РРР); деформация подкрепляемого рамного набора не близка (понятие близости РРР не уточняется) к предельно допустимым значениям РРР.

Понятие «близости» РРР не уточняется, и для оценки существенности не близости бу-

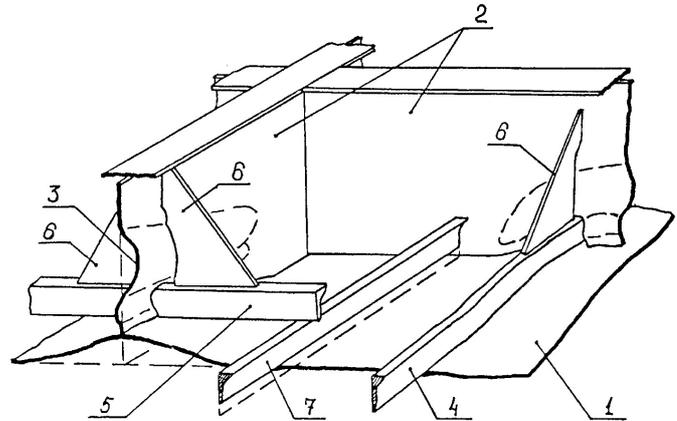


Рисунок 1 – Эскиз ремонта деформированного судового перекрытия

Способ подкрепления элементов конструкций. Способ, согласно заявкам на изобретение №20061055925, №2008108536, может быть использован для ремонта деформированных судовых перекрытий. Подкреплению подлежат балка 1 (рисунок 2) с примыкающими к ней балками 2 и 3. На последние устанавливаются в зависимости от предусмотренного варианта подкрепляющие элементы 4-9. При этом балка 1, например, в месте прохождения сквозь отверстие в ней для балок 3 имеет разрез 10 в который, в зависимости от принятой технологии сборки, используются частично врезные, имеющие стыковочный рез 10 элементы 6, составные элементы 7, 8 и элементы 8, 9, причем элемент 8 со стыковочным резом 10. Такие

дем считать не достижение нормируемых значений не менее чем на 5%.

Рассмотрим оценку эффективности использования предлагаемого автором варианта установки подкрепляющих книц в обозначенных частных (реально имеющих место) ситуациях, приведенных на рисунках 3 и 4.

Первый вариант. РРР в настоящее время требует замену конструкций имеющих дефекты превышающие и близкие к нормативно допускаемым значениям [2, С.48], которые должны быть устранены перед классификационным освидетельствованием (возможность работы таких конструкций в период между классификационными освидетельствованиями должна быть подтверждена специальным расчетом [2, С.105-106]). Классификационные освидетельствования РРР предусматривается производить через каждые пять лет. Поэтому для оценок первой из указанных частных ситуаций, при получении повреждений судовыми конструкциями в результате первого года эксплуатации после классификационного освидетельствования имеем возможность, используя подкрепления, перенести производство замены поврежденных конструкций на четыре года. Совмещение всего комплекса работ по корпусу судна в единый период позволит более рационально экономически и по времени произвести замену конструкций. Отметим здесь, что расход металла в случае подкрепления меньше совокупного износа за эти же четыре года будущих заменяющих конструкций. При этом подкрепляющие элементы могут быть изготовлены из отходов металла, что также важно при неплановом ремонте.

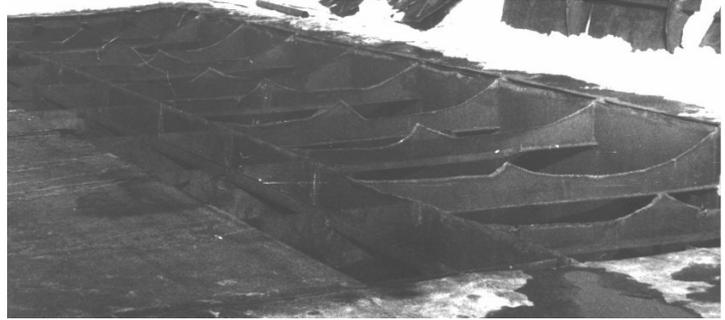
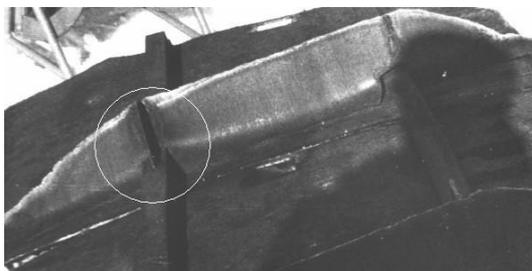
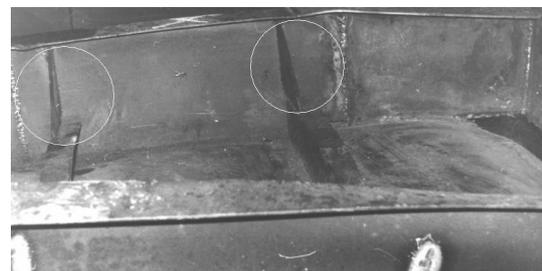


Рисунок 3 – Ремонт палубы судна площадки частичной заменой конструкций



а)



б)

Рисунок 4 – Примеры подкреплений деформированных рамных балок натуральных конструкций: а-подкрепленная рамная балка палубного настила; б-подкрепленные флоры

В подтверждение высказанного сопоставим возможный износ судового настила за расчетные четыре года и вес подкрепляющих книц. Рекомендованная для расчета РРР скорость износа настилов палуб не предназначенных для размещения грузов составляет 0,05 мм/год, а для судов-площадок, перевозящих навалочные грузы 0,13 мм/год. Для случая изображенного на рисунке 3 заменяемая площадь настила составила 42 м², т.е. объем изношенного металла если палуба не была предназначена для перевозки грузов составила бы 0,0084 м³, в случае же перевозки навалочных грузов – примерно 0,0218 м³. При установке подкрепляющих книц только с одной стороны стенки бимсов как это произведено в рассматриваемом случае (см. рисунки 3 и 4) объем металла для них составит около 0,00225 м³. Т.е. значения теряемого вследствие износа металла примерно от 4 до 10 раз больше потребного на подкрепление.

Произведем оценочный расчет трудоемкости по вариантам подкрепления и замены конструкций (таблица 1 и 2), основываясь на нормативах единой ведомости ремонта.

Из сопоставления данных таблицы 1 и 2 следует, что экономия затрат рабочей силы при применении метода подкрепления кницами вместо метода замены составит около семи суток. При увеличении числа одновременно работающих в два раза, из-за ограничения зоны работ, возможно сокращение времени вывода судна из эксплуатации при замене конструкций только до четырех суток, а при подкреплении до четверти суток. Дальнейшее увеличение числа работающих одновременно целесообразно в случае замены конструкций только

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

по специальности газорезчик, при демонтаже поврежденных конструкций, однако это не позволит уже значительно сократить время вывода судна из эксплуатации.

Таблица 1 – Затраты рабочей силы на замену поврежденных конструкций палубы

Специальность	Замена листов настила палубы и испытание на непроницаемость керосином			Замена бимсов при снятой обшивке			Замена продольных подпалубных ребер жесткости при снятой обшивке		
	количество работ, м ²	на 1 м ²	Всего	количество работ, пог. м	на 1 пог. м	Всего	количество работ, пог. м	на 1 пог. м	Всего
Судокорпусник	42,0	0,84	35,3	35,0	0,78	27,3	60,0	0,20	12,0
Электросварщик	42,0	1,46	61,3	35,0	0,27	9,45	60,0	0,03	1,808
Газорезчик	42,0	0,35	14,7	35,0	0,03	1,05	60,0	0,01	0,60
Всего	–	–	111,3	–	–	37,8	–	–	14,4

Возможен вариант производства работ по подкреплению кницами внутри корпуса во время ожидания судна или другое удобное время. Детальная оценка эффективности в условиях каждого конкретного предприятия

Таблица 2 – Затраты рабочей силы на подкрепление поврежденных конструкций палубы кницами

Название	Специальность		
	Судокорпусник	Электросварщик	Газорезчик
Число книц, шт.	50	50	50
Затраты времени на одну кницу, ч	0,06	0,1	0,04
Всего	3,0	5,0	2,0

потребуется специального исследования, однако отметим, что данный вариант ремонта (возможно только восстановления) перекрытия подкреплением кницами позволяет сэкономить в рассматриваемом случае около 4-7 суток эксплуатационного времени.

Второй вариант. При своевременном установлении приближения деформаций стенок рамных балок к нормативно допускаемым значениям (чему может способствовать предлагаемая автором оценка деформаций балок по замерам деформаций поддерживаемой им обшивки [3]) и своевременном их подкреплении, получаем возможность отказаться от ремонта методом замены по данному нормируемому параметру. В приводимом случае рисунка 3 это позволило отказаться от замены части палубного перекрытия, так как прирост дальнейшего выпучивания стенок бимсов прекратился. Подкрепление связей, не достигших предельных значений нормируемых параметров, имеет большую, чем у первого варианта возможность маневра во времени и оптимизацию сроков временного вывода судна из эксплуатации. Экономией такого подхода является возможность исключить не только экстренный вывод судна из эксплуатации, но и расходы на ремонт связанные с заменой конструкций.

Также предложен вариант предусматривающий подкрепление стенок деформированных рамных балок не кницами, а врезными бракетами. Этот вариант технологически более выгоден, чем ремонт подкрепления кницами, так как практически исключается потребность пригонки такой бракетки к деформированной стеке сложной конфигурации. Этот вариант, еще больше экономит время производства работ, хотя, возможно, несколько повысит металлоемкость ремонта. Ремонт с применением врезных бракет также возможен во время ожидания судна или другое удобное время.

Вывод. Восстановление и ремонт деформированных судовых перекрытий подкреплением конструкций с применением описанных выше способов несет значительную экономию материальных, временных и трудовых затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пат. 2092373 Российская Федерация. Способ ремонта судового перекрытия / П.А. Бимбереков. -№2092373.
- 2 Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.1. -М.: По Волге, 2002. -264 с.
- 3 Бимбереков, П.А. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования и дефектации корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания / П.А. Бим-

берегов; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2007. -420 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ремонт судовых перекрытий; рамная балка

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бимбереков Павел Александрович, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕОРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Викулов

Показано, что при применении корреляционного и регрессионного анализа прогнозирования расхода масла судовых дизелей, является хорошей иллюстрацией возможности комбинирования методов аналитического и вероятностного прогнозирования.

Разнообразие диагностируемых объектов предполагает наличие множества диагностируемых процессов, характер которых может определяться с различных точек зрения, а их прогнозирование может основываться на различных принципах и осуществляться различными методами с использованием того или иного математического аппарата. Однако, при всем разнообразии подходов и методов осуществления прогнозирования можно указать основные принципы получения результата прогноза, которые будут объединять целые группы возможных методов прогнозирования диагностируемых объектов [1-5]:

1 Результат прогноза получают в той же размерности, что и контролируемые параметры, т.е. прогнозирование состояния объекта имеет своей целью получение величины контролируемого параметра, характеризующего протекание процесса во времени.

2 Результат прогноза определяется как вероятность выхода характеристик контролируемого процесса за определенные пределы.

3 В результате прогноза контролируемый объект может быть отнесен к тому или иному классу заранее охарактеризованных объектов по критерию работоспособности или долговечности.

Во всех этих случаях подход к прогнозированию будет принципиально отличаться, причем каждый из подходов представляет собой целое направление, объединяющее свои методы, которые в основе своей имеют идентичный математический аппарат.

Рассмотрим задачу прогнозирования с позиции первого направления. Пусть контролируемый процесс, характеризующий состояние объекта диагностики, представлен в виде многомерной векторной функции $\vec{r}(t) = r_1(t), \dots, r_s(t), \dots, r_k(t)$ которая наблюдается (дискретно или непрерывно) в период времени от t_0 до t_n в области T_1 , вследствие чего известны значения этой функции $\vec{r}(t_0), \vec{r}(t_1), \dots, \vec{r}(t_i), \dots, \vec{r}(t_n)$ соответственно в моменты времени $t_0, t_1, \dots, t_i, \dots, t_n \in T_1$. Необходимо по известным значениям $\vec{r}(t_i)$ определить величины этой функции $\vec{r}(t_{n+1}), \dots, \vec{r}(t_{n+j}), \dots, \vec{r}(t_{n+m})$ в моменты времени $t_{n+1}, \dots, t_{n+j}, \dots, t_{n+m} \in T_2$, где T_2 -область будущих моментов времени. Задача может решаться как для вектора $\vec{r}(t)$ так и для каждой его координаты $r_s(t)$.

Подобная постановка задачи справедлива в предположении, что процесс инерционен во времени и все изменения, происходящие в прошлом, постепенно накапливаются, т.е. существует явная необратимость диагностического процесса. Идеальным решением поставленной задачи является адекватное описание изменения функции $\vec{r}(t)$ каким-либо аналитическим выражением. В этом варианте рассматриваемая задача может быть решена различными методами, которые называются методами *аналитического прогнозирования (АП)*.

Задача прогнозирования второго направления может быть сформулирована следующим образом. Пусть получены значения параметров $r_s, s=1, 2, \dots, k$, в моменты времени $t_i, i=0, 1, \dots, n$ и в каждом временном сечении состояние объекта полностью характеризуется функцией распределения $F_i(\vec{r})$. По известным значениям $r_s(t_i), \vec{r}(t_i), F_i(\vec{r}), t_i \in [t_0 \div t_n]$ необходимо вычислить вероятность сохранения работоспособности объектом

$$F_{n+j}(\vec{r}^*) = P[\vec{r}(t_{n+j}) < \vec{r}^*] = \int_{\vec{r}^*}^{\infty} f_{t_{n+j}}(\vec{r}) d\vec{r},$$

где \bar{r}^* – допустимое значение функции $\bar{r}(t)$;

$f_{t_{n+j}}(\bar{r})$ – плотность распределения значений $\bar{r}(t)$ во временном сечении t в области $[t_{n+1} \div t_{n+m}]$ для значений t_{n+j} , $j = 1, 2, \dots, m$ с математическим ожиданием $m_r(t)$ и дисперсией $\sigma_r^2(t)$.

Подобная задача решается разнообразными методами, которые называются методами *вероятностного прогнозирования (ВП)* [5].

Третье направление теории прогнозирования, определяемое как *статистическая классификация (СК)*, или распознавание образов, предусматривает отнесение диагностируемого процесса объекта к одному из классов и допускает следующую формулировку задачи.

Пусть в момент t_0 или в ограниченный начальный период времени получены значения параметров контролируемого процесса $r_1, r_2, \dots, r_s, \dots, r_k$ характеризующих функцию \bar{r}_0 .

Необходимо по совокупности параметров $\{r_s\}_0$, $S = 1, 2, \dots, k$ координат вектора функции \bar{r}_0 принять решение о принадлежности процесса к тому или иному классу R^λ , $\lambda = 1, 2, \dots, m$ где R^λ могут быть параметрическими: $R_r^1 = r^0 \div r^1$, $R_r^2 = r^1 \div r^2 \dots$ или временными: $R_T^1 = 0 \div T$, $R_T^2 = T \div 2T \dots$ и другие. Здесь $[r^0 \div r^1]$, $[r^1 \div r^2] \dots$ и $[0 \div T]$, $[T \div 2T] \dots$ – выбранные интервалы в поле допуска и на временной оси. Множество и размер классов определяются специфическими особенностями объектов диагностики: они объединяют объекты, характеризующиеся идентичностью показателей состояния, совокупностью свойств и т.д.

На практике технологические отклонения по объективным и субъективным причинам влияют на величину долговечности объекта и разброс параметров. И если существует искомая связь, то она является статистической. Классы R^λ представляют собой своего рода эталоны или «образы». Задача сводится к сравнению диагностируемого «образа» – объекта – с эталонным и последующему принятию решения.

Существующее множество методов решения задачи прогнозирования имеет одну общую цель – обнаружение связей между информацией о процессе в контролируемый период времени и характером протекания процесса в последующем. Эти связи носят название – *экстраполяционных*, их вид определяет математический аппарат решения задачи прогнозирования. Поскольку экстраполяционные связи могут быть детерминированными, квазидетерминированными, вероятностными и др., часто задачи решаются более эффективно при комбинировании методов и математических моделей различных направлений прогнозирования.

Так применение нами методов корреляционного и регрессионного анализов в работе [3] при прогнозировании расхода масла судовых дизелей является хорошей иллюстрацией возможности комбинирования методов аналитического и вероятностного прогнозирования. Кроме того, перспективным является совместное использование статистической классификации и аналитического прогнозирования [2, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Биргер, И.А.** Техническая диагностика / И.А. Биргер. -М.: Машиностроение, 1978. - 240 с.
- 2 **Викулов, С.В.** Оценка и анализ технического состояния главных дизелей речных судов по параметрам смазочного масла: Автореф. дисс. ... канд. техн. Наук / -Одесса, Одесский институт инженеров морского флота, 1985. -19 с.
- 3 **Викулов, С.В.** Прогнозирование расхода масла судовых дизелей по косвенным параметрам / С.В. Викулов, Б.О. Лебедев // Вопросы прочности и эксплуатационной надежности судовых сцепных устройств: Сб. научн. тр., -Новосибирск, 1986, -С. 96.
- 4 **Викулов, С.В.** Алгоритм прогнозирования остаточного ресурса ДВС по концентрации продуктов износа в смазочном масле / С.В. Викулов // Сибирский научный вестник РАЕН. Вып. X. -Новосибирск: Изд. НГАВТ, 2007. -С. 138-142.
- 5 **Мозгалевский, А.В.** Техническая диагностика / А.В. Мозгалевский, Д.В. Гаскаров. -М.: Высшая школа, 1975. -207 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теория прогнозирования, основные направления
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Викулов Сергей Викторович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ АМПЛИТУД ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Штельмах, С.С. Глушков

Предложено определение гармонических амплитуд возмущающих моментов, с учетом сил сопротивления, присутствующих в реальных системах.

В реальных системах всегда имеет место воздействие сил трения. То есть уравнения, описывающие колебания будут составлены с учетом сил сопротивления. Следовательно, собственные частоты, полученные в результате измерений, являются решением системы уравнений вида:

$$J\ddot{X} + D\dot{X} + CX = M \sin \omega t, \quad (1)$$

где C, J, D – матрицы жесткостей, моментов инерции и сил трения, которые имеют вид:

$$C = \begin{bmatrix} \sum c_{1j} & -c_{12} & \dots & -c_{1m} \\ -c_{12} & \sum c_{2j} & \dots & -c_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -c_{1m} & -c_{2m} & \dots & \sum c_{jm} \end{bmatrix}; J = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_m \end{bmatrix}; D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{1m} & d_{2m} & \dots & d_{jm} \end{bmatrix};$$

M – матрица-столбец возмущающих моментов.

Значения сил трения для соответствующих форм и порядков колебаний может быть получено при проведении гармонического и фазового анализа торсиограммы. Известно, что фазовый угол φ зависит от отношения частоты вынужденных и резонансных колебаний k/ω , а также от декремента затухания γ

$$\varphi = \arctg \frac{2\gamma \frac{k}{\omega}}{1 - \frac{k^2}{\omega^2}}. \quad (2)$$

Выразим из (2) декремент затухания

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{k}{\omega}}{2 \frac{k}{\omega}}. \quad (3)$$

Декремент затухания колебаний, определенный таким образом является суммарным для всех участков торсиографируемой системы, а также для всех воздействующих видов трения. Для оценки крутильных колебаний принято учитывать работу сил сопротивления. Эта работа также будет являться суммой работ сил трения различных видов по всем участкам системы: вязкого, конструкционного, сухого и т.д. Также возможно применение работы эквивалентного коэффициента демпфирования участка системы A_ξ . Коэффициент эквивалентного демпфирования ξ учитывает все виды внешнего сопротивления, воздействующие на элементы валопровода. Работа A_ξ определяется формулой

$$A_\xi = \sum_{i=1}^q A_{\xi_i} = \pi \xi k \omega \sum_{i=1}^q a_i^2, \quad (4)$$

Работа сил трения внешних и внутренних сил сопротивления находится по формуле

$$A_{kc} = A_\xi + A_\psi, \quad (5)$$

где A_ψ – работа сил внутреннего сопротивления.

Суммарное значение A_{kc} может быть использовано для получения точного значения возмущающей функции. Известно, что внутреннее трение в материале при циклических нагрузках характеризуется зависимостью между напряжением и деформацией. При таком механизме демпфирования энергия рассеивается почти пропорционально квадрату амплитуды деформации, а форма петли гистерезиса практически не зависит от амплитуды и скорости

деформации. Работу сил внутреннего трения в материале на некотором i -ом участке вала определяют по формуле

$$A_{\psi} = \frac{\psi}{2} c_{ij} (a_i - a_{i+1})^2, \quad (6)$$

где ψ – коэффициент рассеяния энергии;
 $a_i - a_{i+1}$ – амплитуды колебаний i -ой и $i+1$ -ой массы;
 c_{ij+1} – жесткость участка между i -ой и $i+1$ -ой массой.

Коэффициент усиления β зависит не только от отношения частот k/ω , но и от декремента затухания γ , определенного при торсиографировании валопровода

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{k^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(2 \frac{\gamma k}{\omega}\right)^2}}, \quad (7)$$

где ω – собственная частота колебаний системы;
 k – вынужденная частота колебаний;

Амплитуда колебаний определяется формулой

$$A = \frac{\pi M_{\nu} \sum a_i}{A_{\psi} + A_{\xi}}, \quad (8)$$

где M_{ν} – амплитуда возмущающего момента ν -ой гармоники;

$\sum a_i$ – сумма относительных амплитуд колебаний масс к которому приложен гармонический возмущающий момент.

Зная работу сил сопротивления, получим истинное значение амплитуды возмущающей гармонической функции

$$M_{\nu} = \frac{A(A_{\psi} + A_{\xi})}{\pi \sum a_i}. \quad (9)$$

Это уточненное значение M_{ν} используется для определения напряжений в элементах системы, а также позволяет сформулировать предварительные выводы о возможных напряжениях в аналогичных крутильно-колеблющихся системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Истомин, П.А.** Крутильные колебания в судовых ДВС / П.А. Истомин. -Л.: Судостроение, 1968. -304 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: амплитуда возмущающего момента, гармонические колебания
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Глушков Сергей Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»
 Штельмах Сергей Викторович, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕЧЕНИЯ ПО ГАЗОВОЗДУШНЫМ КАНАЛАМ ПОРШНЕВЫХ ДВС

ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет им. И.И. Ползунова»

А.А. Балашов, И.А. Карпов, Р.А. Вебер

Результаты исследования.

При проведении расчётов по определению расходных характеристик газоздушных трактов ДВС, необходимо знать коэффициенты расхода, газодинамических потерь ξ скорости φ , изменения удельной энтропии ΔS и др. Перечисленные коэффициенты получают, как правило, методом статической продувки отдельных элементов газоздушных трактов ДВС или тракта в целом.

Детальные расчёты и физически обоснованные зависимости для упомянутых коэффициентов, отражающие сущность происходящих в потоке термодинамических процессов, необходимы как при обработке данных статической продувки, так и при математическом моде-

лировании газодинамических процессов, протекающих в системах газообмена ДВС. Таким образом, необходимо получить выражение для приращения энтропии ΔS , коэффициентов газодинамических потерь ξ расхода μ .

Как известно, изменение удельной энтропии в адиабатных процессах сжатия и расширения в каких-либо термодинамических системах, определяется по выражению

$$dS = \partial q / T, \quad (1)$$

где dS – приращение удельной энтропии;

∂q – изменение элементарного удельного количества теплоты;

T – базовая термодинамическая абсолютная температура.

Если применить выражение (1) к адиабатному процессу, расширения газа в открытой термодинамической системе, то, в том случае должен соблюдаться принцип возрастания энтропии $dS > 0$. За базовую термодинамическую температуру в этом процессе может быть принята температура T_T , которая определяется как теоретически достижимая в предположении изоэнтропности процесса расширения газа в потоке, т.е. принять условную теоретическую опорную базу отсчёта при определении приращения энтропии в адиабатном процессе.

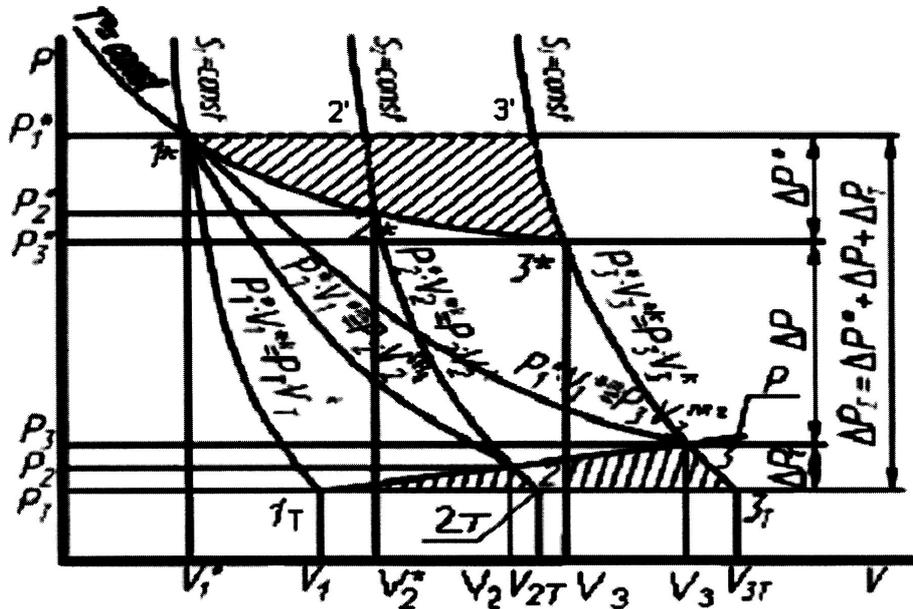


Рисунок – Диаграмма расширения газа

В этом случае увеличение элементарного количества удельной теплоты ∂q будет происходить за счёт повышения термодинамической температуры в адиабатном процессе, T_2 по сравнению с температурой T_T в изоэнтропном процессе, т.е.

$$q_2 = c_p \Delta T_T, \quad (2)$$

где ΔT_T – перепад статических температур в адиабатном потоке относительно изоэнтропного уровня,

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

T_2 – абсолютная статическая температура в выходном сечении адиабатного потока;

T_1 – абсолютная статическая теоретически достижимая температура в изоэнтропном процессе расширения газа в потоке;

c_p – удельная теплоёмкость при постоянном давлении.

В связи с этим выражение (1) можно будет записать в этом случае в таком виде [1, 2]

$$dS = \partial q_r / T_T, \quad (3)$$

где ∂q_r – элементарное количество теплоты, образовавшееся при адиабатном процессе расширения газа в потоке за счёт преобразования газодинамических потерь.

Откуда с учётом выражения (2) будем иметь:

$$dS = c_p dT_T / T_T . \quad (4)$$

Интеграл выражения (4) будет выглядеть так

$$\int_{S_1}^{S_2} dS = c_p \int_{T_1}^{T_2} dT_T / T_T \quad \text{или} \quad S_1 - S_2 = \Delta S = c_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right), \quad (5)$$

потенцируя получим

$$\frac{T_2}{T_1} = \exp \left(\frac{\Delta S}{c_p} \right). \quad (6)$$

С целью получения зависимости для приращения энтропии от отношения давлений запишем два уравнения характеризующих изоэнтропный процесс расширения газа в адиабатном потоке для сечений 1-1 и 2-2

$$p_1^* v_1^{*k} = p_T^* v_T^{*k}; \quad p_2^* v_2^{*k} = p_T v_2^{*k},$$

где p_1^*, p_2^*, p_T – соответственно абсолютные, заторможенные и статические давления в соответствующих сечениях;

v_1^*, v_2^*, v_T – соответственно удельные объёмы, определённые по заторможенным и статическим параметрам потока в соответствующих сечениях;

k – показатель изоэнтропного процесса расширения газа в потоке.

Сопоставляя выражения (7) с учётом равенства заторможенных температур по потоку и уравнения состояния, получим

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1^* p_2}{p_2^* p_T} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \quad (8)$$

где p_T – абсолютное теоретически достижимое статическое давление в изоэнтропном процессе расширения газа в потоке.

Выражение (8) подставим в (5) с целью получения зависимости для изменения энтропии ΔS от отношения давлений, получим

$$\Delta S = c_p \ln \left(\frac{p_1^* p_2}{p_2^* p_T} \right)^{\frac{k-1}{k}} = R \left(\ln \frac{p_1^*}{p_2^*} + \ln \frac{p_2}{p_T} \right). \quad (9)$$

Анализ выражения (9) показывает, что изменение энтропии в адиабатном потоке зависит, в основном от логарифма отношения заторможенных давлений (см. рисунок) и, в значительно меньшей степени, от логарифма отношения статических давлений. Проведённые расчёты оказывают, что логарифму отношения полных напоров соответствует примерно на 90%, а логарифму отношения статических давлений 10% изменения энтропии. Это подтверждается и заштрихованными площадями на рисунке, которые характеризуют газодинамические потери. Преобразуя далее выражения (8) с учётом выражения (6) будем иметь

$$\frac{p_2}{p_T} = \frac{p_2^*}{p_1^*} \exp \left(\frac{\Delta S}{R} \right). \quad (10)$$

При определении расходных характеристик проточных систем типа «канал-клапан» широко используется коэффициент расхода, который равен

$$\mu = \frac{G_{в.д.}}{G_{в.г.}} = \frac{F_2 W_d \rho_2}{F_2 W_T \rho_T} = \varphi \frac{\rho_2}{\rho_T}, \quad (11)$$

где $G_{в.д.}, G_{в.г.}$ – действительный и теоретический массовые расходы воздуха или газа через проточную систему;

F_2 – геометрическое проходное сечение на выходе потока;

W_d, W_T – действительная и теоретическая скорости на выходе потока;

ρ_2, ρ_T – действительная и теоретическая плотности на выходе потока;

φ – коэффициент скорости.

Преобразуя выражение (11) с учётом уравнения состояния, выражений (6) и (10), получим

$$\mu = \varphi \left(\frac{p_2}{p_T} \frac{T_T}{T_2} \right) = \varphi \frac{p_2^*}{p_1^*} \exp \left(\frac{\Delta S}{kR} \right). \quad (12)$$

Далее путём несложных преобразований можно получить выражение для коэффициен-

та газодинамических потерь в зависимости от отношения давлений

$$\xi = \frac{\ln(p_1^*/p_2^*)}{\ln(p_2^*/p_2)} \quad (13)$$

Таким образом полученные зависимости для определения изменения энтропии ΔS (9), коэффициентов расхода μ (12) и газодинамических потерь ξ (13) с учётом изменения давлений в адиабатном потоке, отражают сущность газодинамических процессов преобразования работы $\partial \ell_r$ в проточных элементах систем газообмена ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Жуковский, В.С.** Термодинамика / В.С. Жуковский / -М.: Энергоатомиздат, 1983. - 304 с.

2 **Балашов, А.А.** Определение газодинамических потерь в проточных каналах ДВС / А.А. Балашов / Меж. вуз. сб.: Исследование и совершенствование быстроходных двигателей // АлтГТУ им. И.И. Ползунова. -Барнаул, 1997. -С. 133-142.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: течение газозоодушным каналам; газозоодушный тракт двигателя

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Балашов Андрей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «АлтГТУ»

Карпов Илья Анатольевич, учебный мастер ГОУ ВПО «АлтГТУ»

Вебер Руслан Александрович, студент ГОУ ВПО «АлтГТУ»

МЕТОД КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

О.А. Ясырова, Г.В. Шувалов

Предложен барботажный метод для определения плотности горючесмазочных материалов. Получена расчетная формула.

Плотность является одной из основных физических величин, характеризующих свойства веществ. Измерение плотности веществ играет существенную роль при проведении исследовательских работ в различных отраслях науки и техники, а также при осуществлении контроля технологических процессов и качества продукции. Значительна роль измерений плотности в организации правильной системы количественного учета жидких веществ при их приемке, хранении и отпуске, когда масса жидкостей (например, горюче-смазочных) не может быть измерена непосредственным взвешиванием.

Плотность является одним из важнейших показателей качества нефтепродуктов, так как определяет его основные эксплуатационные характеристики. Выступает также косвенной характеристикой химических свойств и фракционного состава. Интенсивное испарение легких фракций приводит к увеличению плотности топлив и масел. Этот процесс необходимо контролировать.

В настоящее время существует множество методов определения плотности. Широко известны такие виды плотномеров как поплавковые, весовые, гидростатические, радиоизотопные, ультразвуковые, вибрационные и т.п., но каждый из них имеет свои недостатки [1]. Многие из этих методов связаны с большими затратами труда и времени, кроме того, их можно использовать только в лабораторных условиях. В то же время часто возникает необходимость измерений вне лаборатории за короткое время. Это обуславливает создание современных экспресс-методов определения плотности.

Разработке и исследованию новых принципов измерения плотности, созданию конструкций плотномеров, основанных на этих принципах, освоению и расширению промышленного производства плотномеров уделяется все большее внимание.

Перспективными являются гидростатические плотномеры, мерой плотности в которых служит разность давлений двух столбов жидкости разной высоты

$$\Delta p = \rho g \Delta h,$$

где ρ – плотность исследуемой жидкости;

g – ускорение свободного падения;

Δh – разность высот столбов жидкостей.

Значение Δp измеряется либо непосредственно датчиками давления, либо как разность давлений, необходимых для выдавливания пузырьков газа (воздуха) в жидкость на разной глубине – барботажный метод. В работах [2, 3] исследованы возможности барботажного метода для измерения некоторых физических величин (вязкости, плотности, поверхностного натяжения жидкостей). Наиболее информативным является режим одиночных пузырей. Но измерение разности давлений – довольно сложная процедура, из-за применения высокоточных манометров.

Авторами предлагается метод, в котором информация о разности гидростатических давлений снимается не в виде показания манометра, а в виде количества пузырьков воздуха, выходящих из измерительных трубок. При этом разность давлений эквивалентна количеству пузырьков. Преимуществом этого метода является преобразование непрерывной незлектрической величины – разности давлений – в последовательность дискретных значений. Для этой цели следует осуществить барботаж воздуха через исследуемую жидкость пузырьков газа.

Из исследований механизма барботажа [2] известно, что при создании определенных условий имеет место режим одиночных пузырей, для которого принимаются следующие допущения: форма пузырьков газа, отрывающихся от выходного отверстия и движущихся в жидкости, – сферическая; диаметр пузырьков не зависит от расхода газа, а определяется параметрами барботажной системы.

Рассмотрим действующие на пузырек силы, сила тяжести равна

$$F_1 = mg = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_g g,$$

где R – радиус пузырька, м;

ρ_g – плотность газа, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Сила Архимеда

$$F_2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g,$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Сила поверхностного натяжения

$$F_3 = \pi d \sigma,$$

где d – диаметр выходного отверстия трубки, м;

σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м.

Радиус пузырька определяется из условия равновесия сил, действующих на него в момент отрыва от трубки

$$F_1 + F_3 = F_2; R = \sqrt[3]{\frac{3d\sigma}{4g(\rho - \rho_g)}}.$$

Это выражение подтверждает, что размер пузырька в случае работы барботажной системы в режиме одиночных пузырей зависит от диаметра выходного отверстия, поверхностного натяжения, плотностей жидкости и газа, ускорения свободного падения.

Давление газа в пузырьке на конце трубки в момент отрыва (рисунок 1)

$$P_i = P_a + \rho g h_i + \frac{2\sigma}{R_i}$$

где P_a – атмосферное давление;

σ – поверхностное натяжение жидкости;

R_i – радиус пузырька из трубки;

h_i – глубина погружения трубки

Изменение давления газа в пузырьке

$$\Delta P_i = P_i - P_0,$$

где P_0 – давление подаваемого газа, Па.

С другой стороны

$$\Delta P_i = \alpha V_n v_i,$$

где α_i – коэффициент расхода газа;
 V_n – объем пузырька газа, м³;
 v_i – частота следования пузырьков, с⁻¹.

Для ламинарного течения газа коэффициент расхода определяется по формуле [2]

$$\alpha = \frac{128\mu_g \ell}{\pi d^4},$$

где μ_g – вязкость газа, Па·с;
 ℓ – длина трубки, м.

Таким образом, для двух трубок погруженных в жидкость на разную глубину имеем:

$$v_i = \frac{1}{\alpha_i V_n (R_i)} \left[P_a + \rho g h_i + \frac{2\sigma}{R_i} - P_0 \right];$$

$$R_i = \sqrt[3]{\frac{3d_i \sigma}{4(\rho - \rho_g)g}}.$$

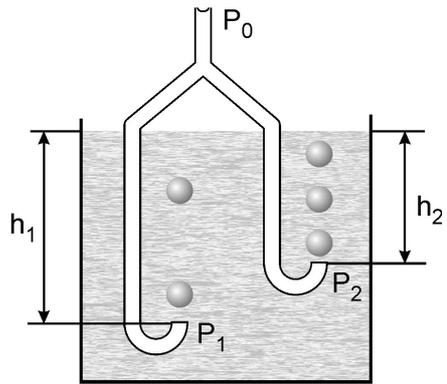


Рисунок 1 – Принцип измерения

Решив совместно уравнения для двух трубок, приняв, что $d_1 = d_2$ и $\rho \gg \rho_g$, получим

$$\rho = \frac{\alpha_2 v_2 - \alpha_1 v_1}{g(h_2 - h_1)} V_n.$$

Учитывая, что

$$V_n = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{d\sigma}{\rho g},$$

запишем

$$\rho = \sqrt{\frac{d(\alpha_2 v_2 - \alpha_1 v_1) \sigma}{g^2 (h_2 - h_1)}}.$$

Таким образом, получена зависимость плотности исследуемой жидкости от числа пузырьков газа (воздуха), выпускаемых в нее в одиночном режиме и разности глубин погружения измерительных трубок. Из окончательной формулы видно, что на результат влияет величина поверхностного натяжения жидкости, измерение которой также представляет большой интерес.

Далее в ходе работы был рассмотрен вопрос об использовании трех измерительных трубок для исключения влияния поверхностного натяжения жидкости при измерении плотности и наоборот. Аналогично предыдущему расчету имеем три уравнения, описывающие давление для каждой трубки, причем диаметры двух трубок равны, а третий отличается.

$$P_a + \rho g h_1 + \frac{2\sigma}{R} = \alpha_1 v_1 V_n + P_0; P_a + \rho g h_2 + \frac{2\sigma}{R} = \alpha_2 v_2 V_n + P_0; P_a + \rho g h_3 + \frac{2\sigma}{R_3} = \alpha_3 v_3 V_{n3} + P_0.$$

Решив совместно три уравнения, учитывая выражения для объема пузыря, получим зависимость

$$\rho = \left(\frac{\sqrt[3]{d_3} [d_1 (h_2 \alpha_1 v_1 - h_3 \alpha_1 v_1 - h_1 \alpha_2 v_2 + h_3 \alpha_2 v_2) + d_3 \alpha_3 v_3 (h_1 - h_2)]}{(\sqrt[3]{d_1} - \sqrt[3]{d_3}) \sqrt[3]{\alpha_1 v_1 - \alpha_2 v_2} (h_1 - h_2)^2} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{\sqrt{3}}{8g^2},$$

где α – коэффициент расхода газа;
 v_i – частота следования пузырей;
 d_i – диаметры трубок;
 h_i – глубина погружения трубок.

Выражение для поверхностного натяжения имеет вид

$$\sigma = \frac{3d_3}{64d_1 (h_1 - h_2) (\alpha_1 v_1 - \alpha_2 v_2)^2} \left[\frac{d_1 (h_2 \alpha_1 v_1 - h_3 \alpha_1 v_1 - h_1 \alpha_2 v_2 + h_3 \alpha_2 v_2) + d_3 \alpha_3 v_3 (h_1 - h_2)}{(\sqrt[3]{d_1} - \sqrt[3]{d_3})} \right]^3.$$

По полученной формуле проведены оценочные расчеты, по результатам которых можно сделать вывод, что при разработке конструкции прибора экспресс-контроля плотности нефтепродуктов можно использовать предложенный метод измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гаузнер, С.И. Измерение массы, объема и плотности / С.С. Кивилис, А.П. Осокина, А.Н. Павловский. -М.: Издательство стандартов, 1972. -624 с.
- 2 Лаптев, В.И. Барботажно-пьезометрические методы контроля физико-химических свойств жидкостей / В.И. Лаптев. -М.: Наука, 1984. -68 с.
- 3 Бондарев, Г.С. Использование явления барботажа в измерительной технике / Г.С. Бондарев, В.Ф. Романов // Измерительная техника. -1972, №12. -С. 64-66.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* метод контроль плотности; горюче-смазочные материалы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ясырова О.А., соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»
Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ВЛИЯНИЕ АУСТЕНИТА ОСТАТОЧНОГО НА СКОРОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, УПРОЧНЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ФГОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского»

А.А. Толмачев, В.М. Ходаковский

Техническое состояние энергетической установки судна во многом определяет эффективность его эксплуатации. В настоящее время наблюдается тенденция возрастания удельных нагрузок на детали судовых энергетических установок, что приводит к понижению срока их службы. В этой связи возникает проблема повышения их надежности, как на стадии изготовления, так и восстановления.

Анализ показывает, что главной причиной выхода из строя деталей судовых дизелей является износ подвижных сопряжений. Наиболее нагруженными деталями, износ которых определяет межремонтный период двигателя, являются детали цилиндропоршневой группы.

Для изготовления этих деталей (штулки цилиндров, поршни, поршневые кольца и др.) используют серый перлитный чугун так как он обладает хорошими антифрикционными свойствами, гасит вибрации и резонансные колебания, не чувствителен к дефектам поверхности, может подвергаться тепловым воздействиям до температуры 300 °С, хорошо прирабатывается, имеет хорошую теплопроводность.

Механические свойства чугуна определяются его структурой. В нашей стране и за рубежом получило распространение изменение свойств рабочей поверхности детали с помощью лазерной обработки, которая позволяет создавать в поверхностных слоях структуры, обладающие качественно новыми свойствами, ведущих к повышению износостойкости рабочей поверхности.

При лазерном оплавлении поверхности чугунных деталей в зоне нагрева формируется структура, содержащая остаточный аустенит [1, 2]. Наличие остаточного аустенита оказывает влияние на свойства упрочненного чугуна.

В данной работе приводятся данные по экспериментальному определению количества остаточного аустенита после обработки деталей из серого чугуна СЧ30 на реальных параметрах режима лазерной обработки и его влияния на износостойкость поверхности. За реальные параметры режима обработки принимались такие параметры, при которых верхний дефектный слой поверхности составлял не более 10% глубины зоны оплавления при общей глубине упрочненного слоя 0,5-1,0 мм. При данных граничных условиях плотность мощности лазерного излучения имела постоянное значение, а время лазерного воздействия изменялось от 0,4 до 0,8 с.

Лазерное упрочнение деталей проводилось на лазерной установке «Комета-2» в многоимпульсном режиме излучения.

Металлографический анализ упрочненных поверхностей показал, что образование твердой фазы при охлаждении оплавленной зоны идет по метастабильной диаграмме Fe-Fe₃C, т.е. без выделения свободного графита, который растворяется в ванне жидкого металла. При большом тепловложении и малых скоростях лазерной обработки образуется структура аустенита и ледебурита, при увеличении скорости обработки формируются квази-

эвтектические структуры. Структуру зоны оплавления определяют энергетический (плотность мощности лазерного излучения) и временной фактор обработки.

Как видно из рисунка 1 структура зон оплавления состоит из мелких дендритов аустенита, выросших при кристаллизации расплавленного металла и окруженных дисперсным ледебуритом. Главные оси дендритов ориентированны в сторону отвода тепла, т.е. к кромке дорожки оплавления.

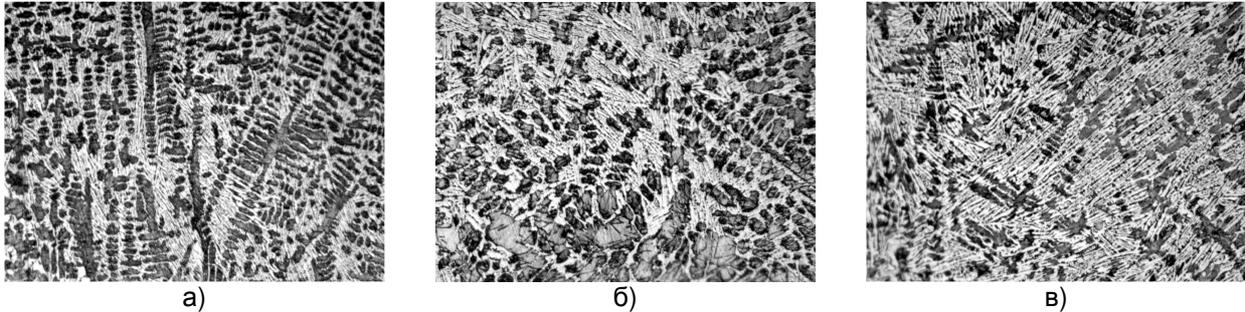


Рисунок 1 – Структура зоны оплавления при времени лазерного воздействия: а) 0,4 с; б) 0,6 с; в) 0,8 с

Время лазерного воздействия влияет на структурные превращения в зоне оплавления, поэтому структуры отличаются количеством аустенита. Результаты количественного анализа содержания аустенита в зоне оплавления в зависимости от времени лазерного воздействия приведены в таблице 1

Таблица 1 – Результаты количественного анализа

Время лазерного воздействия, с	Глубина упрочнённого слоя, мкм	Глубина зоны оплавления, мкм	Количество аустенита остаточного, %
0,4	812,5	231,25	46,53
0,6	850,0	337,50	39,03
0,8	1025,0	387,50	31,49

Зависимости глубины упрочнённого слоя и количества аустенита остаточного от времени лазерного воздействия приведены на рисунке 2.

Анализ приведенных на рисунке 2 зависимостей показывает, что в области реальных режимов лазерного упрочнения чугунных деталей судовых энергетических установок при постоянной плотности мощности лазерного излучения с увеличением времени лазерного воздействия глубина упрочненного слоя увеличивается, а количество остаточного аустенита уменьшается. Так как целью упрочнения деталей является увеличение их долговечности за счет создания на их поверхности износостойкого слоя, то оптимизация параметров режима лазерного упрочнения должна проводиться с учетом влияния остаточного аустенита на износостойкость поверхностного слоя.

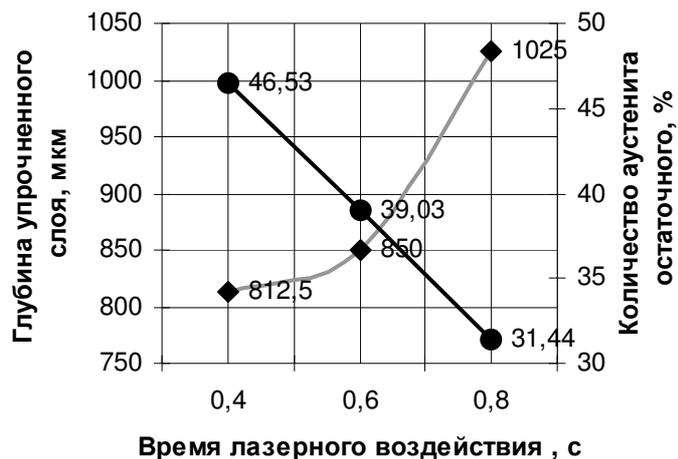
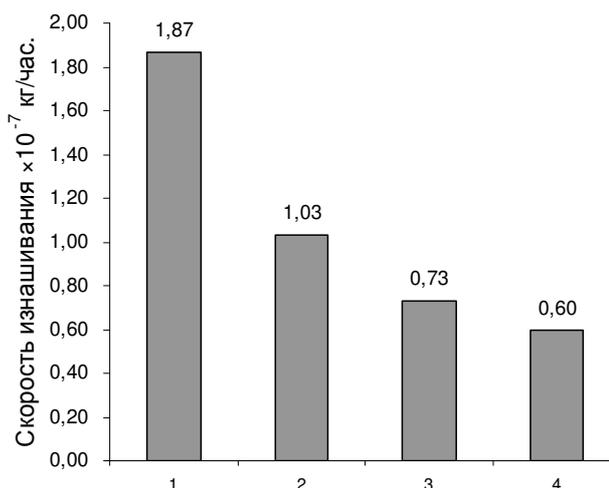


Рисунок 2 – Зависимость глубины упрочнённого слоя (♦) и количества аустенита остаточного (●) от времени лазерного воздействия

В этой связи были проведены сравнительные испытания на износостойкость исходного материала без упрочнения и упрочненных образцов с различным содержанием аустенита остаточного. Испытания проводились на специализированном стенде с возвратно-поступательным движением образцов, в условиях смазки «в масляной ванне», при нагрузке 353,3 Н и частотой 1500 циклов в минуту. Результаты экспериментов приведены на рисунке 3.

Из диаграммы видно, что с уменьшением содержания остаточного аустенита износостойкость упрочненной поверхности увеличивается. По сравнению с исходной структурой чугуна, износостойкость поверхности образца с содержанием остаточного аустенита 46,53% возросла в 1,87 раза, 39,03% – в 2,56 раза и 31,49% – в 3,12 раза. Таким образом, выбор режимов лазерного упрочнения должен проводиться с учетом остаточного аустенита, который образуется в процессе формирования структуры в зоне лазерной обработки.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Андряхин, В. М.** Структурно-фазовые изменения в поверхностных слоях серых чугунов, обработанных излучением ОКГ / В.М. Андряхин, Н.В. Еднерал, Х.А. Мазорра и др // Изв. вузов. Черная металлургия. -1981. -№ 7. -С. 91-94.

2 **Крапошин, В.С.** Лазерное расплавление поверхности луча со сканированием луча / В.С. Крапошин, К.В. Шахлевич, В.П. Бирюков // Металловедение и термическая обработка металлов. -1988. -№ 11. -С. 57–59.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лазерное упрочнение; скорость изнашивания чугунных деталей
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ходаковский Владимир Михайлович, канд. техн. наук, профессор
 ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»
 Толмачев Андрей Александрович, заведующий лабораторией
 ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»

Рисунок 3 – Средняя скорость износа образцов: 1-без упрочнения; с количеством остаточного аустенита 2-46,53%; 3-39,03%; 4-31,49%

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ТРИБОМОНИТОРИНГА

ФГОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского»

А.В. Надежкин, В.Н. Даничкин

Представлены результаты натурных испытаний и выполнена оценка влияния различных эксплуатационных факторов на надежность и долговечность работы деталей цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных дизелей по данным трибомониторинга. По результатам выполненных исследований даны практические рекомендации, направленные на повышение эффективности технической эксплуатации судовых малооборотных дизелей.

Трибомониторинг судовых малооборотных дизелей (МОД) на основании исследования параметров отработанных цилиндрических масел из подпоршневых полостей является эффективным средством управления техническим состоянием деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) этих двигателей. Отработанное цилиндрическое масло (ОЦМ) из подпоршневых полостей несет в себе информацию о термодинамических, химических и триботехнических процессах происходящих в цилиндрах. Носителями этой информации являются физико-химические показатели самого ОЦМ, а также содержащиеся в нем продукты износа трущихся сопряжений дизеля и неполного сгорания топлива. Как показывает отечественные [1] и зарубежные исследования [2] применение данной методологии позволяет минимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р). Это достигается за счет

- уменьшения расхода цилиндрического масла;
- ранним обнаружением увеличения износа деталей ЦПГ;
- заблаговременным планированием ТО и Р;

- уменьшением затрат на ТО и Р деталей ЦПГ;
- уменьшение рисков задира.

Одновременно трибомониторинг деталей ЦПГ МОД по анализам ОЦМ позволяет оценить влияние целого ряда эксплуатационных факторов на интенсивность их изнашивания. Знание такой информации позволяет техническому менеджменту судоходной компании сформировать оптимальную стратегию управления ТО и Р.

Одним из важнейших факторов, определяющих надежность и долговечность работы деталей ЦПГ в эксплуатации, является сорт (тип) применяемого цилиндрического масла. Основные их типы, получившие наибольшее распространение на флоте дальневосточного бассейна, представлены в таблице 1. Из представленных данных следует, что применяемые цилиндрические масла можно разделить на две группы по вязкости. Первая имеет значение этого показателя равного 15-17 сСт, а вторая примерно 20 сСт. Проведенные нами исследования выявили серьезное влияние этого показателя на интенсивность изнашивания деталей ЦПГ МОД.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики цилиндрических масел

Марка масла	Вязкость при 100 °С, сСт	Щелочное число, мг КОН/г
M16E ₂ (30)	15-17	не менее 30,0
M16E ₂ (60)	15-17	не менее 60,0
M20E ₂ (70)	20-23	не менее 70,0
Mobilgard 570	19,5-20,5	не менее 70,0
Talusia XT-70	19,5-20,5	не менее 70,0
Chevron Delo Cyloil Special	19,5-20,5	не менее 70,0

Испытания проходили на т/к «БАМ». В качестве главного двигателя там установлен МОД 6ДКРН74/160-3 (номинальная эффективная мощность 8530 кВт при частоте вращения коленчатого вала 140 мин - 1). Двигатель прошел ка-

питальный ремонт с заменой всех изнашиваемых деталей ЦПГ (втулка, поршень, комплект поршневых колец). Испытания проходили после окончания обкатки и приработки деталей двигателя. За период наблюдения в течении 820 ч дизель эксплуатировался на трех сортах цилиндрических масел.

На первом этапе испытаний использовалось масло M16E₂(30), на втором – Talusia XT-70 и на последнем – Chevron Delo Cyloil Special. Результаты анализа проб ОЦМ по цилиндрам представлены на рисунке 1.

Как следует из представленных данных наихудшие результаты получены на первом этапе. Среднестатистическое содержание продуктов износа в ОЦМ здесь составляло 134 г/т против 31,6 и 32,7 соответственно на втором и третьем этапе испытаний. Аналогичные результаты были получены при статистической обработке результатов анализов проб ОЦП с других судов. Исследовались различные типы дизелей, имеющие различную наработку после ТО и Р. Данные трибомониторинга сведены в таблицу 2. Они убедительно свидетельствуют о том, что скорость изнашивания деталей ЦПГ при применении масел M16E₂(30), M16E₂(60) в несколько раз выше, чем при использовании цилиндрических масел, имеющих класс вязкости 20 (ГОСТ 17479.1-85) или SAE 50 (стандарт SAE J 300). Одновременно можно так же отметить, что для однотипных двигателей разность в скорости изнашивания была тем выше, чем больше была наработка дизелей. Так если для т/к «БАМ» она составила 4,2 раза при средней наработке за период наблюдений ориентировочно равной 2550 ч, то для т/х «В. Чаленко» она уже равнялась 6,5 раза соответственно при средней наработке – 7445 ч.

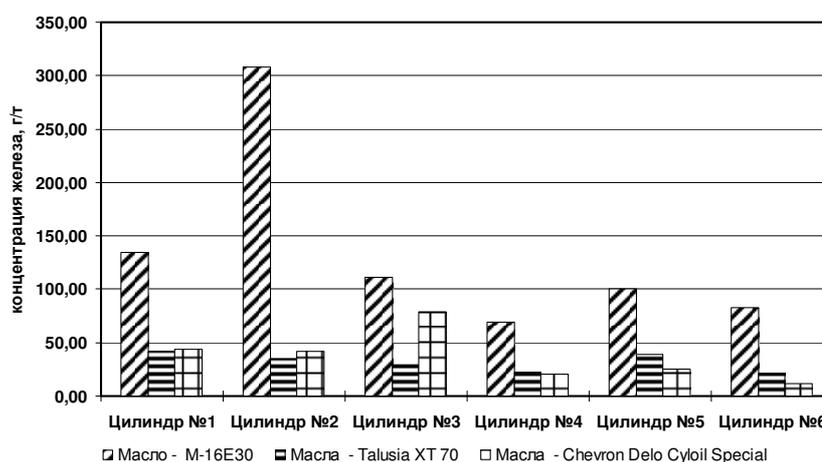


Рисунок 1 – Влияние типа цилиндрического масла на интенсивность изнашивания деталей ЦПГ

Одновременно можно так же отметить, что для однотипных двигателей разность в скорости изнашивания была тем выше, чем больше была наработка дизелей. Так если для т/к «БАМ» она составила 4,2 раза при средней наработке за период наблюдений ориентировочно равной 2550 ч, то для т/х «В. Чаленко» она уже равнялась 6,5 раза соответственно при средней наработке – 7445 ч.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Таблица 2 – Данные трибомониторинга деталей ЦПГ МОД с разными типами цилиндрических масел

Наименование судна	Тип главного двигателя	Марка масла	Наработка ЦПГ после ТО и Р, ч	Продукты износа, г/т
Т/к «БАМ»	6ДКРН74/160-3	М-16-Е2(30)	2120	134
Т/к «БАМ»	6ДКРН74/160-3	Talusia XT-70	2528	31,6
Т/к «БАМ»	6ДКРН74/160-3	Chevron Delo Cyloil Special	2991	32,8
Т/к «Березово»	6ДКРН74/160-3	М-16-Е2(30)	3120	160
Т/к «Вилкойск»	6ДКРН74/160-3	Chevron Delo Cyloil Special	3786	109
Т/к «Каменск-Уральский»	6ДКРН74/160-3	М-16-Е2(30)	4126	810
Т/к «Нагаево»	6ДКРН45/120-7	М-16-Е2(60)	1137	204
Т/к «Венспилс»	6ДКРН45/120-7	М-16-Е2(60)	3680	458
Т/к «Даугава»	6ДКРН45/120-7	Mobilgard 570	4989	20,7
Т/х «В. Чаленко»	6КZ57/80	М-16-Е2(60)	7370	551
Т/х «В. Чаленко»	6КZ57/80	М-20-Е2(70)	7520	85,3

Как показано в работе [3] увеличение коэффициента трения в зоне ЦПГ в 1,8 раза повышает интенсивность изнашивания почти в 6 раз, а величина коэффициента трения напрямую зависит от значения вязкости цилиндрического масла. Отсюда и вытекает, что применение более высоковязких масел дает эффект снижения величины износа деталей ЦПГ.

Продолжительность эксплуатации судового МОД безусловно оказывает влияние на скорость изнашивания основных деталей двигателя. Как показали наши исследования, количество поступающих в ОЦМ продуктов износа двигателя длительное время остается практически неизменным. На рисунке 2 представлены данные о содержании железа в ОЦМ при разной наработке цилиндров главного двигателя т/к «БАМ». Очевидно, что в течение 6000 ч работы дизеля скорость изнашивания основных деталей ЦПГ оставалась практически неизменной. Однако увеличение зазоров в сопряжениях привело к увеличению сил трения и интенсифицировало процесс изнашивания, что нашло свое проявление в значительном увеличении концентрации продуктов износа в ОЦМ.

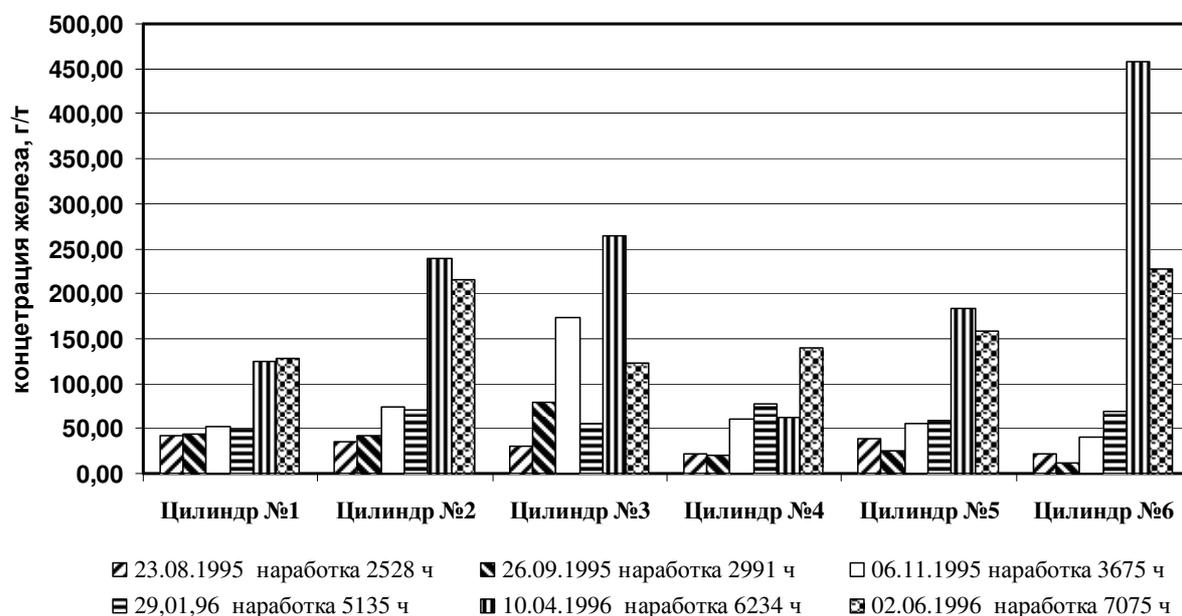


Рисунок 2 – Содержание продуктов износа в отработанном масле подпоршневых полостей при разной наработке цилиндров

После получения последних результатов анализа проб ОЦМ было проведено ТО и Р двигателя. При дефектации было установлено, зазоры в кепках и износ поршневых колец достигли своих предельных значений и требовали замены.

На рисунке 3 представлены опытные данные трибомониторинга, после их осреднения по цилиндрам. Очевидно, увеличение содержания продуктов износа в ОЦМ произошло ступенчато, что вполне соответствует логике дихотомической задачи диагностирования: пере-

ход из «исправного» состояния в «неисправное». Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что стабильное превышение содержания концентрации железа в пробах ОЦМ из подпоршневых полостей порогового значения 150 г/т свидетельствует о достижении предельных зазоров в трущихся сопряжениях, что требует в эксплуатации проведение ТО и Р.

Таким образом основываясь на результатах проведенных натурных испытаний и выполненной обработке данных трибомониторинга судовых МОД можно сделать следующие основные выводы.

Трибомониторинг судовых МОД показал, что наилучшие результаты в эксплуатации по критерию «минимизация скорости изнашивания» достигаются при использовании цилиндрических масел, имеющих вязкость 19-21 сСт при 100 °С. На основании комплексного исследования было установлено, что цилиндрические масла марок M16E₂(30), M16E₂(60) не удовлетворяет требованиям надежной и долговечной работы крейцкопфных дизелей (особенно длиноходовых) по своим вязкостно-температурным характеристикам.

Установлена взаимосвязь между концентрацией в масле характерных химических элементов, входящих в состав трущихся сопряжений, и состоянием объекта диагностирования. В результате статистической обработки данных трибомониторинга установлено, что для судовых МОД модели 6ДКРН74/160-3 пороговым значением диагностического параметра является концентрация железа в ОЦМ подпоршневых полостей равная 150 г/т. Её превышение говорит о достижении зазоров в трущихся сопряжениях предельных величин и необходимости проведения ТО и Р.

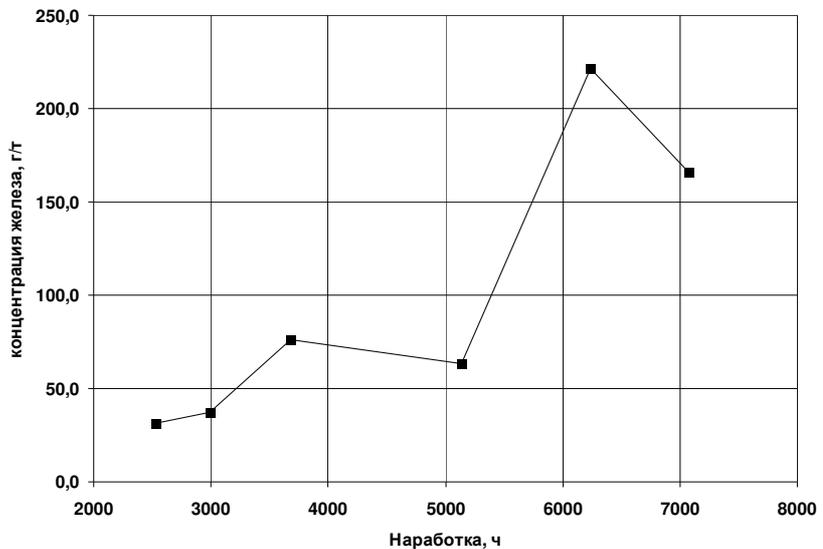


Рисунок 3 – Изменение интенсивности изнашивания деталей ЦПГ от наработки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Даничкин, В.Н.** Управление техническим состоянием цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных дизелей по результатам трибомониторинга / В.Н. Даничкин, А.В. Надежкин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. -2008. -№1. -С. 210-212.

2 Chevron to launch drip oil analyzer service // Marine Propulsion & auxiliary machine. – 2007. -April/May. -С. 54.

3 **Погодаев, Л.И.** Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин / Л.И. Погодаев, В.И. Кузьмин. -СПб.: Академия транспорта Российской Федерации, 2006. -608 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интенсивность изнашивания деталей ЦПГ
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Надежкин Андрей Вениаминович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»
 Даничкин Виталий Николаевич, старший преподаватель ФГОУ ВПО «МГУ им. Невельского»

ЗАЩИТА ВЕНТИЛЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА С КОЛЬЦЕВЫМИ СХЕМАМИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

С.А. Евдокимов, Г.Н. Ворфоломеев, В.И. Сопов, В.В. Бирюков

Рассмотрены схемы преобразователей переменного тока в постоянный с устройствами защиты вентиляльных групп от перенапряжений, применяемые на электрическом транспорте. Предложено схемное решение защиты групп вентилялей от перенапряжений в преобразователях с кольцевыми вентиляльными структурами. Даны рекомендации по использованию таких защит.

Надёжное функционирование полупроводниковых преобразователей тяговых подстанций электрического транспорта достигается, как известно:

- применением более совершенных по своим параметрам силовых полупроводниковых приборов (СПП);
- выполнением комплекса технических мероприятий по обеспечению эффективной защиты полупроводниковых приборов от перегрузки по току и возможных перенапряжений.

Технические мероприятия по защите СПП от перенапряжений, например, в 12-пульсовом выпрямителе последовательного типа, известны и достаточно глубоко проработаны [1]. При переходе на новые схемные решения преобразовательных агрегатов, в частности, с кольцевой схемой выпрямления, требуется разработка защиты подобного рода.

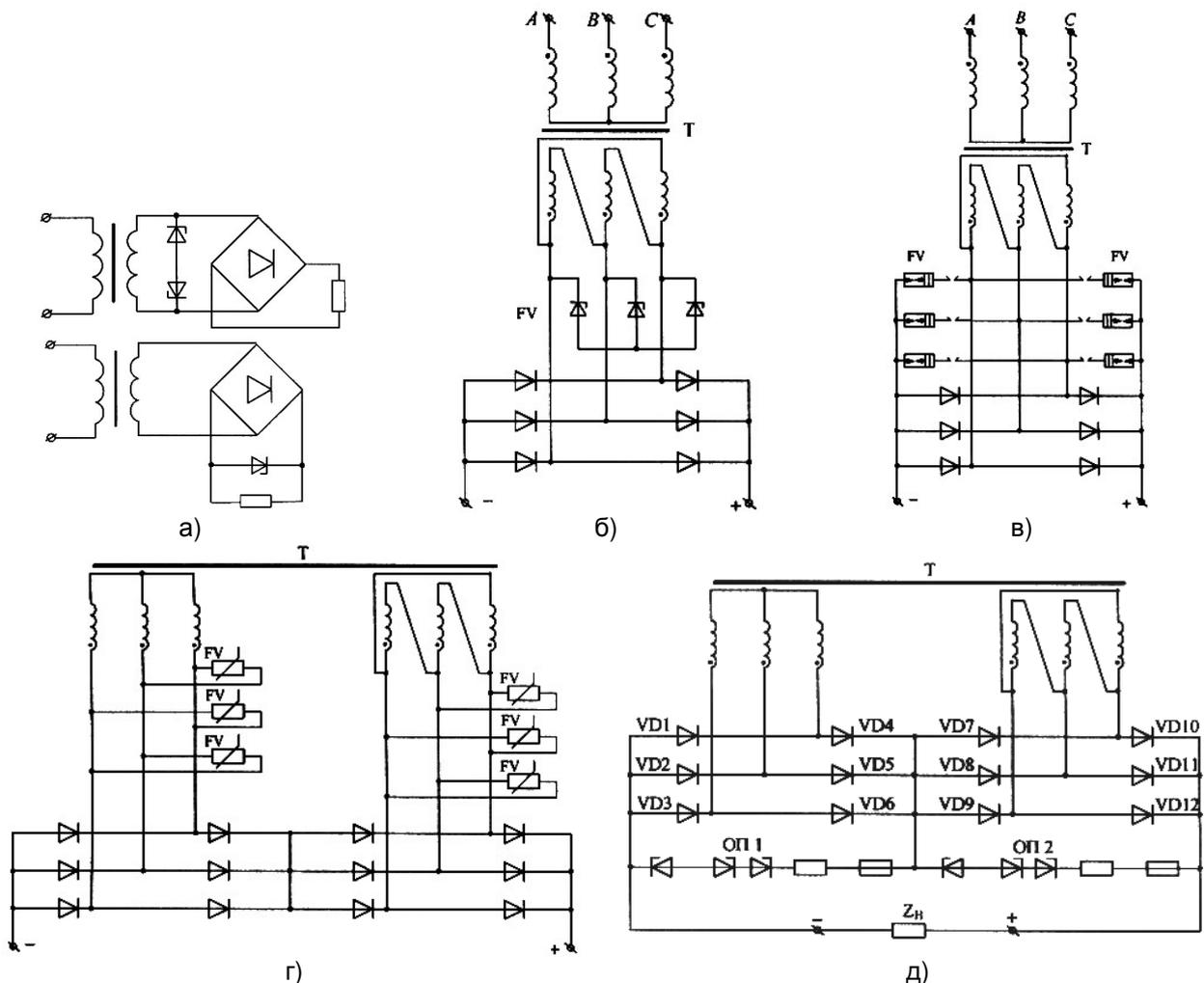


Рисунок 1 – Схемы защиты групп вентилялей в мостовых выпрямителях

Снижение амплитуды перенапряжений в анодных цепях преобразователей, построен-

ных по такой схеме, может осуществляться посредством RC-цепей, подключаемых, как правило, между выводами вторичных обмоток преобразовательного трансформатора, а также параллельно СПП.

Достаточно эффективно снижают амплитуду таких импульсов быстродействующие ограничители перенапряжений (ОП) различного типа: кремниевые и селеновые стабилитроны, диодные лавинные столбы и другие.

Не рассматривая общеизвестных схем индивидуальной защиты СПП (вентильных плеч), приведем некоторые из схем защиты групп вентилях в мостовых выпрямителях (рисунок 1). Схемы включения, например, лавинных ОП (рисунок 1а, 1б, 1д) известны практически с первых шагов применения полупроводниковых приборов в преобразовательной технике [2, 3].

Необходимо отметить, что недостатком преобразователей m -фазного напряжения, построенных по методу последовательного агрегирования мостовых шестипульсовых выпрямителей, является большая мощность потерь в вентилях. Для снижения потерь в вентилях целесообразно применение преобразователей, имеющих кольцевые схемы включения вентилях, описание цепей одного из которых приведено в [4]. В настоящей работе приводится схемное решение защиты от перенапряжений СПП выпрямителей последовательного типа с кольцевой схемой выпрямления.

Недостатком преобразователей с кольцевой схемой выпрямления является определенная сложность выполнения групповой защиты вентилях от перенапряжений. Путь к решению этой задачи покажем на примере преобразователя m -фазного напряжения в постоянное [5], в котором при $m=3$ и p -кратной частоте пульсации выпрямленного напряжения содержится $p/6$ трехфазных источников питания, одноименные (фазные) напряжения которых сдвинуты друг относительно друга на угол $\Delta\varphi = 2\pi/p$ эл., а выпрямление обеспечивают $n = (p/6) + 1$ последовательно соединенных вентильных групп. Каждая вентильная группа (в том числе анодная и катодная) включает $m^2 = 9$ вентилях, соединенных в $2m = 6$ звезд с циклическим соединением лучей.

Преобразователь, выполненный по такой схеме, обладает одним замечательным свойством – он не критичен к порядку подключения фазных выводов питающих обмоток к точкам соединения смежных групп вентилях. Это обеспечивается избыточностью вентилях в груп-

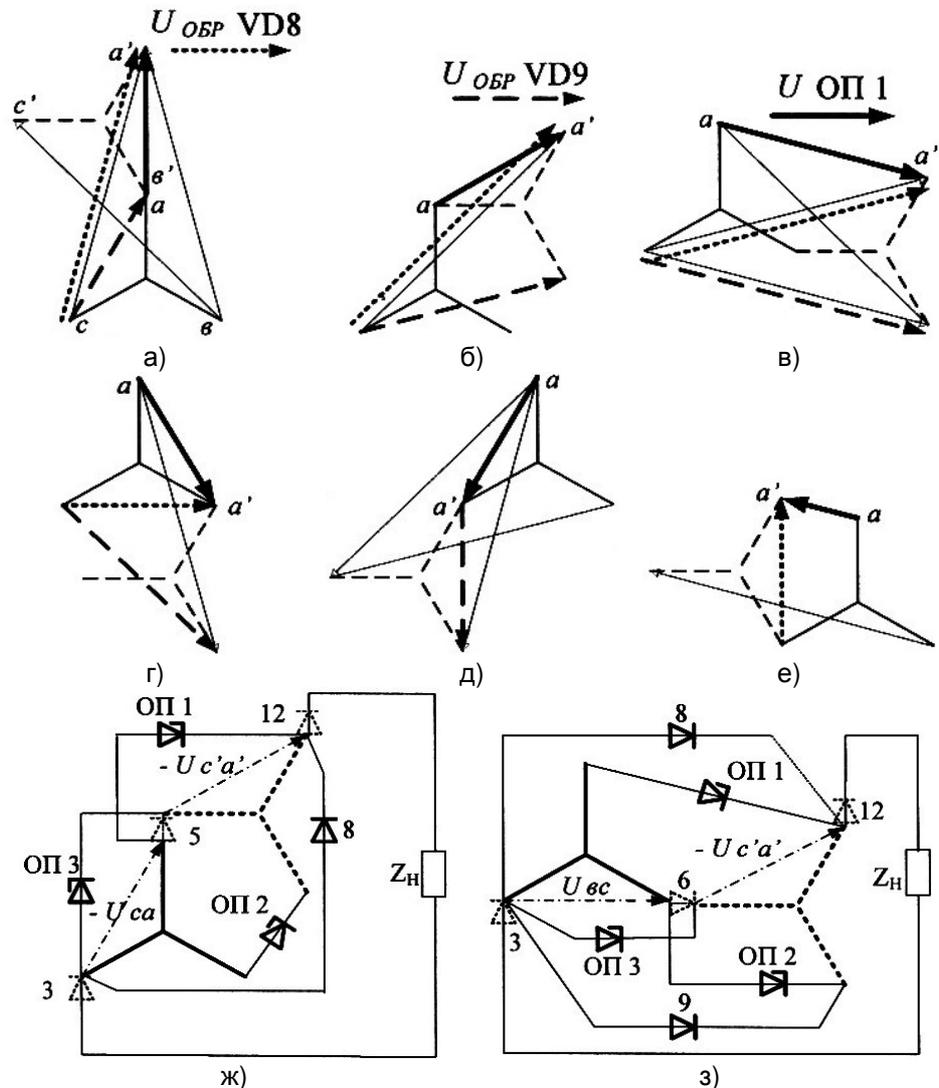


Рисунок 2 – Амплитудно-фазовые портреты напряжений вторичных фазных обмоток

пах, связывающих смежные системы питания.

Принцип работы устройства иллюстрируется векторными диаграммами напряжений, представленными в виде амплитудно-фазовых портретов напряжений вторичных фазных обмоток, образующих две симметричные трехфазные системы напряжений, сдвинутые в фазовой плоскости на 30° эл. (рисунок 2).

Представленные на рисунках 2а-2е диаграммы исчерпывают все возможные комбинации соединения вторичных обмоток трансформатора в процессе одного цикла преобразования, состоящего из шести фаз. Из приведённых диаграмм видно, каким образом формируется вектор кривой напряжения, действующего в одной из диагоналей вентильного кольца (в частности между точками а-а'). Из диаграмм видно, что в диагоналях моста формируются однополярные переменные напряжения $U_{оп}$, имеющие то же направление, что и векторы обратных напряжений на диодах VD8 и VD9.

Максимальное мгновенное значение рабочего напряжения в диагонали меньше максимального значения рабочего обратного напряжения на вентильных кольцах и больше максимального мгновенного значения рабочего обратного напряжения вентилей анодной и катодной групп.

В мощных преобразователях, работающих в сетях высокого напряжения, перенапряжения обычно не превышают трехкратного уровня. Результаты моделирования работы такого преобразователя, в УЗ которого применены модели металлооксидных варисторов, показаны на диаграммах рисунок 3.

Для диодов анодных и катодных групп, как и в мостовых выпрямителях, максимальное значение рабочего обратного напряжения равно

$$U_{ОБР\ max} = \sqrt{2}U_{л}.$$

Для диодов колец

$$U_{ОБР\ max}(p) = 2\sqrt{2}U_{л} \sin(\pi/3 + \pi/p),$$

где $U_{л}$ – действующее значение линейного напряжения симметричной трёхфазной системы напряжений вторичных обмоток трансформатора.

Таким образом, вентили анодной и катодной групп находятся под воздействием линейных напряжений питающих систем, а к вентилям кольцевых групп приложены более высокие напряжения, абсолютная и относительная (по отношению к другим группам) величина которых снижается при увеличении фазности преобразователя. Уставка ОП должна выбираться равной или несколько большей величины максимального мгновенного значения рабочего напряжения в диагонали кольца, которое определяется по формуле

$$U_{оп}(p) \geq 2\sqrt{2}U_{л} \cos(\pi/3 - \pi/p).$$

При использовании в УЗ преобразователя кремниевых стабилитронов, столбов на лавинных диодах или других несимметричных ОП, обладающих стабилитронным эффектом, например, лавинных диодов, электроды последних соединены (связаны) с одноименными электродами диодов кольца.

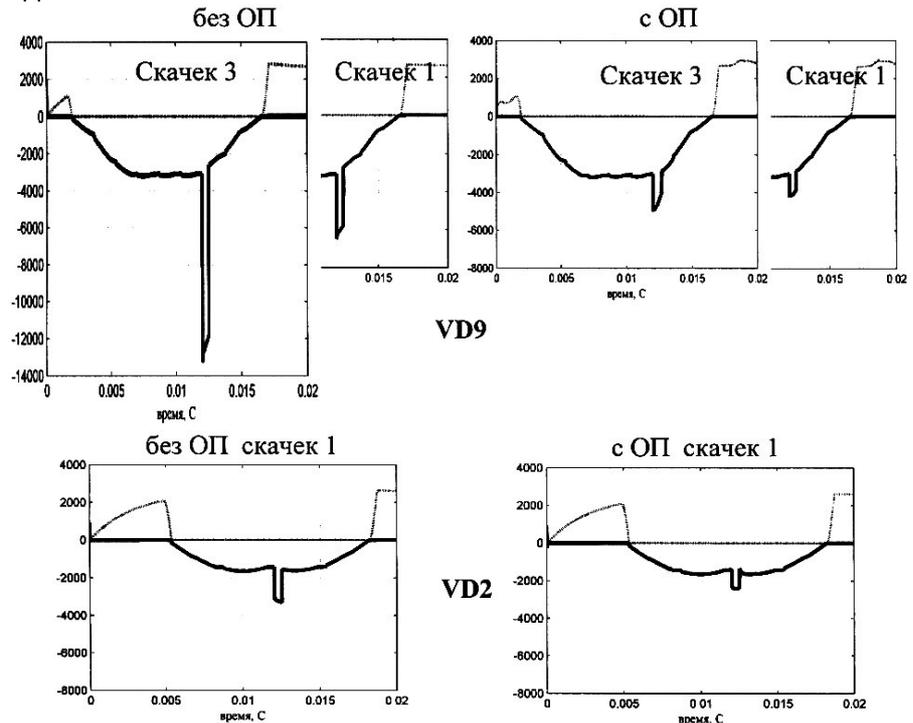


Рисунок 3 – Диаграммы напряжений в преобразователе с УЗ на базе металлооксидных варисторов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Барковский, Б.С. Двенадцатипульсовые полупроводниковые выпрямители тяговых подстанций // Б.С. Барковский, Г.С. Магай, В.П. Маценко и др.// Под ред. М.Г. Шалимова. - М.: Транспорт, 1990. -127 с.

2 Тиристоры: Технический справочник. / пер. с англ. под ред. В.А. Лабунцова, С.Г. Обухова, А.Ф. Свиридова. -М.: Энергия, 1971. -560 с.

3 Силовая электроника: Примеры и расчеты. / Пер. с англ. Ф. Чаки, И. Герман, И. Ипшич и др. -М.: Энергия, 1982. -384 с.

4 Внешняя характеристика и режимы работы двенадцатифазного преобразователя с уменьшенными потерями / Колев Св.К, Калчев А.К. / Реф. журнал «Электротехника и электроэнергетика» 21Ю, №9, 1977 // (болг.) «Научн. тр. Висш. ин-т машиностр., механиз. и электр. селск. стоп. -Русе», 1974, сер.6,17, -С. 117-120.

5 А.с. № 729777 СССР. Преобразователь гл-фазного переменного напряжения в постоянное/ Ю.В. Потапов. Бюл. № 15, 1980.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: защита вентилях от перенапряжений; электротранспорт

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Евдокимов Сергей Александрович, инженер ГОУ ВПО «НГТУ»

Ворфоломеев Герман Николаевич, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «НГТУ»

Бирюков Валерий Викторович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «НГТУ»

Сопов Валентин Иванович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «НГАВТ»

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

**Д.В. Коноваленко, В.Н. Иванов, Д.А. Оленцевич,
В.В. Сидоров, Е.М. Лыткина**

Приведены статистические данные по надёжности электрических машин тягового подвижного состава, указаны причины увеличения отказов по тяговым электрическим машинам и пути повышения их надёжности

Одной из важнейших проблем железнодорожного транспорта страны является необходимость обеспечения надёжной работы тягового подвижного состава. Анализ по надёжности тягового подвижного состава показывает, что основным повреждаемым узлом являются электрические машины.

По данным Желдорреммаш на электрические машины электровозов приходится 53% от общего количества отказов, по электрическому оборудованию 25%, по механическому оборудованию 20%, по тормозному и пневматическому оборудованию 2%. На электрические машины электропоездов приходится 28% от общего количества отказов, на механическое оборудование – 33,6%, по электроаппаратуре – 39,2%. На электрические машины тепловозов приходится 42% от общего количества отказов, на электрическое оборудование 28%, на механическое оборудование 16%, на дизель 12% и на тормозное и пневматическое оборудование 2%.

Электрические машины тягового подвижного состава относятся к наиболее нагруженному оборудованию и поэтому с позиций комплексного воздействия на них тепловых, электромагнитных, механических и климатических факторов, несмотря на постоянно проводимые мероприятия, конструктивно-технологического характера при изготовлении и ремонте, уровень повреждаемости их в эксплуатации хотя и снижается, но остается довольно высоким.

Анализ отказов тяговых электрических машин (ТЭМ) по Красноярской, Восточно-Сибирской и Забайкальской железным дорогам показал, что по сравнению с другими дорогами эти отказы стабильно высоки. Условия эксплуатации электровозов на этих дорогах значительно отличаются в худшую сторону от условий эксплуатации электровозов на других железных дорогах.

Технологический процесс, осуществляемый биомашинной системой «железная дорога», с позиции теории вероятностей можно представить как последовательность событий, наступающих поочередно одно за другим в случайные моменты времени, то есть потоком событий. Например, в рассматриваемом процессе событиями являются – отправление поезда с

участковой станции, проследование сигналов, перегонов, промежуточных станций, остановки поезда перед запрещающими сигналами на перегонах, перед входными сигналами и на промежуточных станциях, прибытие на участковую станцию и другие, которые следуют в пространстве и времени дискретно одно за другим.

Статистические данные рассматриваемых событий по ВСЖД, полученные и обработанные за последние два-три года, указывают на определяющую роль перегонов железной дороги с расчетными подъемами (ПЖД), от надежности которых зависит ритмичность и бесперебойность перевозочного процесса всего направления. На расчетных подъемах подвижной состав, путевые устройства, устройства электроснабжения нередко работают при нагрузках, превышающих нормативные, а это не всегда учитывается службами, отвечающими за организацию движения.

Отказы ПЖД подразделяют на два вида – отказы с остановкой поезда и приводящие к движению поезда по расчетному подъему со скоростью, ниже расчетной. Анализ отказов ПЖД ВСЖД за 2002-2003 годы показал, что они были вызваны нарушениями в работе путевых устройств и сооружений – 25,4 и 39,9% отказов ПЖД соответственно в 2002 и 2003 годах; электровозов – 10,2 и 21,7%; электроснабжения – 15,6 и 8,0%; сигнализации и связи – 8,2 и 5,8%; состава – 1,6 и 1,0%, а также сбоями в организации движения – 18,4 и 14,1%; нарушениями технологии управления машинистами – 3,3 и 3,2%; окружающей средой – 17,2 и 6,4%.

На основании этих количественных показателей, отражающих физическую сущность перевозочного процесса, можно полагать, что появление отказов компонентов (элементов) системы «машинист, электровоз, состав, путь, электроснабжение, сигнализация и связь, организация движения, среда» являются независимыми событиями, потоки отказов сезонных периодов эксплуатации постоянны, имеет место появление одиночных отказов элементов системы ПЖД, а отказы элементов системы ПЖД после выхода электровоза с составом на перегон с расчетным подъемом можно считать отказами без последствия. Однако эта независимость имеет некоторые особенности скрытые в организации управления процессами качества эксплуатации электровозов. Проблема состоит в том, что очень часто перевозочный процесс в лице службы «организация движения» осуществляется без учета условий процесса эксплуатации и технических возможностей локомотивного парка. В связи с ликвидацией системы закрепления локомотивов за конкретными локомотивными хозяйствами и переходу на корпоративные системы в организации управления локомотивным хозяйством, назрела необходимость в создании новой теории и практики по организации управления процессами качества эксплуатации тягового подвижного состава. Руководители эксплуатационных и ремонтных служб локомотивных хозяйств железных дорог Восточного региона осознали, что с целью более высокого уровня организации перевозочного процесса требуется единый орган управления локомотивным хозяйством.

Это в наибольшей мере касается Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД), почти полностью электрифицированной по системе переменного тока, электровозы которой, работая на крутых (более 17%) и протяженных расчетных подъемах, имеют нагрузку на 15-25% превышающую нагрузки электровозов остальной сети электрифицированных железных дорог страны, с перепадами температуры окружающей среды до 50-60 °С. Продолжительность периода с отрицательными температурами окружающей среды, на который приходится до 80% годового объема грузовых перевозок, составляет 8-10 месяцев в году.

Статистические данные по надежности узлов и деталей оборудования электровозов в условиях эксплуатации их за последние пять лет на ВСЖД показывают, что большая доля отказов приходится на тяговые электродвигатели (ТЭД) и вспомогательные электрические машины (ВЭМ). Например, за 2002-2004 гг. отказы по ТЭД составили более 44%, а по ВЭМ – более 25% от общего числа отказов всего оборудования электровоза, т.е. по отказам ТЭД и ВЭМ занимают почти две трети от всех отказов оборудования электровоза.

Теория надёжности тяговых электрических машин в её современном виде стала развиваться сравнительно недавно [1]. На протяжении нескольких предшествующих десятилетий тяговое электромашиностроение развивалось в направлении повышения использования машин, увеличения нагрузок активных материалов и снижения массы на единицу мощности. Параллельно с этим разрабатывались и внедрялись новые виды активных, конструкционных и изоляционных материалов, совершенствовалась вентиляция. Однако запас прочности, а вместе с тем и устойчивости к перегрузкам постепенно снижались. В результате наметилась тенденция общего снижения надежности электрических машин тягового подвижного состава.

ва. Наиболее высокие показатели по снижению надёжности у тяговых электрических машин электровозов. На примере анализа статистических данных по отказам узлов и элементов тяговых электрических машин электровозов по Красноярской, Восточно-Сибирской и Забайкальской железным дорогам, нами были указаны основные причины низкой надёжности и давался экономический анализ материально-технического ущерба на железнодорожном транспорте из-за отказов или низкой надёжности тяговых электрических машин. Потребовалось определённое время, прежде чем стало очевидным, что повышение использования активных, конструкционных и особенно изоляционных материалов целесообразно лишь до тех пор, пока эта тенденция не приводит к снижению надёжности ТЭМ.

Наиболее важным и уязвимым звеном тяговых и вспомогательных электрических машин, а также и аппаратов являются их обмотки. От 90 до 95% всех отказов электрооборудования на ЭПС приходится на неисправности обмоток. Трудоемкость текущего, среднего и капитального ремонта обмоток составляет от 30 до 70% общего объема работ. В свою очередь в обмотках наиболее ненадежным элементом является их изоляция. В процессе эксплуатации ЭПС изоляция тяговых электрических машин и аппаратов нагревается, охлаждается и увлажняется, что приводит к резкому снижению ее электрической прочности.

Неудовлетворительное состояние дел по надёжности изоляции ТЭМ было вызвано в основном тремя причинами. Во-первых, не обоснованным увеличением весовых норм. Во-вторых, отсутствием методики по обоснованию предельно допустимых скоростей нагрева основного оборудования электровоза (особенно изоляции обмоток) в теории электрической тяги. А это привело к тому, что при необоснованном увеличении весовых норм без учета предельно допустимых значений по скорости нагрева изоляции обмоток, например ТЭД, в процессах эксплуатации электровозов на расчетных подъемах в условиях «северного хода» ВСЖД значения предельно допустимых скоростей нагрева изоляции обмоток ТЭД превышали, по нашим предварительным расчетам, нормативные показатели в 2,5-3,0 раза. Примерно во столько же раз увеличилось число отказов по ТЭД и количество пожаров на электровозах. И, наконец, в-третьих, на отечественных электровозах отсутствуют адаптивные многоканальные системы мониторинга и управления качеством эксплуатации ТЭМ.

В этой связи на кафедре ЭПС ИргУПС разработаны стационарная и бортовая системы мониторинга и управления процессом качества эксплуатации изоляции обмоток электрических машин тягового подвижного состава по критериям предельно допустимых значений нагрева и увлажнения. Система позволяет реализовать адаптивный метод управления температурно-влажностными режимами в зависимости от микроклиматических условий эксплуатации электровоза и режимов его нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Захарченко, Д.Д.** Тяговые электрические машины / Д.Д. Захарченко, Н.А. Ротанов. -М.: Транспорт, 1991. -343 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяговый подвижной состав; надёжность электрических машин

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Коноваленко Даниил Викторович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ИргУПС»

Иванов Владимир Николаевич, аспирант ГОУ ВПО «ИргУПС»

Оленцевич Дмитрий Андреевич, аспирант ГОУ ВПО «ИргУПС»

Сидоров Василий Владимирович, аспирант ГОУ ВПО «ИргУПС»

Лыткина Екатерина Михайловна, инженер ГОУ ВПО «ИргУПС»

НАДЁЖНОСТЬ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

В.Н. Иванов

Проанализировано состояние надёжности асинхронных вспомогательных электродвигателей на электровозах переменного тока в зависимости от их конструктивного исполнения и условий работы

Проблема повышения надёжности асинхронных вспомогательных машин (АВМ) электроподвижного состава (ЭПС) приобрела в последние годы большое социально-экономическое значение. Особенно эта проблема обострилась в связи с проектированием,

производством, изготовлением, эксплуатацией и ремонтом электровозов нового поколения после известных в нашей стране социально-экономических преобразований.

С целью установления причин снижения конструкционной надёжности кафедрой ЭПС ИрГУПС была проанализирована статистика отказов АВМ электровозов переменного тока за полувековой период. В анализе этой проблемы были использованы труды О.А. Некрасова, Р.И. Мирошниченко, Н.Н. Горина, В.В. Шевченко, М.А. Козорезова, В.И. Бочарова, В.П. Янова, В.Г. Щербакова, Л.В. Маханькова, В.П. Феоктистова, А.Т. Осяева, В.П. Смирнова и других исследователей [1].

Здесь уместно привести статистику по надёжности асинхронных двигателей в других отраслях промышленности. В большинстве случаев (85-95 %) отказы асинхронных двигателей мощностью свыше 5 кВт происходят из-за повреждения обмоток и распределяются следующим образом: межвитковые замыкания – 93%, пробой межфазной изоляции – 5%, пробой пазовой изоляции – 2%. На подшипниковый узел приходится 5-8% отказов, и небольшой процент связан с такими причинами, как распайка выводных концов, скручивание валов, разрыв стержней ротора и др. Причины отказов можно дифференцировать следующим образом: технологические – около 35%; эксплуатационные (главным образом, неудовлетворительная защита электродвигателей) – 50% и конструкционные – 15%. В среднем в течение года капитально ремонтируют около 20% установленных электрических машин (в строительстве – 50%, в горнодобывающей промышленности – 30%, в машиностроении – 20%, в черной металлургии – 13% и в химической промышленности – 9%). Как видно из статистики таких отказов, как выплавление обмоток ротора нет.

Однако вышеперечисленными учёными и практиками установлено, что АВМ ЭПС переменного тока работают при следующих условиях:

1 Изменение напряжения питания от +25 до -39% номинального значения.

2 Коэффициент несимметрии напряжения

$$K_u = U_o / U_n \leq 0,10 ,$$

где U_o, U_n – соответственно напряжение обратной и прямой последовательности).

3 Коэффициент несимметрии фазных токов

$$K_i = I_o / I_n \leq 0,70 ,$$

где I_o, I_n – токи прямой и обратной последовательности.

Когда токи в фазах при крайних значениях, напряжения в контактной сети отличаются более чем в два раза.

4 Снижение вращающего момента до 30% от номинального.

5 Значительное возрастание момента сопротивления компрессоров при низких температурах воздуха/

6 Увеличенная продолжительность пуска мотор-компрессоров (МК) из-за существенного уменьшения вращающего момента при понижении питающего напряжения.

При создании первых серийных электровозов переменного тока для привода вентиляторов и главных компрессоров были использованы электродвигатели специального назначения типа АП и АС. Электродвигатели типа АП и АС имели улучшенные пусковые и перегрузочные характеристики, и их использовали для привода главных компрессоров (типа АС) и вентиляторов (типа АП) электровозов ВЛ60, ВЛ60^К и ВЛ80^К. Высокая надёжность этих машин определялась запасом прочности, которая обеспечивалась конструкцией ротора. На электродвигателях: типа АП применяется ротор с двойной беличьей клеткой; на АС – ротор «глубокопазный». В статистике отказов по этим машинам, случаев по выплавлению стержней ротора нет.

Первой трехфазной асинхронной машиной, разработанной в тяговом исполнении, т.е. специально для привода главных компрессоров и вентиляторов электровозов ВЛ80, был электродвигатель типа АЭ-92-4О2. При разработке этого электродвигателя уч-

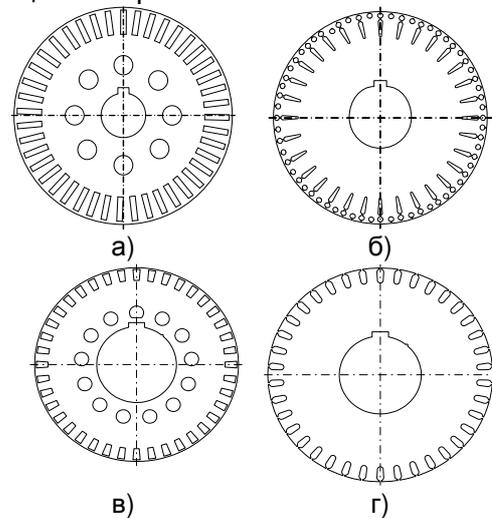


Рисунок 1 – Форма листов роторов двигателей: а) АС-82-4; б) АП-82-4; в) АЭ-92-4; г) АНЭ225 и НВА55

тены условия эксплуатации его на электроподвижном составе. Однако кратность пускового тока у электродвигателя типа АЭ увеличилась по сравнению с двигателями типа АС и АП с 5,5 до 7,6. Сделано это с целью улучшения пусковых характеристик двигателя (кратность пускового момента увеличилась с 1,8 до 4,0, кратность максимального момента увеличилась с 2,2 до 4,0). Конструкция ротора у этих электродвигателей, по сравнению с электродвигателями АП и АС, была значительно упрощена (рисунок 1). В статистике отказов по этим машинам, появилась графа по выплавлению стержней ротора. Хотя процент этих отказов по отношению к другим не превышал 5-7%.

В начале 80-х гг. прошлого столетия разработан и создан специально для эксплуатации в условиях электрической тяги трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа АНЭ225L4УХЛ2, с целью оснащения этим электродвигателем электровоза серии ВЛ85. При создании этой машины были резко повышены технические требования по сравнению с электродвигателями АЭ-92-4О2. В частности увеличен нижний предел допустимой температуры окружающего воздуха (с минус 50 °С до минус 60 °С), снижена мощность на единицу массы (стало 55 кВт/375 кг, было 40 кВт/400 кг). Снижение мощности на единицу массы было осуществлено в основном за счёт упрощения конструкции ротора электродвигателя типа АНЭ225, по сравнению с электродвигателем типа АЭ (устранение в двигателях АНЭ225 осевых вентиляционных каналов в листах ротора, ликвидация специального вентилятора для охлаждения АВМ, открытый паз обмотки ротора).

Рассмотрение статистических данных о надежности оборудования электровозов переменного тока ВСЖД за последние годы эксплуатации показывает, что на долю отказов асинхронных вспомогательных машин (АВМ) приходится от 16,5 до 21,3% повреждений. Установлено, что у электровозов ВЛ85, которые выполняют большую часть работы в грузовом движении, отказы АВМ распределились следующим образом. Наибольшую долю отказов (81,9%) составляют неисправности трехфазных асинхронных двигателей АНЭ225 привода компрессоров КТ6-Эл. Около 14,4% вызваны повреждениями АНЭ225 привода 1, 2 и 3-го вентиляторов. На двигатели 4, 5 вентиляторов и расщепители фаз (также АНЭ225) приходится соответственно 2,8% и 1,2% отказов. Из этих повреждений 66,7% приходится на обмотки статоров, 22,2% связаны с выплавлением или обрывом стержней роторов, 11,1% вызваны прочими причинами (в основном, подшипниковым узлом). Таким образом, отказы, связанные с выплавлением или обрывом стержней ротора на электродвигателе типа АНЭ225 составили более 20%.

В 2006-2007 гг. отмечен резкий рост количества случаев отказов АВМ типа НВА-55 (на наш взгляд, худший аналог электродвигателя типа АНЭ225) на электровозах ЭП1, ЭП1М, 2ЭС5К, 3ЭС5К. Особенно неудовлетворительное положение сложилось с отказами этих электродвигателей на электровозах 2ЭС5К, 3ЭС5К. В локомотивных депо Вихоревка и Смолениново за период 2006-2008 гг. заменено 98 электродвигателей НВА-55 или 14,2% от общего числа, что составляет 13,9 случаев на 1 млн. км пробега. Таким образом, показатель отказов электродвигателей НВА-55 на электровозах 2ЭС5К, 3ЭС5К в 21 раз превышает среднесетевой показатель отказов вспомогательных электродвигателей серийных электровозов. Все повреждения электродвигателей НВА-55 произошли на электровозах 2ЭС5К и 3ЭС5К в период гарантии.

Повреждения электродвигателей НВА-55 в этих депо по характеру отказа распределились следующим образом:

- выплавление ротора 86 случаев (87,7%);
- короткое замыкание обмотки статора..... 11 случаев (11,2%);
- шум подшипника 1 случай (1,02%).

Анализ механических характеристик асинхронных двигателей типа АНЭ225 и НВА55 приведенных на рисунке 2, показывает, что при снижении напряжения до 280 В и отсутствии симметрирующих устройств вращающий момент двигателя снижается почти в 4 раза. Надо также отметить, что проектирование асинхронных двигателей для привода вспомогательных машин с повышенными пусковыми и перегрузочными характеристиками без учета влияния токов прямой и обратной последовательности при несимметрии приложенных напряжений на параметры вторичной цепи весьма рискованно. Известно, что активное и индуктивное сопротивление ротора для токов прямой и обратной последовательности различны, так как частоты этих токов неодинаковы и влияние вытеснения тока будет сказываться в различной степени. В этой связи можно ожидать, что при значительной несимметрии приложенного напряжения степень влияния токов во вторичной цепи существенно выше, чем в первичной,

что приводит к расплавлению поверхностных слоев обмотки ротора вихревыми токами высокой частоты.

Ситуация по надёжности электродвигателей типа НВА55 представленная выше, в которой отказы по выплавлению ротора составляют около 90% обусловлена, на наш взгляд, социально-экономическими процессами произошедшими в стране за последние двадцать лет. Была уничтожена система организации управления качеством проектирования и производства в электровозостроении, которая на настоящий момент полностью не восстановлена. Тенденция по снижению конструкционной надёжности АВМ электровозов переменного тока была определена политикой энергосбережения в ущерб политики повышения надёжности.

С целью повышения конструкционной надёжности необходимо оснащать электровозы многоканальными системами мониторинга и управления качеством эксплуатации тяговых электрических машин, так как практика эксплуатации тяговых электрических машин показывает, что увеличение срока службы и повышение надёжности работы их даёт относительно больший экономический эффект, чем улучшение других технико-экономических показателей: КПД, коэффициента мощности, коэффициента использования и т.д. Так, например, для электродвигателя мощностью 55 кВт повышение КПД на 5% при его круглосуточной работе приводит к экономии средств на электроэнергию около 15 тыс. руб. в год. Выход такого электродвигателя из строя повлечет за собой расходы только на его замену около 75 тыс. руб., а затраты от нарушения технологического процесса перевозок могут многократно превышать его стоимость.

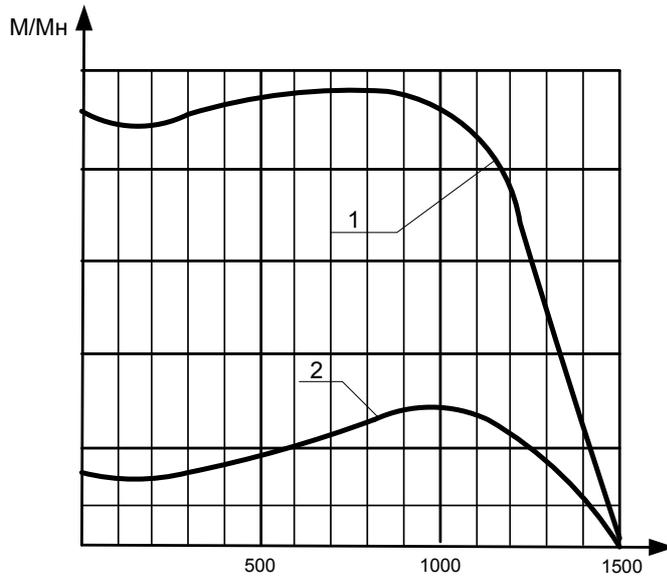


Рисунок 2 – Механические характеристики двигателя АНЭ225 при напряжении питания 380 В (1) и 280 В (2)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Смирнов, В.П.** Непрерывный контроль температуры предельно нагруженного оборудования электровоза: монография / В.П. Смирнов. -Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2003. - 328 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вспомогательные двигатели электровоза; надёжность асинхронных электрических машин
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Иванов Владимир Николаевич, аспирант ГОУ ВПО «ИрГУПС»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

**А.М. Худонов, Д.В. Коноваленко, Д.А. Оленцевич,
В.В. Сидоров, Е.М. Лыткина, Н.А. Иванова**

Предложена концепция снижения отказов и пожаров на локомотивах с учётом организации управления качеством эксплуатации их в зимних условиях на железных дорогах Сибири и Дальнего Востока.

Начиная с середины 90-х годов прошлого века на железных дорогах России и, особенно, на железных дорогах Восточной Сибири (три магистрали: Красноярская, Восточно-Сибирская и Забайкальская), идет вполне устойчивый рост числа отказов и пожаров на локомотивах, при том, что производство и поставка локомотивов за эти годы сильно сокраща-

лось.

Закономерность повышенных отказов и пожаров на локомотивах можно установить с учётом организации управления качеством эксплуатации их в зимних условиях на железных дорогах Восточной Сибири. Для того чтобы управлять, необходимо предвидеть. При управлении системой локомотивного хозяйства одними из инструментов предвидения для принятия решений по организации управления качеством эксплуатации является прогнозирование безопасности, и надёжности локомотивов во времени с учётом особенностей климата. В соответствии с ГОСТ 15150-69 электровоз и всё его оборудование изготавливаются в макроклиматическом исполнении У или УХЛ. Для исполнения У: предельное значение температуры окружающей среды вне кузова не выше +40 °С и не ниже -50 °С; высота над уровнем моря не более 1200 м; верхнее значение относительной влажности воздуха 90% при 20 °С. Для исполнения УХЛ: предельное значение температуры окружающей среды вне кузова не выше +40 °С и не ниже -60 °С; высота над уровнем моря не более 1400 м; верхнее значение относительной влажности воздуха 100% при 25 °С. Отечественные электровозы изготавливаются в основном в макроклиматическом исполнении У, без учёта особенностей микроклимата зон эксплуатации.

Системный анализ надёжности предельно нагруженного оборудования электровозов, эксплуатируемых на железных дорогах Восточной Сибири показал, что отказы очень существенно различаются по макроклиматическим зонам, которые можно условно разделить на следующие направления: «северное», «центральное» и «южное». Например, анализ по надёжности тяговых электрических машин (ТЭМ) электровозов железных дорог Восточной Сибири, проведенный нами за последние 10-15 лет, показал, что отказы увеличились в несколько раз. Исследования показали, что надёжность двигателей НБ-418К6 выше, чем НБ-514 почти в полтора раза. Отказы двигателей НБ-514 «северного направления» Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) Тайшет-Таксимо (депо Вихоревка – ТЧ9, депо Северобайкальск – ТЧ12) более чем в 2,5 раза превышает отказы двигателей этого же типа электровозов депо Нижнеудинск (ТЧ2), депо Иркутск-Сортировочный (ТЧ5) и Улан-Удэ (ТЧ7) «центрального направления». В настоящее время заканчиваются исследования по надёжности ТЭМ электровозов, эксплуатируемых на «южном направлении» Красноярской железной дороги (Абаканское отделение). Предварительные данные подтверждают существенные различия по отказам на разных направлениях, связанных не только с макроклиматическими зонами, но и с сезонностью.

По условиям эксплуатации электровозов районы Восточной Сибири относятся к девятой климатической зоне. Климатические условия Восточной Сибири в значительной мере определяются ее географическим положением внутри Азиатского материка. Большое влияние на климатические условия района оказывает формирующийся в зимнее время в центре Азии сибирский антициклон – область высокого давления, мощный отрог которого занимает всю Восточную Сибирь. В условиях устойчивого антициклонального типа погоды зима отличается малой облачностью и преобладанием штилей, что влечет за собой сильное выхолаживание. Ясная, суровая, малоснежная, устойчивая и продолжительная зима и довольно засушливое, короткое и жаркое лето – таковы основные черты климата Восточной Сибири. Морозы, например, в районе Верхоянска и Оймякона достигают -60...-70 °С. Это – самые низкие температуры воздуха, какие наблюдаются на земном шаре, поэтому район Верхоянска и Оймякона называют полюсом холода. Средние месячные температуры воздуха самого холодного месяца – января – колеблются от -25...-40 °С на юге района и до -48 °С в Верхоянске. Летом суточные температуры воздуха повышаются иногда до 30...40 °С. Средние месячные температуры самого теплого месяца – июля – в северной части района (в зоне тундры) около 10 °С, на юге, в верховьях Енисея (Минусинская котловина), до 21 °С. Переход температуры воздуха через 0 °С на крайнем севере наблюдается в середине июня, осенью – в середине сентября, а в южных частях района (Минусинская котловина) – в двадцатых числах апреля и в середине октября. Резко выделяется по своим климатическим условиям засушливая Минусинская котловина; климат ее приближается к климату степей Европейской части России.

Повторимся, для того чтобы управлять, необходимо предвидеть. Сегодня для реконструкции локомотивного хозяйства стране нужны огромные инвестиции – миллиарды долларов. Но внутри страны таких денег нет и, наверное, в ближайшее время не будет, если учесть, что ежегодное обновление основных фондов не превышает двух процентов. Рассчитывать на иностранные инвестиции, тоже не приходится, поскольку для иностранного ка-

питала привлекательными у нас являются сырьевые отрасли.

Учитывая возрастающие масштабы прямого ущерба от техногенных аварий, пожаров и катастроф, затрат на их ликвидацию и реабилитацию пострадавшего населения и территорий, можно сделать вывод о том, что в ближайшей перспективе по ряду показателей экономика страны будет не в состоянии восполнять потери от чрезвычайных ситуаций. В этом случае переход к устойчивому развитию становится нереальным без резкого повышения уровня и эффективности, предупредительных мер, уменьшающих их опасность, масштабы и последствия.

Сложившаяся ситуация потребовала принципиально нового подхода к решению проблемы безопасности и надёжности локомотивов, в основу которого должна быть положена идеология предотвращения возможных аварий и своевременного предупреждения людей о грозящем бедствии.

У локомотивщиков господствует концепция «надо ехать». Но она базируется на стратегии: «реагировать и исправлять» негативные изменения в процессе ведения поезда. На этой стратегии строилась система управления безопасностью и надёжностью электровоза, в основе которой лежала идея обеспечения «абсолютной» безопасности. Как показала практика по эксплуатации электровозов на участке Тайшет-Таксимо при температурах окружающего воздуха в январе месяце ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и наличии на этом участке Северомуйского железнодорожного тоннеля (температура внутри этого тоннеля $8...15\text{ }^{\circ}\text{C}$), такая политика оказалась несостоятельной. В период крещенских морозов 2008 года ($-55...-58\text{ }^{\circ}\text{C}$) произошло обледенение оборудования у шести электровозов, в результате чего электровозы остановились на длительное время, а локомотивные бригады и бригады по обслуживанию электровозов не смогли исправить ситуацию. С целью объективной оценки ситуации по надёжности электровозов в зимних условиях приводим выдержки из результатов анализов инженерно-техническим персоналом по трём отказам:

– 11 января 2008 года следуя с поездом №5751 весом 3177 т электровоз ВЛ80С №795/1684 приписного парка ТЧ-9 под управлением локомотивной бригады ТД Таксимо в составе машиниста Лагоша В.Ю., помощника машиниста Малышева В.Н. после проследования Северомуйского тоннеля на перегоне Итыкит-Ангаракан при наборе-сбросе позиций происходила рассинхронизация валов ЭКГ всех секций. После проследования нейтральной вставки по станции Кюхельбекерская произошло отключение главного выключателя (ГВ) всех секций. Включить ГВ оперативно машинист Лагоша В.Ю. не смог, так как ГВ встало на промежутке из-за замерзания конденсата. Сбор аварийной схемы включения ГВ средней секции результатов не дал. Машинист Лагоша В.Ю. включил ГВ на головной и задней секции вручную, продолжил движение.

– 12 января 2008 года по станции Вихоревка допущена задержка поезда №218, электровоз ВЛ65 №041, под управлением машиниста ТЧ-1 Трофимова А.Н. при следующих обстоятельствах. После проследования нейтральной вставки ст. Н-Чунка отключился ГВ, машинист включил его вручную. По станции Вихоревка бригада слесарей не смогла отладить главный выключатель, и поезд отправился далее. Причиной задержки поезда №218 послужила остановка поворотного ножа главного выключателя электровоза ВЛ65 №041 на промежутке из-за замерзания конденсата.

– 13 января 2008 года на перегоне Северомуйск-Ульги допущена задержка поезда №2806, вес 3778 т, электровоз ВЛ80тк №1305, машинист локомотивного депо Таксимо Николаенко А.А. при следующих обстоятельствах: после проследования нейтральной вставки ст. Северомуйск отказала первая секция, не включались МК и МВ-1,2, ГВ второй секции встал на дутье. Машинист в 0 ч 53 мин. остановил поезд №2806 на 1411 км 1 пк., включил на пульте второй секции вспомогательные машины и компрессор – тяга на второй секции собралась. Николаенко А.А. откачал поезд, в 1 ч 12 мин. отправился далее и до станции Таксимо следовал на одной секции. При следовании по участку Новый Уоян-Таксимо температура окружающей среды составляла $-52...-56\text{ }^{\circ}\text{C}$. Причиной задержки поезда №2806 явилось замерзание поворотного механизма ГВ второй секции из-за низкой температуры окружающей среды составляющей $-52...-56\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В вышеприведенных примерах анализируются режимы работы электровозов, у которых всё электрооборудование было изготовлено в климатическом исполнении У. Повторимся, для исполнения У предельное значение температуры окружающей среды вне кузова не выше $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Налицо не соответствие климатического исполнения электровозов заводами-изготовителями фактическим условиям эксплуатации их зимой.

Выходом из сложившейся ситуации должна быть стратегия: «предвидеть и упреждать». Такая стратегия реализуется путем перехода от концепции «абсолютной» безопасности или «нулевого» риска к принципу «приемлемого» риска.

Управление риском в первую очередь должно реализовать процесс оптимального перераспределения затрат на снижение различных видов риска в условиях ограниченности экономических ресурсов, обеспечивающий достижение такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только достижим в существующих экономических и социальных условиях общества. Поэтому целью государственной политики должно стать обеспечение гарантированного уровня безопасности личности, общества и окружающей среды в пределах показателей приемлемого риска, нормативы которых устанавливаются для соответствующего периода социально-экономического развития страны с учетом мирового опыта и климата.

С целью решения данной проблемы коллективами учёных ОмГУПС и ИрГУПС предложен комплекс мероприятий по повышению надёжности электровозов с учётом особенностей климата и режимов работы. Предложена бортовая система многоканального мониторинга и управления качеством эксплуатации тяговой электрической машиной (СМУКЭТЭМ). Система позволяет реализовать адаптивный метод управления температурно-влажностными режимами в зависимости от микроклиматических условий эксплуатации электровоза и режимов его нагрузки. Наиболее высокая эффективность этой системы будет достигаться при эксплуатации электровозов зимой. Как показывает анализ, наибольшее число выходов из строя электрических машин тягового подвижного состава ВСЖД приходится на долю по пробоям изоляции. Во многом это определяется сложными условиями эксплуатации машин: перегрузками, коммутационными перенапряжениями, переувлажнением и т.д. Кроме того, наибольшее число выходов из строя ТЭМ из-за пробоя изоляции наблюдается в осенне-зимне-весенний период времени года, когда сильно возрастает вероятность увлажнения обмоток из-за попадания влаги в ТЭМ. Отсюда можно сделать вывод, что имеет место несоответствие применяемых электроизоляционных материалов и пропиточных составов, конструкции ряда узлов повышенным требованиям условий эксплуатации электрических машин с учётом особенностей климата, а также не совершенной системой технического содержания изоляции обмоток тяговых электрических машин из-за отсутствия современных средств диагностики и средств по нормализации изоляции. Пригодность корпусной изоляции обмоток якоря ТЭМ к дальнейшей эксплуатации определяется с помощью мегомметра по величине сопротивления изоляции. Однако измерение сопротивления изоляции позволяет выявить лишь грубые дефекты в обмотке ТЭМ. Нами предлагается комплекс средств неразрушающего контроля и технического диагностирования на основе компьютерных технологий, который должен обеспечивать проверку технического состояния изоляции обмоток ТЭМ на всех уровнях эксплуатации и ремонта. Для нормализации изоляции обмоток ТЭМ по степени увлажнения предложены новые принципы, методы, способы и средства энергоподвода в процессах удаления влаги из обмоток электрических машин тягового подвижного состава. При проектировании электровозов нового поколения, которые будут эксплуатироваться в условиях низких температур окружающей среды необходимо предусмотреть системы электронагрева узлов и аппаратов на основе резистивных композиционных материалов [1].

Внедрение этого комплекса позволит в 2-3 раза повысить безопасность и надёжность электровозов. В перспективе с целью эффективного управления локомотивным хозяйством необходимо переработать режимные карты вождения поездов с учётом особенностей климата. В идеале желательно режимы вождения поездов согласовать с моделями прогнозируемых основных метеофакторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горелов, С.В. Применение композиционных нагревателей в системах местного обогрева / С.В. Горелов // Низкотемпературные нагреватели из композиционных материалов в промышленности и быту / В.П. Горелов. -М., 1995. -С. 166-209.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эксплуатация электровозов; снижение отказов

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Худоголов Анатолий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «ИрГУПС»
Коноваленко Даниил Викторович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ИрГУПС»
Оленцевич Дмитрий Андреевич, аспирант ГОУ ВПО «ИрГУПС»
Сидоров Василий Владимирович, аспирант ГОУ ВПО «ИрГУПС»
Лыткина Екатерина Михайловна, инженер ГОУ ВПО «ИрГУПС»
Иванова Н.А., ГОУ ВПО «ИрГУПС»

ДИНАМИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ РАВНОМЕРНОЙ СТРАТЕГИИ ВНЕДРЕНИЯ

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Ю.А. Меновщиков, З.Н. Кеворкянц

Предложено использование возобновляемой энергии для энергоснабжения потребителей, заключающееся в использовании солнечных коллекторов.

Использование возобновляемых видов энергии, в последнее время, приобретает массовый характер. Поэтому, первостепенное значение имеет вопрос эффективности этих мероприятий. В настоящее время оценка эффективности технических устройств, улавливающих и преобразующих возобновляемую энергию, производится по экономическим показателям, чаще всего по количеству выработанной энергии. При этом не учитываются затраты энергии на производство, монтаж и эксплуатацию самих устройств. А без учета этих затрат оценка эффективности становится не полной.

Использование возобновляемой энергии для энергоснабжения потребителя заключается в замене схемы «а» на схему «б» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема энергоснабжения потребителя: а) традиционная; б) с использованием возобновляемой энергии

В первом варианте, потребитель получает энергию от источника традиционной энергии. Во втором варианте, традиционная энергия направляется на изготовление устройства возобновляемой энергии, которое, улавливая эту энергию, направляет ее потребителю. Эта схема будет эффективной при условии, что количество возобновляемой энергии, полученной за срок службы устройства $Q_{\text{воз}}$, будет больше энергии, затраченной на изготовление, монтаж и эксплуатацию устройства $Q_{\text{зат}}$, т.е.

$$Q_{\text{зат}} < Q_{\text{воз}}.$$

Оценить это можно коэффициентом эффективности использования

$$K_{\text{эф}} = \frac{Q_{\text{воз}}}{Q_{\text{зат}}},$$

где $Q_{\text{зат}}$ – можно рассматривать как энергетический кредит, который должен быть не только возвращён, но и превышен, так как предполагается, что общее количество энергии в системе при использовании возобновляемых источников должно возрасти.

Анализируя выше сказанное, можно заключить следующее:

– при $K_{\text{эф}} < 1$ – устройство за срок службы не отрабатывает энергетического кредита, т.е.

использование таких устройств энергетически неэффективно;

– при $K_{\text{эф}} = 1$ – устройство вырабатывает энергетический кредит, но не увеличивает общую выработку энергии в системе, поэтому использование таких устройств энергетически не целесообразно, так как для изготовления нового устройства требуется новый энергетический кредит;

– $K_{\text{эф}} > 1$ – устройство отрабатывает энергетический кредит и даёт некоторое увеличение общей выработки энергии. Но, чтобы сделать заключение о целесообразности внедрения таких устройств, требуются дополнительные исследования.

Условимся, что внедрения устройств осуществляются равными партиями ежегодно. В пределе – по экземпляру в год.

Затраты на изготовление устройств отнесем к самим себе и примем их равными

$$\frac{Q_{зам.}}{Q_{зам.}} = -1,$$

знак минус означает, что на данном этапе идут затраты энергии.

Обозначим через m , время, за которое устройство обрабатывает энергетический кредит, и условимся, что m принимает только целочисленные значения

$$m = 1, 2, 3, \dots, n, \text{ лет,}$$

где n – срок службы устройства, лет.

При $m = n$, $K_{эф} = 1$, т.е. имеет место предельный случай энергетической эффективности устройства.

Годовая выработка энергии устройством с учетом энергетического кредита в течение срока службы можно выразить последовательностью $[a_i]_1^n$, которая представляет собой арифметическую прогрессию первого порядка:

$$a_i = a_1 + (i-1)d, \tag{1}$$

где $a_1 = -1$ – энергетический кредит;

$d = m^{-1}$ – разность прогрессии, т.е.

$$a_i = -1 + (i-1)\frac{1}{m} \text{ при } i = 1, 2, 3, \dots, n. \tag{2}$$

Поскольку устройства внедряются ежегодно равными партиями, то выработка энергии ими будет также выражаться прогрессией (1), только сдвинутой по времени на год от предыдущей. Этот процесс представлен в таблице.

Таблица – Динамика выработки энергии в процессе внедрения

Год выработки \ i	1	2	3	4	...	n
1-й	a_1	a_2	a_3	a_4	...	a_n
2-й		a_1	a_2	a_3	...	a_{n-1}
3-й			a_1	a_2	...	a_{n-2}
4-й				a_1	...	a_{n-3}
...
n-й	a_{n-m}

Годовая выработка энергии всеми внедренными устройствами равна сумме членов прогрессии по вертикали таблицы, т.е. представляет собой последовательность, членами которой являются последовательные суммы членов прогрессии (1)

$$\left[\sum_{i=1}^n a_i \right]_1^n = \left[n \cdot a_1 + (n-1)\frac{nd}{2} \right]_1^n. \tag{3}$$

Учитывая (2) получим

$$\sum_{i=1}^n a_i = -n + (n-1)\frac{n}{2m}. \tag{4}$$

Результаты расчетов по формуле (4), представленные на рисунке 2, показывают, что при равномерном по годам внедрении, время отработки энергетического кредита удваивается по сравнению с внедрением единичных устройств. В дальнейшем необходимо рассмотреть другие стратегии внедрения.

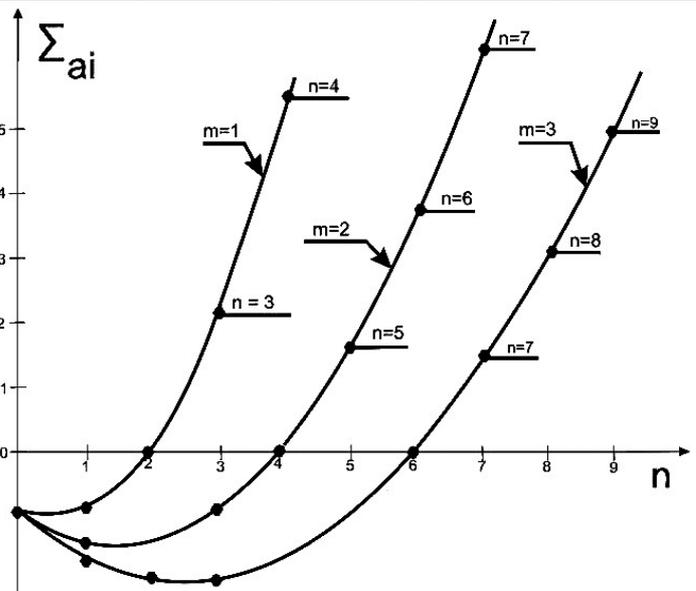


Рисунок 2 – Динамика выработки возобновляемой энергии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бронштейн, И.Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев/ -М.: Наука, 1986. -248 с.

2 **Тайсаева, В.Т.** Использование солнечной энергии для горячего водоснабжения на молочных фермах Новосибирской области / В.Т. Тайсаева // Применение нетрадиционных и специальных видов энергии в сельском хозяйстве: науч. техн. бюл. / ВАСХНИЛ, Сиб. отделение, СибИМЭ, -Новосибирск, 1989. -Вып.5. -С. 48.

3 **Энергоснабжение стационарных и мобильных объектов:** учеб. пособие. В 3 ч. Ч.1 / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Н.В. Цугленка. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2006. -243 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: возобновляемая энергия; солнечные коллекторы

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Меновищikov Юрий Александрович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «НГАУ»
Кеворкянц Зинаида Николаевна, старший преподаватель ГОУ ВПО «НГАУ»

ВЛИЯНИЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

А.А. Шпиганович, С.В. Довженко

Рассмотрены основные зависимости, характеризующие эффективность функционирования систем электроснабжения со структурным и временным резервированием. Предложена методика оценки безотказности систем с избыточностью, учитывающая автоматический и ручной переход на резервное оборудование.

Для повышения эффективности в системах электроснабжения и технологических процессах могут быть использованы две группы мероприятий: постоянно действующие (использование избыточности, выбор оптимальной структуры системы электроснабжения) и оперативные (замена вышедшего из строя оборудования).

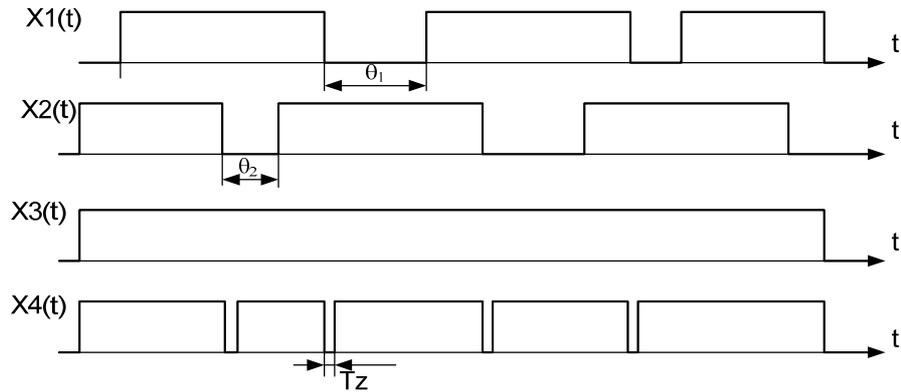


Рисунок 1 – Поток функционирования элементов со структурным резервированием

На рисунке 1 представлены потоки функционирования двух элементов, подвергающихся взаимному структурному резервированию. В случае, если система с резервом обладает идеальными характеристиками: бесконечно малым временем перехода на резерв и абсолютно надежным оборудованием, осуществляющим переключения, то суммарный поток функционирования системы может быть представлен потоком $X_3(t)$. В действительности же включение резерва всегда осуществляется с некоторой временной задержкой T_z (поток $X_4(t)$, рисунок 1).

$$T_{za} = t_{ABP}; \quad (1)$$

$$T_{zr} = t_{обн} + t_{пер}, \quad (2)$$

где T_{za} , T_{zr} – временная задержка перехода на резерв в автоматическом и ручном режиме;

t_{ABP} – время срабатывания автоматической системы перехода на резерв;

$t_{обн}$ – время обнаружения неисправности;

$t_{пер}$ – время осуществления ручных переключений при переходе на резерв.

В расчетах безотказности реально существующих электрических и технологических систем временем T_z можно пренебречь в том случае, если выполняется условие

$$T_z \ll t_1, \quad (3)$$

где t_1 – максимальное значение времени простоя оборудования, при котором не будет нарушен технологический процесс.

С учетом (3) рассчитываются параметры безотказности системы, состоящей из двух параллельно работающих ветвей. В данном случае соотношение, характеризующее вероятность для полной группы событий, будет:

$$P_{22} + P_{21}' + P_{21}'' + P_{20} = 1. \quad (4)$$

Представляя выражение (4) через вероятности, отображающие рабочие и отказавшие состояния параллельных ветвей, получим

$$P_1 P_2 + P_1 \bar{P}_2 + \bar{P}_1 P_2 + \bar{P}_1 \bar{P}_2 = 1, \quad (5)$$

где P_1, P_2 – вероятности рабочих состояний действующей и резервирующей ветвей;

\bar{P}_1, \bar{P}_2 – состояний отказа рассматриваемых ветвей.

Отказ системы при структурном резервировании произойдет только в том случае, когда в состоянии отказа будут находиться как минимум по одному элементу в каждой ветви. Поэтому

$$\bar{P}_c = P_{20} = \bar{P}_1 \bar{P}_2; \quad (6)$$

Рабочее состояние системы, учитывая наличие резерва, будет

$$P_c = 1 - \bar{P}_1 \bar{P}_2. \quad (7)$$

Время нахождения системы в состоянии отказа определяется согласно следующему выражению

$$\bar{\theta} = \tau_{20} = \frac{\bar{\theta}_1 \bar{\theta}_2}{\bar{\theta}_1 + \bar{\theta}_2}, \quad (8)$$

где $\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$ – продолжительность отказов основной и резервной ветвей.

Зная вероятность отказов и их среднюю длительность в соответствии с (7)-(8) частота следования отказов определяется как

$$\bar{\mu}_c = \frac{\bar{P}_c}{\bar{\theta}}. \quad (9)$$

При переходе на резервное оборудование обычно требуется совершение ряда действий: обнаружение неисправности, отключение отказавшего оборудования от системы, подключение оборудования.

Наличие в системе элементов, подвергающихся структурному резервированию, не оказывает влияния на частоту следования пауз суммарного потока [2]. В случае применения ненагруженного резерва частота отказов определяется только параметрами безотказности резервируемого оборудования как

$$\bar{\mu}_c = \frac{P}{\bar{\tau}} = \frac{\bar{P}}{\bar{\theta}}, \quad (10)$$

где P, \bar{P} – вероятности неповреждаемости и отказа резервируемого оборудования;

$\bar{\tau}$ – наработка на отказ резервируемого оборудования;

$\bar{\theta}$ – среднее время перехода на резерв.

В случае применения нагруженного резерва, каким являются, например, параллельно работающие силовые трансформаторы, электрические кабели, частота отказов будет больше чем частота отказов каждой параллельно работающей ветви.

$$\bar{\mu}_H = \bar{\mu}_H' + \bar{\mu}_H'' = \frac{P_{21}'}{\bar{\tau}_{21}} + \frac{P_{21}''}{\bar{\tau}_{21}}. \quad (11)$$

Наличие устройств автоматического перехода на резервное оборудование позволяет осуществлять включение резерва за предельно малое время. Можно утверждать, что время восстановления отказа оборудования с резервом θ значительно больше времени перехода на резерв θ_p . Поэтому длительность паузы суммарного потока в данном случае равна времени перехода на резерв.

$$\bar{\theta}_\Sigma = \bar{\theta}_p. \quad (12)$$

Временное резервирование применяется наряду со структурным в основном в технологической цепочке. Наличие элементов с временным резервированием снижает корреляцию между отказами электрического оборудования и прекращением выпуска продукции предприятием.

Оценку влияния временного резервирования на эффективность технологического процесса целесообразно проводить путем сравнения параметров потоков продукции с системе с накопителями и без них. Наличие накопителя как технологического звена позволяет поддерживать постоянство интенсивности выходного потока при прерывистости входного на время, необходимое для выведения груза из накопителя δ . При вероятности появления импульсов выходного грузопотока $P_{\text{вых}}$ и средней интенсивности груза в импульсах \bar{q}_B время заполнения накопителя V

$$\delta = \frac{V}{P_{\text{вых}} \bar{q}_B} \quad (13)$$

Наличие накопителей уменьшает время простоя технологических машин, которое определяется зависимостью

$$\bar{\theta}(\delta) = \frac{\int_{\bar{\theta}'}^{\infty} (\theta - \delta) \beta(\theta) d\theta}{\int_{\bar{\theta}'}^{\infty} \beta(\theta) d\theta}, \quad (14)$$

где $\beta(\theta)$ – плотность распределения вероятности пауз потока в системе без временного резервирования.

Временное резервирование изменяет частоту пауз потоков за счет исключения из суммарного потока пауз длительностью $\bar{\theta} < \delta$. Частота остановок технологических машин уменьшится на

$$\Delta \bar{\mu}(\delta) = \bar{\mu} \int_{\delta}^{\infty} \beta(\theta) d\theta, \quad (15)$$

где $\bar{\mu}, \beta(\theta)$ – частота и плотность вероятности распределения пауз потока, соответствующих времени восстановления электрооборудования системы, находящейся после накопителя.

С учетом (15) построены зависимости $\bar{\mu}(\delta)$ для различных законов распределения, которые приведены на рисунке 2.

Остановки машин вызываются отказами электрооборудования только длительностью $\theta_s > \delta^*$, появление которых характеризуется вероятностью

$$\bar{P}(\delta^*) = \bar{\theta}(\delta^*) \bar{\mu}(\delta^*). \quad (16)$$

Соответственно вероятность безотказной работы

$$P(\delta^*) = 1 - \bar{P}(\delta^*) \bar{\mu}(\delta^*). \quad (17)$$

При этом математическое ожидание длительности рабочих состояний системы

$$\bar{\tau}(\delta^*) = \frac{P(\delta^*)}{\bar{\mu}(\delta^*)} = P(\delta^*) \cdot \bar{\mu}(\delta^*)^{-1}.$$

Когда одновременно предлагается использовать структурное и временное резервирование, то для оценки эффективности функционирования системы электроснабжения согласно предложенному подходу определяют параметры функционирования электрической системы с учетом временного резервирования. Затем по найденным параметрам осуществля-

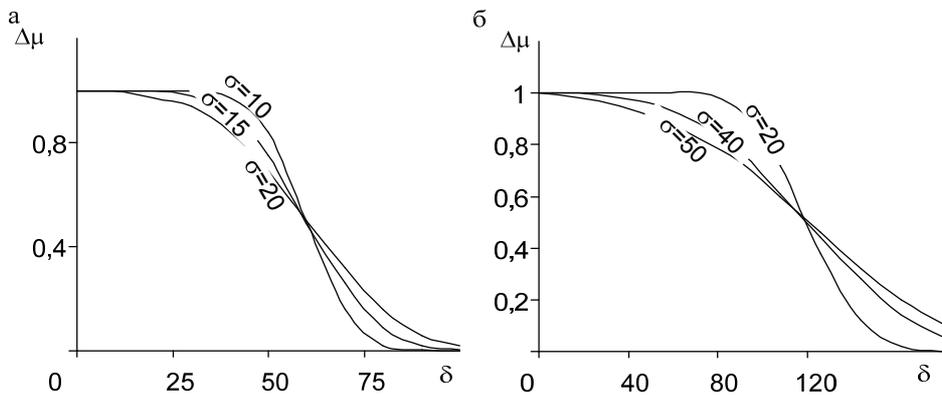


Рисунок 2 – Зависимость изменения частоты пауз потока от времени заполнения накопителя при нормальном законе распределения отказов: а) $m = 60$; б) $m = 120$

ется оценка повышения эффективности функционирования системы от структурного резервирования. При этом необходимо отметить, что предлагаемый подход не требует значительных затрат и времени, что позволяет предлагать его в виде инженерного расчета по оценке эффективности использования структурного и временного резервирования в системах электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шпиганович, А.Н. Случайные импульсные потоки / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. -Елец-Липецк, 2004. -292 с.

2 Пашков, В.Н. Обеспечение безотказности функционирования системы электроснабжения с негативными возмущающими факторами / В.Н. Пашков // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Электроэнергетика, энергоэффективные технологии». Ч.1 / ЛГТУ. -Липецк, 2004. -С. 194-198.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективность систем электроснабжения; безотказность систем

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шпиганович Алла Александровна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»
Довженко Сергей Викторович, аспирант ГОУ ВПО «ЛГТУ»

ЭКОНОМИКА ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ ОАО «ФСК ЕЭС»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.В. Дёмин, А.И. Мозилов

Показано, что наибольший технический эффект и существенное сокращение инвестиционных затрат могут быть получены только при проведении комплексной автоматизации подстанций, включающей создание или модернизацию АСУ ТП, систем мониторинга и управления оборудованием.

Важнейшим общим принципом и обязательной составляющей всех технико-экономических расчетов в электроэнергетике должен стать учет возможных последствий от катастрофических, каскадно-развивающихся системных аварий, которые, как правило, приводят к экологическим последствиям, остановке производств непрерывного действия, отключению потребителей в крупных городах и т.д. Примером могут служить известные системные аварии в США, Италии, Испании, и т.д.

При проведении технико-экономических расчетов с целью обоснования целесообразности или нецелесообразности, внедрения автоматизированных систем мониторинга и диагностики состояния оборудования необходимо учитывать ряд общих, принципиально важных, условий, которые приведены ниже:

1 Для получения наибольшего технического эффекта и значительного сокращения инвестиционных затрат, автоматизация подстанций должна проводиться комплексно и включать одновременное проведение работ по созданию или модернизации АСУ ТП, систем мониторинга и управления оборудованием. При этом исключается удвоение расходов на дорогостоящее оборудование, каналобразующую аппаратуру, программные средства архивирования, визуализации и документирования. Программно-технические средства и нормализации входных сигналов, микропроцессорная часть и средства связи с АСУ ТП также могут быть объединены в один программно-технический комплекс (ПТК).

2 Внедрение автоматизированных систем мониторинга для раннего предупреждения о возникновении в оборудовании дефектов экономически наиболее эффективно на системобразующих подстанциях, выход из строя которых может инициировать развитие каскадных аварий.

3 Для разработки долгосрочной программы оснащения основного оборудования подстанций ОАО «ФСК ЕЭС» автоматизированными системами мониторинга и управления, технико-экономические обоснования (ТЭО), в первую очередь, целесообразно выполнить для электротехнического оборудования со сроком службы до 25 лет. Более старые объекты, которые не планируются под реконструкцию, вероятно, не будут оснащаться автоматизиро-

ванными системами мониторинга и диагностики электротехнического оборудования.

4 ТЭО оснащения конкретных видов силовых трансформаторов, воздушных и масляных выключателей, а также другого оборудования подстанций автоматизированными системами мониторинга, диагностики и управления должны выполняться в рамках определения объемов планируемых капитальных ремонтов данного оборудования.

5 ТЭО оснащения системами мониторинга трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, разъединителей, ограничителей перенапряжений, конденсаторов связи и т.д. могут выполняться в процессе разработки мероприятий по повышению надежности указанного оборудования и подстанции в целом.

Основу технико-экономических обоснований оснащения оборудования автоматизированными системами мониторинга, диагностики и управления, должны, как правило, составлять приведенные ниже показатели.

В расходной части:

- затраты на проведение НИОКР;
- стоимость проектных работ по оснащению оборудования автоматизированными системами мониторинга и диагностики;
- стоимость финансовых затрат на разработку и закупку существующих технических и программных средств автоматизированных систем мониторинга и диагностики;
- затраты на проведение монтажных и пусконаладочных работ;
- затраты на разработку новых нормативно-методических документов;
- затраты на оснащение предприятий МЭС современными средствами технической диагностики для метрологического контроля работы автоматизированных систем мониторинга;
- затраты на переподготовку обслуживающего персонала;
- стоимость эксплуатации технических средств автоматизированных систем мониторинга и диагностики.

Составляющие ожидаемого экономического эффекта:

- повышение надежности работы оборудования и уменьшение объема штрафных санкций от прекращения или ограничения энергоснабжения потребителей;
- экономия затрат вследствие отказа от проведения ряда периодических испытаний и измерений в соответствии с принятой в настоящее время системой контроля состояния электрооборудования;
- экономия затрат за счет проведения ремонтов только по техническому состоянию оборудования (вместо плановых ремонтно-профилактических работ);
- повышение эффективности инвестиционных вложений за счет обоснованного продления срока службы оборудования подстанций и линий электропередач;
- сокращение персонала, выполняющего на местах испытания и измерения;
- экономия от сохранения рабочих режимов энергосистемы и отказа от перевода системы в ремонтный режим на период проведения испытаний и измерений на оборудовании в соответствии с требованиями существующей нормативно-технической документации;
- экономия в результате организации электронной системы учета и архивации документации;
- продление срока службы оборудования за счет оптимизации нагрузок;
- сокращение расходов на страхование оборудования, оснащенного системами мониторинга.

Страховые компании считают возможным снижение на 1% суммы страховых платежей для оборудования, оснащенного системами диагностики состояния и защитами;

Окончательная оценка затрат на поэтапное совершенствование системы диагностики возможна после утверждения Программ совершенствования системы диагностики электротехнического оборудования подстанций и линий электропередачи электрических сетей ОАО «ФСК ЕЭС».

Тем не менее, уже в процессе разработки «Программы ...» может быть дана достаточно полная оценка расходов на совершенствование системы диагностики.

Данные по приведенным выше статьям расходов и использованные источники информации представлены в таблице 1 (на одну ПС).

Стоимость технических и программных средств автоматизированных систем мониторинга зависит от класса напряжения, мощности, конструктивного исполнения аппарата и выбранного набора контролируемых параметров. Например, для трехфазной трансформаторной группы в трехбаковом исполнении стоимость системы мониторинга и диагностики на

700 тыс. руб. выше, чем для аналогичного однобакового трансформатора.

Анализ собранных материалов показал, что существенное снижение суммарных затрат на автоматизацию оборудования подстанций может быть получено только при выполнении следующих условий:

- системы управления и автоматизированного мониторинга должны создаваться для каждого аппарата как единый программно-технический комплекс;
- внедрение на подстанциях АСУ ТП и систем автоматизированного контроля состояния и управления необходимо проводить одновременно, что исключит удвоение расходов на дорогостоящее оборудование, каналобразующую аппаратуру, программные средства архивирования, визуализации и документирования.

Стоимость лицензированных SCADA систем составляет 450-600 тыс. руб. на одну инсталляцию. При проведении комплексной автоматизации подстанций экономия в масштабах ОАО «ФСК ЕЭС» составит не менее 60-75 млн. руб.

Программно-технические средства и нормализации входных сигналов, микропроцессорная часть и средства связи с АСУ ТП также могут быть объединены в один программно-технический комплекс (ПТК), что обеспечит общее снижение затрат на автоматизацию каждого из управляемых аппаратов (трансформаторы, коммутационное оборудование, регулируемые источники реактивной мощности) минимум на 30%.

Таким образом, может быть сделан следующий концептуальный вывод:

Наибольший технический эффект и существенное сокращение инвестиционных затрат могут быть получены только при проведении комплексной автоматизации подстанций, включающей создание или модернизацию АСУ ТП, систем мониторинга и управления оборудованием.

Таблица 1 – Экономический эффект, млн. руб.

Источник экономического эффекта	Сумма	Примечание
1 НИОКР (в т. ч. разработка новых нормативно-методических документов)	116	
2 Технические и программные средства автоматизированных систем мониторинга и диагностики	2195-3021	
3 Проектно-сметная документация	300-360	Экспертная оценка (ОАО «Энергосетьпроект», ГУП ОДП)
4 Монтажные и пусконаладочные работы	1079-1525	Экспертная оценка (0,65 от стоимости строки 2)
5 Лабораторное оборудование и приборы (1-й этап)	107	
6 Переподготовка кадров	10	Экспертная оценка
Итого	3807-5139	

В таблице 2 приведены ориентировочные данные по стоимости отечественных ПС автоматизированных систем мониторинга. При использовании систем зарубежных производителей (ABB, Alstom, General Electric, Siemens, Sterling Group и др.), затраты возрастут для разных видов оборудования от двух до трех раз. Кроме того, следует иметь в виду, что зарубежные производители систем мониторинга не предлагают комплексного решения проблем автоматизации оборудования, о которых говорилось выше.

Таблица 2 – Стоимость отечественных ПС автоматизированных систем мониторинга

Тип оборудования	Кол-во	Цена за ед., тыс. руб.	Стоимость млн. руб.
Трансформаторы	800	800-1500	640-1200
Реакторы	274	600-800	165-220
Выключатели (воздушные, масляные и элегазовые)	2137	600 (на группу из 6 выключателей)	214
Разъединители	8034	400 (на группу из 6 разъединителей)	536
Трансформаторы тока и напряжения	более 12500	150-200 (на группу из 3 трансформаторов)	625-833
Регулируемые источники реактивной мощности (СК и СТК)	около 20	750-900	15-18
ИТОГО			2195-3021

Оценка суммарного экономического эффекта, ожидаемого в результате реализации

технических и организационных мероприятий по совершенствованию системы диагностики, является ориентировочной из-за отсутствия фактических данных о применяемых в ОАО «ФСК ЕЭС» методах расчета страховых платежей и штрафных санкциях. Тем не менее, отдельные составляющие ожидаемого экономического эффекта от совершенствования системы диагностики могут быть оценены.

Эксплуатационные затраты (техническое обслуживание, контрольные измерения и профилактические ремонты) за весь срок службы оборудования подстанций (25-40 лет) в соответствии с существующими нормативами по объемам и периодичности обслуживания составляют заметную часть общих расходов на производственную деятельность.

Так суммарные затраты на техническое обслуживание выключателей за срок службы 30 лет составляют 150% их стоимости. При переходе на современные методы диагностики, прежде всего за счет оснащения выключателей автоматизированными системами мониторинга, затраты могут быть снижены более, чем в два раза. Общее количество выключателей ОАО «ФСК ЕЭС» составляет 2137 комплектов. Цены выключателей (масляных, воздушных и элегазовых), установленных на подстанциях, колеблются в пределах от 600 тыс. руб. до 3 млн. руб. за комплект. Для экспертной оценки экономического эффекта принимаем их общую стоимость, определенную по минимальной цене, равной 1282,2 млн. руб. Из приведенных данных следует, что внедрение систем мониторинга выключателей обеспечивает экономии эксплуатационных расходов при самых пессимистических расчетах 1 млрд. руб.

Суммарная мощность маслонаполненного трансформаторного оборудования, установленного на подстанциях ОАО «ФСК ЕЭС» (трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы), составляет, примерно, 151700 МВА. При нижней ценовой границе 8000\$/МВА стоимость трансформаторного оборудования составляет 36,5 млрд. руб. Стоимость диагностических операций, профилактических обследований и испытаний трансформаторного оборудования по существующим нормам за 25 лет эксплуатации составляет по экспертным оценкам примерно 10% стоимости оборудования (3,650 млрд. руб.). Из отечественных и зарубежных публикаций следует, что при внедрении средств автоматизированного контроля трансформаторного оборудования можно отказаться от 70 до 80% ручных диагностических операций. Таким образом, внедрение систем мониторинга трансформаторного оборудования обеспечит экономию эксплуатационных расходов минимум на 2,555 млрд. руб. Для измерительных трансформаторов (ТТ и ТН) расходы на диагностические операции, профилактические обследования и испытания по существующим нормам за 25 лет эксплуатации составляют по экспертным оценкам 5% стоимости оборудования. При существующих ценах на измерительные трансформаторы от 150 тыс. руб. до 1,2 млн. руб. в зависимости от класса напряжения и функционального назначения стоимость 12500 ТТ и ТН, установленных на подстанциях ОАО «ФСК ЕЭС», составляет при оценке по нижней ценовой границе 3,75 млрд. руб. Тогда сокращение затрат на диагностику ТТ и ТН, оцененное по изложенной выше методике, составит 131,25 млн. руб. Суммарная экономия затрат на проведение плановых диагностических и ремонтно-профилактических работ наверняка окажется больше по двум причинам: во-первых выбран сценарий расчета, а во-вторых расчет произведен не по всем видам оборудования из-за отсутствия исходных данных. Таким образом суммарная экономия эксплуатационных расходов за 25 лет составит минимум 3,69 млрд. руб. Удельная экономия (за один год) равна соответственно 147,5 млн. руб.

По данным ОАО «ФСК ЕЭС» за последние три года прямые потери от недоотпуска электроэнергии составляют ничтожную часть в бюджете компании и не превышают 300 тыс. руб. в год. Настораживающей при этом является тенденция двукратного увеличения потерь от недоотпуска электроэнергии каждый последующий год. Учитывая, что доля потерь, вызванная отказами оборудования подстанций и линий электропередач, составляет примерно 70%, а замена морально и физически изношенного оборудования в ОАО «ФСК ЕЭС» осуществляется темпами, существенно отстающими от темпов старения оборудования, следует ожидать дальнейшего увеличения этих потерь.

Внедрение эффективной системы диагностики состояния электрооборудования подстанций и линий электропередачи обеспечит повышение надежности, продление срока службы эксплуатируемого электрооборудования и, как следствие, сокращение прямых потерь от недоотпуска электроэнергии минимум в 2 раза (таблица 3).

Анализ мировой практики взаимоотношений потребителей и продавцов электроэнергии позволяет сделать вывод, что наибольший экономический эффект от совершенствования системы диагностики, позволяющей резко сократить число аварийных отключений, может

быть достигнут за счет уменьшения сумм штрафов от прекращения или ограничения энергоснабжения потребителей. Из данных английских, американских, австрийских литературных источников и материалов СИГРЭ следует, что суммы штрафов, уплаченных продавцами электроэнергии компаниям, производящим бумагу, интегральные микросхемы, химические вещества и металлургическим предприятиям превышают стоимость недоотпущенной электроэнергии в 400-500 раз.

Таблица 3 – Годовой экономический эффект от внедрения, млн. руб. в год

Статья расходов	Сумма	Примечание
Экономия затрат на проведение плановых диагностических и ремонтно-профилактических работ	147,45	Экспертная оценка
Сокращение прямых потерь от недоотпуска электроэнергии, вызванного отказами оборудования	150	По данным ОАО «ФСК ЕЭС»
Уменьшение сумм штрафов от прекращения или ограничения энергоснабжения потребителей	60-75	Экспертная оценка по данным ОАО «ФСК ЕЭС» и материалам МЭК
Сокращение расходов на страхование оборудования	365	Экспертная оценка по международным источникам
ИТОГО	572,6	

При оценке экономического эффекта от внедрения необходимо учитывать мировой опыт учета страховых рисков при страховании оборудования подстанций. Крупнейшие страховые компании считают возможным снижение на 1% суммы страховых платежей для оборудования, оснащенного системами диагностики состояния и защитами. В наибольшей степени это относится к трансформаторному оборудованию. Страховые компании и менеджеры по корпоративным рискам относят трансформаторы к категории самого опасного оборудования на подстанциях из-за большого количества в них пожароопасного масла. При этом на их взгляд существуют серьезные пробелы в нормах испытаний и требованиях к обеспечению безопасности баков, находящихся под давлением. В этой связи многие эксперты ожидают значительного роста количества аварий трансформаторов из-за продолжающихся процессов приватизации предприятий по производству и распределению электроэнергии и связанных с этим уменьшением инвестиций в диагностику состояния оборудования.

Существенное снижение страховых рисков обеспечивается, как считают эксперты, внедрением непрерывного контроля (мониторинга) температуры и нагрузки трансформаторов. Оценим возможный экономический эффект от внедрения систем мониторинга трансформаторного оборудования эксплуатируемого на предприятиях ОАО «ФСК ЕЭС» исходя из принятого в мировой практике снижения суммы страховых платежей на 1% от стоимости страхуемого оборудования. Как было показано выше при нижней ценовой границе 8000\$/МВА стоимость трансформаторного оборудования ОАО «ФСК ЕЭС» составляет 36,5 млрд. руб. При этом снижение страховых платежей на 1% дает экономию затрат в размере 365 млн. руб. ежегодно.

Таким образом, при однократных инвестиционных затратах в размере 2646 млн. руб. и ежегодной экономии 572,6 млн. руб., срок окупаемости затрат на внедрение систем мониторинга и диагностики составит 4,9 года.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг; электротехническое оборудование подстанций
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»
 Мозилов Александр Иванович, канд. техн. наук, соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.В. Дёмин, А.И. Мозилов. Е.Г. Алаев

Выполнен обзор современных средств для мониторинга электротехнического оборудования силовых подстанций.

Анализ мировых тенденций в области применения технических средств диагностики показывает, что по мере снижения стоимости электронной аппаратуры для мониторинга, в

сравнении со стоимостью основных видов оборудования подстанций, темпы разработки и внедрения различных автоматизированных систем контроля возрастают.

Исторически первые системы мониторинга создавались как локальные системы, контролирующие один, два наиболее важных параметра и передающие эту информацию на свой монитор установленный непосредственно на пульт управления подстанции. Позднее появились системы, контролирующие набор основных параметров, характеризующих аппарат, и выдающие заключение о его состоянии. При этом возникла проблема сбора, обработки и передачи информации в единую систему управления SCADA.

На следующем этапе развития систем мониторинга стало очевидно, что они должны выполнять не только функции диагностики, но и управления режимами работы контролируемого оборудования. Современные системы мониторинга включают контрольно-измерительные приборы для получения первичной информации, регуляторы прямого действия, не имеющие связи с АСУ ТП, исполнительные устройства для реализации команд, а также могут иметь несколько уровней, предназначенных для выполнения управляющих алгоритмов и формирования каналов информационного обмена.

Наибольшее число публикаций и предложений на рынке посвящено мониторингу *силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и масляных реакторов*. Можно выделить несколько достаточно развитых систем, различающихся списком контролируемых параметров, алгоритмами управления и прогнозирования.

В статье проведен анализ мировых тенденций в области применения технических средств диагностики ведущих производителей.

1 Система управления и мониторинга силовых трансформаторов ОАО «ЗТР» контролирует следующие параметры и устройства:

- Содержание влаги в масле.
- Содержание растворенных газов в масле (водород и окись углерода).
- Температуру масла, окружающей среды и обмоток.
- Токи в обмотках ВН и СН.
- Уровень масла в расширителях трансформатора.
- Состояние газового реле.
- Устройства сброса давления трансформатора и РПН.
- Струйное реле РПН.
- Отсечной клапан.
- Регистраторы событий.

По согласованию с заказчиком система может быть расширена учетом мощности и электроэнергии по сторонам трансформатора, контролем качества электроэнергии.

Система интегрирована с системой управления трансформатором и может быть интегрирована с системой телемеханики автоматизированной системы диспетчерского управления.

В перспективе систему предполагается расширить:

- Управлением системой охлаждения.
- Прогнозированием срока службы трансформатора.
- Определением мощности, потребляемой приводом РПН, контролем пусковых значений токов привода.

- Диагностикой вводов.

2 Система мониторинга фирмы «SIEMENS» выполнена в виде набора модулей и может быть конфигурирована на различное количество контролируемых параметров:

- Рабочие напряжения и токи.
- Температуры бака в различных точках.
- Температуры верхних и нижних слоев масла.
- Положение РПН.
- Время работы РПН.
- Скорости движения масла и воздуха в охладителях.
- Время работы насосов и вентиляторов.
- Влажесодержание в масле.
- Содержание водорода в масле.

3 Корпорацией ABB предлагаются три системы T-Monitor:

– T-Monitor 100 – контролирует газосодержание в масле (водород и окись углерода), температуру верхних слоев масла и ток нагрузки.

– T-Monitor 200 – контролирует то же, что и T-100, плюс состояние РПН: разность температур баков трансформатора и РПН, положение РПН, число переключений за сутки.

– T-Monitor 300 – контролирует то же, что и T-200, кроме того, имеет систему контроля частичных разрядов в баке трансформатора.

ABB предлагает и другие варианты комплектации, включающие контроль влагосодержания в масле, конденсацию влаги, а также расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки. Возможны комплектации, имеющие от 4 аналоговых и 4 цифровых входов до 59 аналоговых и 88 цифровых входов.

Для каждого комплекта датчиков ABB разрабатывает индивидуальные методики диагностики по контролируемым параметрам. Все мониторы имеют модемы и Ethernet подключения.

4 ГУП ВЭИ и ОАО «Энергосетьпроект» предлагают систему управления и мониторинга трансформаторного оборудования типа СУМТО-1. Система реализует энергосберегающее управление системой охлаждения и формирование управляющих воздействий на привод РПН. Система осуществляет мониторинг следующих параметров:

– Газосодержание в масле.

– Влагосодержание в масле.

– Температуры верхних слоев масла, масла на входе и выходе охладителей, окружающего воздуха.

– Газ в реле Бухгольца.

– Токи и напряжения обмоток.

– Давление масла во вводах.

– Токи утечки и емкость вводов.

– Положение РПН, ток двигателя привода, число переключений.

– Отказы РПН типа «самоход», «отказ в переключении», «застревание», потеря синхронизма».

– Состояние системы пожаротушения.

– Исправность насосов и вентиляторов системы охлаждения.

– Состояние коммутационных аппаратов.

Система предназначена для работы в автономном режиме и/или в составе АСУ ТП подстанции.

5 Система мониторинга MS 2000 фирмы «ALSTOM» регистрирует:

– Рабочие напряжения и перенапряжения, токи нагрузки и сверхтоки.

– Емкость вводов и давление масла в них.

– Газосодержание в масле (водород и окись углерода).

– Влагосодержание в масле.

– Температуры масла в различных точках бака.

– Температуру наиболее нагретой точки обмотки.

– Газ в реле Бухгольца.

– Выполняет расчет перегрузочной способности.

– Положение РПН, потребление его приводом.

– Разницу температур масла в основном баке и баке РПН.

– Состояние насосов и вентиляторов системы охлаждения.

– Температуру масла и воздуха на входе и выходе охладителей.

– Температуру окружающей среды.

– Уровень масла в расширителе.

Система имеет последовательный интерфейс и может передавать информацию на факс или мобильный телефон.

6 Система мониторинга трансформаторов (автотрансформаторов) и шунтирующих реакторов компании «Sterling Group» представляет собой самостоятельную подсистему АСУ ТП подстанции и состоит из: комплекта датчиков (один комплект на трансформатор или реактор); блока мониторинга (один на трансформатор или реактор); блока концентрации информации (один блок на несколько трансформаторов или реакторов); АРМ оператора (одно на систему).

Функциональные возможности системы включают:

– Контроль перенапряжений.

– Контроль температуры наиболее нагретой точки обмотки.

– Контроль системы охлаждения.

- Контроль влагосодержания и общего газосодержания в масле.
- Контроль состояния изоляции высоковольтных вводов.
- Контроль состояния изоляции обмоток (по Sterling Group «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов»).
- Контроль устройства РПН.

Дополнительные возможности системы:

- Оперативный контроль и фиксация осциллограмм при перегрузках и перенапряжениях.
- Удаленный контроль оперативных данных и работа с архивными данными через встроенный WEB-сервер
- Интеграция системы мониторинга в АСУ ТП

7 Компания «Tree Tech» создала широкую номенклатуру регуляторов, датчиков и пакетов программного обеспечения, спроектированных для осуществления непрерывного контроля состояния трансформаторов и реакторов.

Таким образом, можно констатировать, что современные системы мониторинга трансформаторного оборудования ориентированы на выполнение трех основных задач:

- управление трансформатором,
- ранняя диагностика развивающихся дефектов оборудования,
- расчетное прогнозирование остаточного ресурса оборудования исходя из его нагрузки и рабочих параметров.

Возможности систем мониторинга в значительной степени определяются составом и техническими характеристиками установленных первичных датчиков. Среди имеющихся на рынке датчиков, которые могут быть включены в системы мониторинга, можно выделить следующие.

Датчики одновременного контроля газо- и влагосодержания масла:

– AMS-5QQ Plus – Calisto (Morgan Schaffer Systems, Canada). Разработан для контроля содержания водорода и влаги в изоляции маслонеполненных трансформаторов. Модуль управления специально разработан для наружной установки и защищен от всех климатических воздействий. Прибор может быть легко интегрирован в существующие системы мониторинга мощных трансформаторов и подстанций, в том числе в систему SCADA.

– HYDRAN M2 (GE Syprotec). Система мониторинга опасных газов и влагосодержания масла. Мониторинг содержания водорода, окиси углерода, ацетилена и этилена.

– HMP 228 (Vaisala HUMICAP, Финляндия) измеряет содержание влаги в масле и температуру. Датчики имеют две модификации по длине (216 мм и 435 мм). Блок управления имеет аналоговые выходы 24vac/vdc и интерфейс RS232C/422/485.

Датчики контроля газосодержания масла:

– HIDRAN 201i System (GE Syprotec). Система мониторинга опасных газов в масле. Мониторинг содержания водорода и окиси углерода, определение отклонений от норм. Программное обеспечение на базе Windows позволяет управлять прибором с местного или удаленного компьютера.

– АТОМ 1000. Устанавливаемый на трансформатор датчик содержания в масле метана, окиси и двуокиси углерода, водорода, этилена, этана и ацетилена.

Датчики контроля влагосодержания масла:

– AQUA OIL 300 (GE Syprotec). Датчик постоянного контроля влажности масла, который может быть установлен на трансформатор в полевых условиях. Имеет аналоговый выход.

– DOMINO 264 (Double). Данный датчик может быть как устройством локального контроля влажности масла (опционально имеет собственный дисплей), так и включаться в систему мониторинга по порту RS-232.

Для регистрации частичных разрядов может быть использован прибор акустического контроля AR-700 (Вибро-центр, Россия). Наличие в приборе четырех акустических каналов регистрации частичных разрядов и одного электрического канала позволяет не только выявить факт наличия проблем в изоляции и оценить их уровень, но и провести автоматизированную локацию места возникновения разрядов на работающем оборудовании.

Для контроля содержания механических примесей в трансформаторном масле может быть использован прибор ПОТОК-945, предназначенный для автоматического контроля загрязнения рабочих жидкостей технологического и испытательного оборудования, при производстве и испытаниях агрегатов и элементов гидросистем различных машин и оборудования. ПОТОК-975 обеспечивает обмен данными с внешним компьютером и дистанционное

управление.

Для контроля изоляции высоковольтных вводов могут использоваться:

– КИВ-95 (Техносервис-электро). Прибор контроля изменения комплексной проводимости, тангенса угла диэлектрических потерь и емкости изоляции вводов напряжением 220 кВ и выше. Производит одновременный контроль вводов трех фаз трансформатора с индикацией поврежденной фазы.

– R-1500 (Вибро-центр). Система предназначена для контроля состояния маслonaполненных вводов силовых трансформаторов под рабочим напряжением. Производит непрерывный контроль токов проводимости вводов, измерение емкости «С1» и тангенса угла диэлектрических потерь вводов в процессе эксплуатации. Регистрирует изменения параметров вводов в зависимости от температуры.

Вслед за трансформаторным оборудованием, с определенным сдвигом по времени, началось создание систем мониторинга для высоковольтных выключателей, которые являются основными элементами системы исполнения команд в аварийных ситуациях. Устройства диагностики и мониторинга выключателей должны обеспечить оценку их износа и помочь персоналу в определении очередности обслуживания.

В настоящее время уже имеется аппаратура и разработан ряд методов контроля состояния выключателей, не требующих их разборки. Однако для проведения диагностики выключатель должен быть выведен из эксплуатации.

ООО «СКБ электротехнического приборостроения» (г. Иркутск), ведется разработка системы мониторинга выключателей, не требующей их отключения от сети. Внедрение этой разработки планируется в 2009 г.

Ведущими фирмами-изготовителями выключателей и фирмами, специализирующимися на производстве приборов диагностики для электроэнергетики (ABB Power Technologies, AREVA, ABB Calor Emag, Incon), разработан ряд устройств, контролирующих состояние цепей управления, сигнализации и подогрева, износ главных контактов, характеристики газовой смеси или элегаза, а также основные механические характеристики выключателей (количество выполненных операций, полный ход подвижных контактов, положение подвижного контакта, собственное время отключения и включения, скорость перемещения подвижных контактов и др.)

В устройствах диагностики используются бесконтактные датчики перемещения, практически не подвергающиеся износу и обеспечивающие высокую точность измерения в течение всего срока жизни выключателя. Устройства диагностики типа OLM (ABB Power Technologies) позволяют регистрировать такие параметры как демпфирование подвижной системы выключателя в конце хода на включение или отключение, переход за конечное положение и отброс в конце хода. Это обеспечивает постоянный контроль перемещения контактов и отсутствие изменений в механических характеристиках. Устройства типа OLM CB Watch, OPTImaizer и система SMART позволяют оценивать механические характеристики выключателей и их изменение в процессе эксплуатации с учетом влияния на них температуры окружающего воздуха и температуры воздуха в шкафу управления.

Разработаны устройства для определения отсутствия повторных пробоев или зажигания при отключении небольших емкостных или индуктивных токов, а также измерения времени горения дуги при отключении по моменту подачи импульса на отключающую катушку, собственному времени выключателя и моменту прекращения тока.

При оценке износа контактов, в появившихся в последнее время системах диагностики выключателей, учитываются реальные времена горения дуги и наличие в токе апериодической составляющей. Это позволяет более точно, чем при простом подсчете количества отключенных токов разной величины, оценить степень износа контактов. Применяются и другие методы оценки величины износа контактов, например, по положению подвижной системы выключателя в момент размыкания или замыкания контактов, или по изменению динамического сопротивления контактов в процессе включения.

Для мониторинга состояния ОПН в России и за рубежом предлагается проводить измерение числа срабатываний, тока проводимости в цепи заземления (с помощью стационарного токового датчика, либо устройства, включаемого в разрыв цепи заземления) и тепловизионный контроль.

Счетчики числа срабатываний поставляются фирмами «Siemens», «Tridelta» и «ABB». Фирма «Siemens» выпускает счетчик числа срабатываний типа 3EX5 030 (для контроля единичного ОПН или группы из трех ОПН), аналогичный счетчик типа DCC производит

фирма «Tridelta». Фирма «ABB» выпускает счетчик импульсов разрядного тока типа EXCOUNT-A.

Измерение тока проводимости через ОПН в устройствах, выпускаемых фирмами «Siemens» и «Tridelta», производится с помощью миллиамперметров, встроенных в корпуса счетчиков. Устройства типа ЗЕХ5 050 и DCC-M постоянно включены в разрыв цепи заземления. Миллиамперметры и счетчики находятся в защищенных от погодных условий корпусах.

Опыт эксплуатации первых устройств показал, что они чувствительны к электромагнитным наводкам. Методическим недостатком данного способа контроля тока проводимости является тот факт, что в измеряемом токе проводимости преобладает емкостная составляющая, определяемая геометрическими параметрами, тогда как основную информацию о состоянии ОПН несет активная составляющая и наличие в токе проводимости высших гармоник. Для разных типов ОПН и различного их размещения на ОРУ имеет место различные соотношения между емкостной и активной составляющими тока проводимости. Следовательно, рост полного тока для разных случаев будет различным, что затрудняет выявление поврежденных ОПН.

В устройстве, разработанном ОАО «СибНИИЭ» и в приборе фирмы «Tridelta» измерение тока проводимости производится с помощью токового датчика, установленного в цепи заземления.

Устройство ОАО «СибНИИЭ» включает датчик тока, стационарно встраиваемый в заземляющий проводник ОПН и переносной прибор-анализатор тока проводимости, подключаемый к датчику на время измерений. Прибор-анализатор обеспечивает измерение действующего значения тока на частоте 50 Гц и 150 Гц, а также пикового значения тока в диапазоне от 0,1 до 10 мА.

При нормальных условиях эксплуатации и рабочих параметрах ОПН, отвечающих паспортным данным, величина тока проводимости определяется, главным образом, емкостным током и не должна превышать предельно допустимой величины, указанной в паспорте на данный тип ОПН. Емкостной ток, а также создаваемый частичными емкостями относительно фазного провода и относительно земли и собственными емкостями нелинейных резисторов, в основном определяется геометрическими размерами ОПН. При этом действующее значение тока частотой 150 Гц, определяемое в основном характеристикой нелинейных резисторов, составляет не более 10% от действующего значения тока на частоте 50 Гц. В случае преждевременного старения нелинейных металло-оксидных сопротивлений величина тока проводимости ОПН возрастает за счет увеличения активной составляющей, что проявляется в увеличении действующего значения тока, измеренного на частоте 150 Гц, и пикового значения тока.

Контроль рабочего состояния ОПН в процессе эксплуатации производится на основании измерения указанных выше параметров тока проводимости ОПН: действующих значений тока на частоте 50 Гц и 150 Гц и пикового значения тока. Устойчивая тенденция к увеличению тока проводимости при периодическом контроле и превышение величиной тока предельно допустимых значений являются признаками преждевременного старения металло-оксидных сопротивлений и указывают на необходимость вывода ОПН из эксплуатации для ревизии или замены. Недостатком описанных выше приборов является сложность отстройки от гармоник в напряжении сети.

Как альтернатива описанным выше устройствам, фирмой ABB разработан прибор LCM, в котором применен специальный датчик поля. Сравнительные испытания, проведенные ABB на нескольких подстанциях, показали, что, несмотря на сложную компьютерную систему, которой оснащен этот прибор, он не обеспечивает требуемую точность оценки состояния ОПН.

В последнее время на зарубежном рынке появилась разработанная фирмой ABB система мониторинга типа EXCOUNT-II, выполняющая как функцию счетчика, так и дополнительные функции по оценке состояния ОПН путем мониторинга перенапряжений, возникающих в электрической сети. Устройство подключается к ОПН подобно обычным счетчикам, но в дополнение к функции подсчета импульсов разрядного тока EXCOUNT-II также записывает амплитуду импульсов, дату и время их возникновения, измеряет полный ток проводимости через ОПН, а также активную составляющую тока. Измеренные сенсором данные передаются по каналу радиосвязи. Эти данные могут быть введены в компьютер для последующей обработки.

Измеренные величины хранятся в памяти EXCOUNT-II и могут быть считаны в любое

время с помощью портативного приемо-передатчика по каналу радиосвязи.

Периодический контроль состояния ОПН под рабочим напряжением может осуществляться с использованием тепловизоров. Данный метод получил распространение в Свердловэнерго, Ленэнерго и Мосэнерго.

Обзор информационно-аналитических систем. Разработка информационно-аналитических систем (ИАС) в России началась 10-15 лет назад. Для создания ИАС средней сложности, при наличии развитых инструментальных средств и высокопрофессионального коллектива разработчиков, включающего программистов, когнитологов (инженеров по знаниям) и экспертов в области диагностики, требуется не менее 3-5 лет. Накопленный опыт позволяет утверждать, что каждая вновь созданная система должна пройти обкатку на нескольких предприятиях для проверки устойчивости и приобретения универсальности. Применение зарубежных ИАС представляет определенную сложность, так как они не учитывают специфические особенности отечественной системы диагностирования, а оборудование зарубежных изготовителей конструктивно отличается от отечественного. Поскольку зарубежные ИАС требуют первичной настройки на особенности отечественного оборудования и системы диагностирования, а также, периодического внесения изменений в базы данных (иначе - они морально устаревают), эксплуатация зарубежных ИАС будет иметь высокую стоимость из-за регулярного привлечения зарубежных консультантов.

В настоящее время порядка 40% предприятий ОАО «ФСК ЕЭС» имеют различные базы данных, автоматизированные рабочие места (АРМ) и экспертные системы, проводящие диагностику состояния электрооборудования.

Предлагаемые на рынке экспертные, диагностические и информационно-аналитические системы могут быть оценены по следующим критериям:

- виды хранимой информации (основной и сопутствующей);
- способ сбора и передачи информации между различными установками;
- степень верификации входной информации;
- функциональные возможности;
- перечень решаемых задач;
- степень обработки информации разного вида;
- виды диагностируемого оборудования и его узлов;
- количество видов контроля, на основании которых проводится оценка технического состояния объекта;
- источники информации базы данных;
- степень использования экспертных оценок и оригинальных алгоритмов;
- перечень методов и способов анализа информации;
- информативность, наглядность, удобство и гибкость выходных форм (отчетов, сводок, планов, графиков);
- скорость обработки и надежность работы системы;
- степень защищенности информации;
- комфортность интерфейса, простота обучения работе с системой;
- динамичность развития системы, способность адаптироваться к новым условиям;
- опыт эксплуатации и количество внедрений;
- поддержка разработчиков (качество обучения и сопровождения);
- количество фактов обнаружения повреждений с помощью программы и другим результатам внедрения системы.

Ниже приведены сведения о ряде информационно-диагностических систем.

1 Экспертно-диагностическая система для силовых трансформаторов Нурекской ГЭС разработанная ВНИИЭ.

Минимальный объем вводимой в файлы БД системы информации следующий: паспортные данные трансформатора, результаты ХАРГ и анализа его физических и химических характеристик, результаты контроля состояния изоляции.

2 Интеллектуальная информационно-диагностическая система (ИИДС) для электрооборудования электростанций.

Создана на базе разработок ВНИИЭ. В едином информационном поле работают локальные ЭС диагностики трансформаторов 500 кВ (эксперт Алексеев Б.А.), диагностики выключателей ВНВ-500 (эксперт Дрофа А.Г.) и диагностики гидрогенераторов. Существует интегрированная ЭС. (объединяющая локальные ЭС), позволяющая принимать совокупное решение. Существует также ЭС осуществляющая корректировку планов ремонтов с учетом

технического состояния оборудования. Система внедрена на Загорской ГАЭС в 1998 г.

3 Информационная система Норильского индустриального института.

Информационная система состоит из БД и БЗ. БД включает информацию паспортов, данные периодических испытаний, технологические карты ремонта, статистические данные о выявляемых дефектах. Здесь же хранятся предельно-допустимые нормы и испытательные критерии, РД, инструкции заводов-изготовителей. БЗ представляет собой информационную систему, в которой советы, и пояснения находятся по разделам: ресурс, опыт эксплуатации, конструктивные дефекты и т.д. Пользователь, используя поисковый механизм системы, ищет нужные знания. БЗ содержащее информацию по силовым трансформаторам и высоковольтным вводам, в ней используется обобщенный отечественный опыт.

4 Экспертно-диагностическая система Чебоксарского Государственного Университета. Система используется на Чебоксарской ГЭС. Создана для оценки состояния трансформаторного оборудования.

5 «Диагностика+» создана Ивановским ГЭУ для автоматизированной оценки состояния силовых трансформаторов и вводов. База данных системы обеспечивает внесение и хранение информации по ХАРГ, физико-химическому анализу масла, результатам измерения диэлектрических параметров изоляции, потерям холостого хода и сопротивлению обмоток. Диагностика по перечисленным измерениям проводится в рамках нормативных документов РД 34.45-51.300-97, РД 153.34.046.302-00, поэтому имеет недостатки, присущие этим документам. Например, система не учитывает динамику изменения по многим контролируемым параметрам. По ряду экспертиз диагноз системой не ставится, а выдается заключение в виде: «Тангенс основной изоляции ввода больше нормы в 2,3 раза». База знаний построена на правилах (типа если..., то). При выводе заключения учитывается вероятность (коэффициент доверия) поставленного диагноза. База знаний заполняется как разработчиками, так и пользователями. Язык заполнения базы сложный. Средств тестирования БЗ на непротиворечивость и тавтологию нет. Система эксплуатируется в Ивэнерго, на Костромской ГРЭС, Череповецких ЭС.

6 Всероссийским электротехническим институтом (ВЭИ, Москва) разработана экспертная система диагностики «Трансформатор». Применяется с 1987 г. Предназначена для ранней диагностики изоляции трансформаторов и реакторов по результатам ХАРГ.

Диагностика проводится по методикам ВЭИ, Роджерса, Дюваля, ТСГ, рекомендациям МЭК, РД 34.46.302-89. Дальнейшее развитие получила система «Элхром», которая проводит диагностику высоковольтных вводов и конденсаторов. В системе дополнительно используются значения влагосодержания масла, фурановых соединений, антиоксиданта, тангенса диэлектрических потерь, и сопротивления изоляции и короткого замыкания. База данных выдает тип дефекта, рекомендации по дальнейшей эксплуатации. Система дает пояснение принятых решений.

7 УГТУ-УПИ и ОАО «Свердловэнерго» в 1989 г. разработана система ЭДИС «Альбатрос». В настоящее время дает оценку технического состояния силовых трансформаторов (10-750 кВ), высоковольтных вводов трансформаторов и масляных выключателей, масляных реакторов и измерительных трансформаторов на основании: хроматографического анализа растворенных в масле газов; физико-химического анализа масла; характеристик изоляции; опыта холостого хода; сопротивления обмоток постоянному току; сопротивления короткого замыкания, удельному объемному электрическому сопротивлению масла. База данных поставляется заполненной, содержит знания многих экспертов, авторские разработки, зарубежный опыт (методики Роджерса, Дюваля, ТСГ, расчет влагосодержания твердой изоляции). БЗ выполняет диагностику по всем перечисленным видам измерений и типам оборудования, определяет характер, степень опасности дефекта, выдает рекомендации персоналу по дальнейшим эксплуатационным мероприятиям, объему измерений. Предусмотрена возможность редактирования двух библиотек значений критериальных параметров (на основе РД и расширенной). Например, экспертная библиотека граничных значений концентраций газов ТТ, ТН и т.д. В базу данных входят паспорта выключателей всех типов, ограничителей перенапряжений, информация по взаимозаменяемости вводов. С помощью ЭДИС можно провести факторный анализ эксплуатационных мероприятий по стоимости и трудозатратам с целью определения стратегии инвестиций в оборудование, автоматическую верстку и мониторинг планов измерений. ЭДИС имеет развитые средства статистического анализа оборудования, находящегося на контроле; характеристик парка оборудования; значений контролируемых параметров. Система внедрена на предприятиях

19 энергосистем (54 предприятия), в том числе на предприятиях МЭС Урала, МЭС Сибири, 11 предприятиях Тюменьэнерго, в Новосибирском филиале «Электросетьсервиса».

8 «Диана» – комплекс программ для ведения и анализа информации по электрооборудованию. База данных системы охватывает широкий круг оборудования. «Диана» имеет графический редактор, позволяющий рисовать электрические схемы, библиотеку инструкций, умеет оптимизировать периодичность ремонтов. Предусмотрена возможность сравнения вносимых параметров с нормативными значениями. Разработана оболочка для базы знаний. Пользователь должен сам перевести методики диагностики в алгоритмы и заполнить базу знаний. Средств тестирования БЗ на непротиворечивость и тавтологию нет. «Диана» имеет редакторы структуры БД, схем и отчетов. Внедрена в Северных сетях «Тюменьэнерго» и еще на ряде предприятий.

9 «ДиаХром»/«Полихром» - автоматизированная система диагностики, разработанная всесоюзным научно-исследовательским институтом хроматографии (ВНИИХ, Москва). Обеспечивает прием и обработку хроматограмм, хранение результатов хроматографических анализов растворенных в трансформаторном масле газов в базе данных; значений влагосодержания масла. Диагностика трансформаторов основана на РД 153.34.046.302-00. Осуществляет оперативный контроль графика отбора проб ХАРГ, выдает рекомендации по эксплуатации.

10 ОАО «Транснефтьналадка» г. Новосибирска разработало систему диагностики силовых трансформаторов. Система определяет состояние трансформатора на основе ХАРГ, физико-химического анализа масла, опыта короткого замыкания, тепловизионного обследования, измерения ЧР, ультразвукового и вибрационного обследования. Диагностируются также высоковольтные вводы по результатам ХАРГ. Дополнительно выдается информация о необходимости, сроках и объемах ремонтов.

11 «MultiTest» г. Владимир – система контроля работоспособности электрооборудования. База данных системы охватывает наиболее полный состав видов оборудования, результаты измерения электрических характеристик, хроматографического и физико-химического анализов масла. Система проводит оценку измеряемых параметров на основании РД 34.45-51.300-97, РД 153.34.046.302-00 в 3-х категориях: «в норме», «выше допустимого», «выше предельно-допустимого». Составляет план-график проведения измерений и контролирует его выполнение, формирует выборки по паспортным характеристикам, результатам измерений и браковкам оборудования.

12 «ЭлектроФактор» – информационно-диагностический комплекс, разработанный в Нижневарттовских электрических сетях ОАО «Тюменьэнерго». База данных комплекса содержит широкий спектр видов оборудования, его паспортов и результатов измерений хроматографического и физико-химического анализов масла, электрических характеристик, тепловизионного контроля. Организован сбор информации в общую БД из хроматографической лаборатории, лаборатории химического анализа, группы высоковольтных испытаний, группы тепловизионного контроля, службы подстанции и РЭС. Комплекс дает оценку состояния трансформаторов по результатам ХАРГ на основе РД. Программа автоматически составляет план-график по всем видам измерений, ведет учет демонтированного из-за дефектов оборудования, учет и описание аварий, оборудования, стоящего на учащенном контроле. Комплекс внедрен в Нижневарттовских электрических сетях.

13 «Хроматэк Энергетик» – система диагностики трансформаторов и высоковольтных вводов (поставляется с хроматографом «Кристалл-2000М») г. Йошкар-Ола. В базе данных системы хранятся результаты хроматографического анализа, влагосодержание масла и содержание ионола. Диагностика трансформаторов ведется на основе РД 153.34.046.302-00, вводов - по рекомендациям завода «Мосизолятор».

14 «Автоматизированная система для оценки технического состояния электрооборудования», разработанная Дон ОРГРЭС и ОАО «Кубаньэнерго». Система внедрена в Кубаньэнерго. В базу данных включено все электрооборудование и измерения его характеристик по РД 34.45-51.300-97. Система состоит из ряда информационных и экспертных систем: нормативно-справочная система; ремонтные паспорта; режимная информация; оценки состояния оборудования по отказам; оценка остаточного ресурса по МЭК 354; оценка деформации обмоток по опыту КЗ; контроль ЧР и тепловизионный контроль. Для экспертной оценки состояния маслонаполненного оборудования по результатам хроматографического и химического анализа масла, содержанию фурановых соединений и антиокислительной присадки используется база знаний ЭДИС «Альбатрос».

15 Программное обеспечение фирмы АББ по диагностике силовых трансформаторов. Существует ряд независимых программ-экспертиз: хроматографический и химический анализ масла с использованием интерпретации АББ; анализ старения бумажной изоляции по фурану; частотный анализ свойств изоляции (FDS). При «on-line» мониторинге используется ряд расчетных моделей: содержание влаги в изоляции, старение изоляции, места перегрева обмотки, температура закипания и т.д. На основании данных мониторинга и оценок специалистов-экспертов, в зависимости от важности, программа делит трансформаторы на четыре группы: «отсутствие проблем», «низкий приоритет», «средний приоритет», «высокий приоритет».

Предварительные оценки показывают, что до 80% дефектов, обуславливающих выход из строя оборудования подстанций и линий электропередачи, могут быть своевременно выявлены современными методами и аппаратурой для диагностирования и мониторинга.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг; электротехническое оборудование подстанций
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГавт»
 Мозилов Александр Иванович, канд. техн. наук, соискатель ФГОУ ВПО «НГавт»
 Алаев Евгений Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГавт»

АНАЛИЗ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ В ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ В ФАЗНЫХ КООРДИНАТАХ

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Т.Г. Красильникова

Рассматривается методика расчета сложно-несимметричных режимов в дальних электропередачах с использованием фазных координат, ориентированная на современную вычислительную технику.

Современные персональные компьютеры и математическое обеспечение типа «Mathcad» позволяют просто и быстро проводить анализ нормальных и аварийных режимов в ДЭП непосредственно в фазных координатах, не прибегая сперва к разложению процесса на симметричные составляющие или моды, анализом режима для каждой составляющей с последующим переходом к искомым фазным величинам. Для этой цели необходимы математические модели или схемы замещения соответствующих элементов ЭП относительно фазных переменных. В данной работе предлагается подход для решения поставленной задачи, который отличается простым алгоритмом по сравнению имеющимися предложениями [1, 2].



Рисунок 1 – Принципиальная схема типовой ДЭП

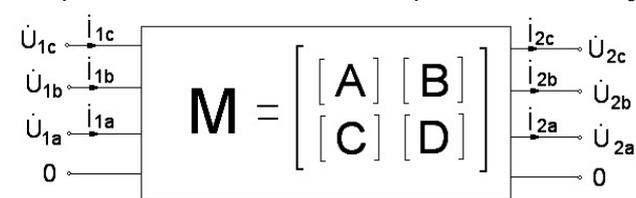


Рисунок 2 – Элемент ДЭП как 8-полюсник

На рисунке 1 приведена типичная схема ДЭП, связывающая две ОЭС.

Любой элемент трехфазной ЭП представляет 8-полюсник (рисунок 2).

В общем случае уравнения 8-полюсника по аналогии с 4-полюсником запишем как

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_{1\phi} \\ i_{1\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_{2\phi} \\ i_{2\phi} \end{bmatrix} = M \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_{2\phi} \\ i_{2\phi} \end{bmatrix};$$

где $|\dot{U}_{1\phi}|; |\dot{U}_{2\phi}|; |i_{1\phi}|; |i_{2\phi}|$ – вектор-столбцы режимных параметров,

$$|\dot{U}_{1\phi}| = \begin{bmatrix} \dot{U}_{1a} \\ \dot{U}_{1b} \\ \dot{U}_{1c} \end{bmatrix}; |\dot{U}_{2\phi}| = \begin{bmatrix} \dot{U}_{2a} \\ \dot{U}_{2b} \\ \dot{U}_{2c} \end{bmatrix}; |i_{1\phi}| = \begin{bmatrix} i_{1a} \\ i_{1b} \\ i_{1c} \end{bmatrix}; |i_{2\phi}| = \begin{bmatrix} i_{2a} \\ i_{2b} \\ i_{2c} \end{bmatrix};$$

M – матрица элемента ЭП 6-го порядка,

$$M = \begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [C] & [D] \end{bmatrix};$$

$[A], [B], [C], [D]$ – квадратные матрицы 3-го порядка матричных коэффициентов 8-полюсника,

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{aa} & A_{ab} & A_{ac} \\ A_{ba} & A_{bb} & A_{bc} \\ A_{ca} & A_{cb} & A_{cc} \end{bmatrix}; [B] = \begin{bmatrix} B_{aa} & B_{ab} & B_{ac} \\ B_{ba} & B_{bb} & B_{bc} \\ B_{ca} & B_{cb} & B_{cc} \end{bmatrix}; [C] = \begin{bmatrix} C_{aa} & C_{ab} & C_{ac} \\ C_{ba} & C_{bb} & C_{bc} \\ C_{ca} & C_{cb} & C_{cc} \end{bmatrix}; [D] = \begin{bmatrix} D_{aa} & D_{ab} & D_{ac} \\ D_{ba} & D_{bb} & D_{bc} \\ D_{ca} & D_{cb} & D_{cc} \end{bmatrix}.$$

Элементы ЭП включаются, как правило, каскадно (рисунок 3).

Соответственно матрица коэффициентов ЭП в целом определится

$$M_{ЭП} = M_{Z1} \cdot M_{AT1} \cdot M_{Y1} \cdot M_{ВЛ} \cdot M_{Y2} \cdot M_{AT2} \cdot M_{Z2}.$$

Матрицы коэффициентов для элементов расчетной схемы могут быть получены в следующем виде:

– для примыкающей системы

$$M_Z = \begin{bmatrix} [1_3] & [Z] \\ [0_3] & [1_3] \end{bmatrix}; [1_3] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; [0_3] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; [Z] = \begin{bmatrix} Z_\phi & Z_{\phi\phi} & Z_{\phi\phi} \\ Z_{\phi\phi} & Z_\phi & Z_{\phi\phi} \\ Z_{\phi\phi} & Z_{\phi\phi} & Z_\phi \end{bmatrix}; Z_\phi = j \frac{2X + X_0}{3};$$

$$Z_{\phi\phi} = j \frac{X_0 - X}{3},$$

где X, X_0 – входные сопротивления системы по прямой и нулевой последовательности, определяемые через мощности трехфазного и однофазного КЗ;

– для автотрансформатора

$$M_{AT} = \begin{bmatrix} [1_3] & jX_{AT}[1_3] \\ [C_{AT}] & [D_{AT}] \end{bmatrix}; [C_{AT}] = -j \frac{1}{3X_\Delta} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; [D_{AT}] = \begin{bmatrix} D_\phi & D_{\phi\phi} & D_{\phi\phi} \\ D_{\phi\phi} & D_\phi & D_{\phi\phi} \\ D_{\phi\phi} & D_{\phi\phi} & D_\phi \end{bmatrix}; D_\phi = \frac{3 + \frac{X_{AT}}{X_\Delta}}{3}; D_{\phi\phi} = \frac{X_{AT}}{3},$$

где X_{AT} – сопротивление рассеяния АТ с высокой стороны;

X_Δ – сопротивление рассеяния АТ с низкой стороны,

соединенной в треугольник, определяемые по паспортным данным АТ;

– для шунтирующего реактора

$$M_{ШР} = \begin{bmatrix} [1_3] & [0_3] \\ [Y_{ШР}] & [1_3] \end{bmatrix}; [Y_{ШР}] = \begin{bmatrix} Y_\phi & Y_{\phi\phi} & Y_{\phi\phi} \\ Y_{\phi\phi} & Y_\phi & Y_{\phi\phi} \\ Y_{\phi\phi} & Y_{\phi\phi} & Y_\phi \end{bmatrix}; Y_\phi = -\frac{j b_{ШР}}{3} \left(\frac{1}{1 + 3X_H b_{ШР}} + 2 \right); Y_{\phi\phi} = -\frac{j b_{ШР}}{3} \left(\frac{1}{1 + 3X_H b_{ШР}} - 1 \right),$$

где $b_{ШР}$ – проводимость ШР,

$$b_{ШР} = \frac{Q_{ШР}}{U_{нр}^2};$$

X_H – сопротивление реактора в нейтрали;

– для транспонированной воздушной линии:

$$M_{ВЛ} = \begin{bmatrix} [A_{ВЛ}] & [B_{ВЛ}] \\ [C_{ВЛ}] & [D_{ВЛ}] \end{bmatrix}; [A_{ВЛ}] = \begin{bmatrix} A_\phi & A_{\phi\phi} & A_{\phi\phi} \\ A_{\phi\phi} & A_\phi & A_{\phi\phi} \\ A_{\phi\phi} & A_{\phi\phi} & A_\phi \end{bmatrix}; A_\phi = \frac{2 \operatorname{ch} \gamma \ell + \operatorname{ch} \gamma_0 \ell}{3}; A_{\phi\phi} = \frac{\operatorname{ch} \gamma_0 \ell - \operatorname{ch} \gamma \ell}{3};$$

$$[B_{ВЛ}] = \begin{bmatrix} B_\phi & B_{\phi\phi} & B_{\phi\phi} \\ B_{\phi\phi} & B_\phi & B_{\phi\phi} \\ B_{\phi\phi} & B_{\phi\phi} & B_\phi \end{bmatrix}; B_\phi = \frac{2Z_w \operatorname{sh} \gamma \ell + Z_{w0} \operatorname{sh} \gamma_0 \ell}{3}; B_{\phi\phi} = \frac{Z_{w0} \operatorname{sh} \gamma_0 \ell - Z_w \operatorname{sh} \gamma \ell}{3};$$

$$[C_{ВЛ}] = \begin{bmatrix} C_\phi & C_{\phi\phi} & C_{\phi\phi} \\ C_{\phi\phi} & C_\phi & C_{\phi\phi} \\ C_{\phi\phi} & C_{\phi\phi} & C_\phi \end{bmatrix}; C_\phi = \frac{1}{3} \left(\frac{2 \operatorname{sh} \gamma \ell}{Z_w} + \frac{\operatorname{sh} \gamma_0 \ell}{Z_{w0}} \right); C_{\phi\phi} = \frac{1}{3} \left(\frac{\operatorname{sh} \gamma_0 \ell}{Z_{w0}} - \frac{\operatorname{sh} \gamma \ell}{Z_w} \right); [D_{ВЛ}] = [A_{ВЛ}],$$

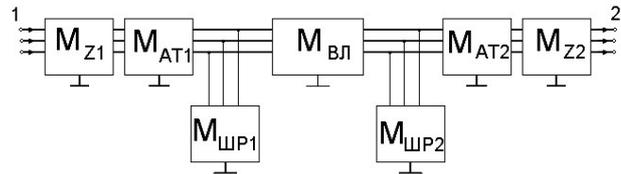


Рисунок 3 – Расчетная схема ДЭП

где ℓ – длина линии;

γ, γ_0 – постоянная распространения ВЛ соответственно для канала прямой и нулевой последовательностей;

Z_w, Z_{w0} – волновое сопротивление соответственно для канала прямой и нулевой последовательностей.

Для моделирования различных положений выключателей в фазах, а также коротких замыканий на землю полезно ввести:

– матрицу коммутаций

$$M_K = \begin{bmatrix} [1_3] & [B_K] \\ [0_3] & [1_3] \end{bmatrix}; [B_K] = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix},$$

где $R_v = 0$ при включенном состоянии фазы «v» и $R_v \rightarrow \infty$ (достаточно принять $R_v = 10^6$ Ом) при отключенном положении;

– матрицу повреждений

$$M_{\Pi} = \begin{bmatrix} [1_3] & [0_3] \\ [C_{\Pi}] & [1_3] \end{bmatrix}; [C_{\Pi}] = \begin{bmatrix} G_a & 0 & 0 \\ 0 & G_b & 0 \\ 0 & 0 & G_c \end{bmatrix},$$

где $G_v = 0$ при нормальном состоянии фазы «v» и $G_v \rightarrow \infty$ (достаточно принять $G_v = 10^6$ Ом) при КЗ фазы «v».

Проиллюстрируем использование полученных моделей отдельных элементов для расчета режимов ДЭП на примере одностороннего включения трехфазной ЭП с однофазным КЗ на фазе «а» на разомкнутом конце ВЛ.

Расчетная схема для рассматриваемого случая приведена на рисунке 4.

Матрица ЭП, включая матрицу повреждений, определится

$$M_{12} = M_{Z1} \cdot M_{AT1} \cdot M_{ШР1} \cdot M_{ВЛ} \cdot M_{\Pi} = \begin{bmatrix} A_{12} & B_{12} \\ C_{12} & D_{12} \end{bmatrix}.$$

Из уравнения длинной линии в фазных координатах, связывающим режим между точками 1 и 2

$$|\dot{U}_1| = [A_{12}] \cdot |\dot{U}_2| + [B_{12}] \cdot |\dot{i}_2|,$$

при $|\dot{U}_1| = |\dot{E}_1|$, $|\dot{i}_2| = 0$ следуют искомые напряжения в конце ВЛ

$$|\dot{U}_2| = [A_{12}]^{-1} \cdot |\dot{E}_1|.$$

Для определения тока КЗ в конце линии найдем матрицу

$$M'_{12} = M_{Z1} \cdot M_{AT1} \cdot M_{ШР1} \cdot M_{ВЛ} = \begin{bmatrix} A'_{12} & B'_{12} \\ C'_{12} & D'_{12} \end{bmatrix}.$$

А далее из уравнения длинной ВЛ, связывающим режим между точками 1 и 2'

$$|\dot{E}_1| = [A'_{12}] \cdot |\dot{U}_2| + [B'_{12}] \cdot |\dot{i}'_2|,$$

находится искомый вектор-столбец токов

$$|\dot{i}'_2| = [B'_{12}]^{-1} \cdot (|\dot{E}_1| - [A'_{12}] \cdot |\dot{U}_2|) = [B'_{12}]^{-1} \cdot (|\dot{E}_1| - [A'_{12}] \cdot [A_{12}]^{-1} \cdot |\dot{E}_1|).$$

Ниже приведены численные значения параметров для элементов рассматриваемого примера:

Система $X = 100$ Ом; $X_0 = 30$ Ом;

АТ $X_{AT} = 40$ Ом; $X_{\Delta} = 75$ Ом;

ШР $b_{ШР} = 1,25$ мСм; $X_H = 0$ Ом;

ВЛ $\gamma = (0,018 + j1,08)10^{-3}$ рад/км; $Z_w = 246 \exp(-j0,017)$ Ом;

ВЛ $\gamma_0 = (0,15 + j1,72)10^{-3}$ рад/км; $Z_{w0} = 527 \exp(-j0,088)$ Ом.

Результаты расчета в относительных единицах при $E_1 = U_{нр} / \sqrt{3}$:

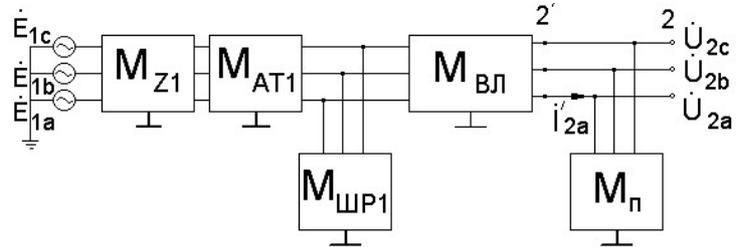


Рисунок 4 – Схема для рассматриваемого примера

$U_{2a}^* = 0$; $U_{2b}^* = 1,39$; $U_{2c}^* = 1,53$; $I_{2aK3}^* = 0,737$. В качестве базисных единиц принято наибольшее рабочее напряжение $U_{нр}$ и модуль волнового сопротивления по прямой последовательности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Берман, А.П.** Расчет несимметричных режимов электрических систем с использованием фазных координат / А.П. Берман // Электричество. -1985. -№12.

2 **Гусейнов, А.М.** Расчет в фазных координатах несимметричных установившихся режимов в сложных системах / А.М. Гусейнов // Электричество. -1989. -№3.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дальние электропередачи; анализ несимметричных режимов

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Красильникова Татьяна Германовна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «НГТУ»

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

ООО «Магистральные электрические сети Сибири»

С.М. Зильберман

Сопоставлены различные пути обеспечения заданной пропускной способности применительно к дальним ЭП 1150 кВ, такие как использование коммутируемых и управляемых шунтирующих реакторов, статических тиристорных компенсаторов в сочетании с линиями повышенной натуральной мощности.

Для электропередач (ЭП) переменного тока, предназначенных для передачи электроэнергии на дальние расстояния (500-1500 км), пропускная способность ограничивается условием обеспечения устойчивой работы связываемых энергосистем и допустимым уровнем напряжения. Требуемая пропускная способность ЭП заданного номинального напряжения может быть обеспечена за счет использования, с одной стороны, линий повышенной натуральной мощности [1, 2], а с другой – устройств реактивной мощности (УРМ). При этом представляют практический интерес нахождение схем с оптимальным сочетанием натуральной мощности линии и установленной мощности УРМ при обеспечении заданной пропускной способности.

УРМ делятся на две группы. К первой группе относятся шунтирующие реакторы (ШР), которые, в свою очередь, подразделяются на широко используемые в настоящее время коммутируемые ШР (КШР) с помощью включателей-отключателей и управляемые ШР (УШР), предлагаемые, например, в [3, 4], мощность которых плавно меняется от нуля до максимального значения и наоборот, обеспечивая при этом требуемый режим напряжения. К второй группе относятся так называемые источники реактивной мощности (ИРМ), которые обеспечивают плавную выдачу, а также и потребление реактивной мощности, позволяя тем самым влиять на уровень пропускной способности [5].

Задача обоснования оптимальных вариантов обеспечения требуемой пропускной способности относится к математическому программированию и в общем случае формулируется следующим образом

$$P_{нат}, Q_{УРМ} \in V_{PQ} \rightarrow \min \left[K_{ЭП}(P_{нат}, Q_{УРМ}) = \frac{K_{ЭП}(P_{нат}, Q_{УРМ})}{P_{ЭП}} \right], \quad (1)$$

где $P_{нат}$ – натуральная мощность линии;

$Q_{УРМ}$ – установленная мощность устройств реактивной мощности;

V_{PQ} – область определения поставленной задачи, очерчиваемая системой ограничений и условий различного вида;

$K_{ЭП}$ – капвложения на обеспечение заданной пропускной способности электропередачи;

$P_{ЭП}$ – заданная пропускная способность ЭП;

$K_{ЭП}$ – удельные капвложения на обеспечение заданной пропускной способности.

В качестве целевой функции принимаются для простоты удельные капвложения, а не

приведенные затраты, что для решения поставленной задачи не имеет принципиального значения.

Поскольку в условиях данной задачи капиталовложения на сооружение подстанций в сопоставляемых вариантах можно считать одинаковыми, то целевая функция по различным схемам ЭП различается лишь составляющими на создание ВЛ, ШР и ИРМ.

Область определения рассматриваемой задачи очерчивается системой ограничений, в которой одна часть ограничений для всех вариантов является общей, а другая – специальной, отражающей характерные особенности рассматриваемых схем. К ограничениям общего характера относятся:

– требование к пропускной способности ЭП

$$P_{ЭП} \geq P_{бал} + P_{эз}, \quad (2)$$

где $P_{бал}$ – расчетный балансовый поток мощности;

$P_{эз}$ – составляющая пропускной способности, определяемая потребностями взаиморезервирования энергосистем;

– ограничение на сечение ВЛ

$$F = \frac{P_{бал}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot j_{э}}, \quad (3)$$

где U_n – номинальное напряжение ЭП;

$j_{э}$ – экономическая плотность тока,

– условие, определяющее возможный диапазон натуральной мощности линии

$$P_{нат.тр} \leq P_{нат} \leq P_{нат.пр}, \quad (4)$$

где $P_{нат.тр}$ – натуральная мощность ВЛ традиционного типа;

$P_{нат.пр}$ – предельная натуральная мощность, которая может быть реализована при данном сечении в линиях повышенной натуральной мощности;

– нормативы по устойчивости и напряжению в нормальных режимах, при динамических переходах и в послеаварийных режимах;

– условие компенсации зарядной мощности линии, вытекающее из необходимости ограничения повышения напряжений и стока реактивной мощности в примыкающие системы в режимах малых нагрузок и необходимости ограничения внутренних перенапряжений;

– условие, определяющее оптимальные затраты для ВЛ и формулирующееся в виде задачи оптимизации конструкции фазы ВЛ при фиксированных значениях натуральной мощности.

Следует подчеркнуть, что сечение в рассматриваемой постановке задачи обеспечения требуемой пропускной способности является исходной величиной, определяемой по балансовому потоку мощности, исходя из предварительно решенной задачи минимизации затрат на сооружение ВЛ и возмещения стоимости потерянной электроэнергии, дающей экономическую плотность тока.

К специальной совокупности ограничений и условий, отражающих характерные особенности рассматриваемых схем, следует отнести следующие:

– требование к установленной мощности ИРМ при условии обеспечения заданного уровня пропускной способности;

– уравнение предельной мощности

$$P_{пр} = \max P(\delta, P_{нат}, Q_{УРМ}), \quad (5)$$

где $P(\delta, P_{нат}, Q_{УРМ})$ – угловая характеристика электропередачи.

Задачу обеспечения требуемой пропускной способности решим применительно к ЭП, связывающей узлы, в которых поддерживается заданный уровень напряжения за счет собственных ресурсов реактивной мощности (рисунок 1). Это достаточно типичный случай, имеющий место, например, для связи между узлами, в которых имеются крупные электростанции.

При решении поставленной оптимизационной задачи, как уже отмечалось, ограничения и условия, сформулированные выше, имеют характерные особенности в зависимости от типа используемых УРМ. При этом во всех случаях стержневым является уравнение предельной мощности (5), которое в совокупности с другими требованиями и нормативами позволяет найти соотношение между натуральной мощностью линии, установленной мощностью

УРМ и требуемой пропускной способностью.

Требуемая пропускная способность может быть создана различными вариантами исполнения ЭП, среди которых представляют практический интерес:

- схема ЭП с КШР, устанавливаемыми в конечных и промежуточном пунктах линии;
- схема ЭП с УШР, устанавливаемыми в конечных и промежуточном пунктах линии;
- схема ЭП на базе КШР и статических тиристорных компенсаторов (СТК), устанавливаемых в промежуточном пункте линии.

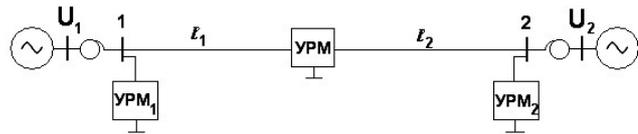


Рисунок 1 – Расчетная схема ЭП СВН

В качестве примера на рисунке 2 приведены оптимальные структурные схемы электропередач при длине линии 1000 км и пропускной способностью 6000 МВт. Удельные приведенные затраты рассчитаны в ценах 2000 года с учетом данных, приведенных в [6]. Существенным недостатком ЭП с КШР является их низкая управляемость, проявляющаяся в процессе изменения режима ЭП от малых нагрузок до максимальной мощности и наоборот, когда необходимо осуществлять коммутации отключения и подключения ШР для обеспечения допустимого уровня напряжения и требуемой пропускной способности. Периодичность коммутаций и число коммутируемых в каждом случае реакторов зависит как от графика загрузки ЭП, так и от величины пропускной способности ЭП. Так, в схеме на рисунке 2а при реализации полной пропускной способности 6000 МВт подлежат отключению все ШР, кроме двух реакторов в средней части ЭП, которые не могут быть отключены по условию режима напряжений.

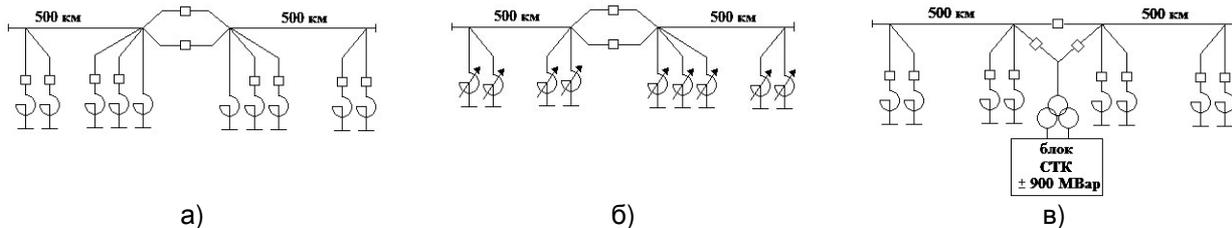


Рисунок 2 – Оптимальные схемы ЭП 1150 кВ с ВЛ повышенной натуральной мощности и различными типами УРМ ($P_{ЭП} = 6000$ МВт; $l = 1000$ км): а) схема с КШР ($P_{нат} = 7800$ МВт, $K_{ЭП} = 2,89$ тыс. руб./кВт); б) схема с УШР ($P_{нат} = 7100$ МВт, $K_{ЭП} = 2,72$ тыс. руб./кВт); в) схема с СТК и КШР ($P_{нат} = 6800$ МВт, $K_{ЭП} = 2,87$ тыс. руб./кВт)

Оптимальные схемы ЭП с СТК характеризуются по экономическим соображениям использованием одного блока ИРМ вплоть до пропускных способностей 7000-7500 МВт. Поэтому потребность частой коммутации ШР, установленных в средней части ВЛ, сохраняется, как и в схемах ЭП с КШР. Однако наличие хотя бы одного блока ИРМ (см. рисунок 2в) позволяет проводить коммутации ШР без резких изменений режима напряжений.

Высокой управляемостью обладают ЭП, основанные на применении УШР, поскольку во всей области режимов ЭП от малых нагрузок до максимальной мощности управляемые ШР обеспечивают допустимый уровень напряжения за счет плавного изменения их мощности во всем диапазоне регулирования.

Из проведенного выше анализа следует, что как с технической, так и экономической стороны целесообразно использование ВЛ повышенной натуральной мощности в дальних электропередачах и оснащение их управляемыми устройствами реактивной мощности (УШР, СТК), особенно когда речь идет о значительных длине (1000 км и более) и пропускной способности более 5000 МВт. Естественно, что при создании дальних ЭП должна быть обеспечена не только их управляемость и экономическая эффективность, но и решена проблема режимной надежности. Поэтому при выборе типа управляемых УРМ немаловажное значение будут иметь их возможности в повышении уровня режимной надежности, например, за счет более эффективного осуществления ОАПВ и реализации длительных двухфазных режимов.

Заключение. Как с технической, так и экономической стороны целесообразно использование в дальних электропередачах линий повышенной натуральной мощности и оснащение их управляемыми устройствами реактивной мощности (управляемыми шунтирующими реак-

торами, статическими тиристорными компенсаторами). При выборе типа управляемых устройств реактивной мощности немаловажное значение будут иметь их возможности в повышении уровня режимной надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Александров, Г.Н.** Передача электрической энергии переменным током / Г.Н. Александров. -2-е изд. -М.: Знак, 1998.

2 **Повышение эффективности электросетевого строительства** / А.А. Зевин [и др.]; под ред. Н.Н. Тиходеева. –М.;Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1991.

3 **Александров, Г.Н.** Принципы работы управляемого шунтирующего реактора трансформаторного типа / Г.Н. Александров, Б.И. Альбертинский, И.А. Шкурпат // Электротехника. -1995. -№11.

4 **Управляемые подмагничиванием электрические реакторы:** сб. ст. / под ред. А.М. Брянцева. -М.: Знак, 2004.

5 **Дементьев, Ю.А.** Применение управляемых статических компенсирующих устройств в электрических сетях / Ю.А. Дементьев, В.И. Кочкин, А.Г. Мельников // Электричество. - 2003. -№9.

6 **Укрупненные стоимостные показатели электрических сетей:** стандарт организации / ОАО ин-т «Энергосетьпроект». -М., 2007.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дальние электропередачи; повышение пропускной способности
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зильберман Самуил Моисеевич, канд. техн. наук, генеральный директор ООО «МЭС Сибири»

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СТОИМОСТИ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

А.А. Шпиганович, И.Г. Шилов

Приводится технико-экономический анализ и сравнение стратегий управления резервированием питания электроприемников с учетом видов ущерба промышленных предприятий от перерывов электроснабжения.

Повышение безотказности при функционировании систем электроснабжения предприятий может достигаться с применением резервирования и эффективного управления работой основных и резервных источников питания и их оборудования. Переход от рабочих систем к резервным следует осуществлять по двум стратегиям. Согласно первой, резервная схема включается только при отказе основной. По второй стратегии выполняется независимый переход от одного источника на другой. Для того чтобы экономически оценить выбор управления работой электрооборудования с резервом, необходимо рассчитать периодичность ремонтно-профилактического обслуживания системы электроснабжения, исходя из минимума приведенных затрат:

$$Z_{рем} + Z_{пот} \rightarrow \min , \tag{1}$$

где $Z_{рем}$ – затраты на проведение ремонтно-профилактического обслуживания;
 $Z_{пот}$ – убытки из-за недоотпуска продукции, вызванные отказами электрооборудования.

Отметим, что величина $Z_{рем}$ зависит от периодичности проведения обслуживания T_n . Она включает и затраты на увеличение заработной платы персонала $Z_{зп}$, и затраты на дополнительные материалы (запасные части) $Z_{мат}$ в следующем соотношении

$$Z_{рем} = Z_{зп} + Z_{мат} = n_{дн} K_{доп} \sum_1^m H_i \cdot \pi_i + 0,05K , \tag{2}$$

где $n_{дн}$ – количество рабочих смен, затраченных на обслуживание электрооборудования;
 $K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий доплату к заработной плате;
 H_i, π_i – численность и тарифная ставка i -го разряда электрослесарей;

K – стоимость электрооборудования.

Ремонтно-профилактическое обслуживание уменьшает частоту отказов, а следовательно, и затраты $Z_{ном}$. В зависимости от периодичности T_n убытки из-за отказов, обусловленные потерями продукции и ее себестоимостью, могут быть определены по выражению

$$Z_{ном} = C \cdot \Delta G = C \cdot T \cdot \bar{q} \cdot \bar{\theta} \cdot \bar{\mu} \cdot \int_0^{T_n} \alpha(\tau) d\tau, \quad (3)$$

где C – себестоимость выпускаемой продукции;

T – расчетное время смены;

\bar{q} – средняя производительность технологических механизмов;

$\bar{\theta}$ – время восстановления отказов оборудования;

$\bar{\mu}$ – средняя частота отказов;

$\alpha(\tau)$ – плотность вероятности длительности наработки на отказ.

Суммарные затраты целесообразно представить в виде

$$Z_{мин} = n_{\partialн} K_{\partialоп} \sum_1^m H_i \pi_i + 0,05 \cdot K + C \cdot T \cdot \bar{q} \cdot \bar{\theta} \cdot \bar{\mu} \cdot \int_0^{T_n} \alpha(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Очевидно, что суммарные затраты имеют минимум при обеспечении оптимальной периодичности обслуживания электрооборудования, которая в свою очередь зависит и от его безотказности. Используя (4), можно рекомендовать, с какой периодичностью единицы оборудования должны быть подвергнуты ремонтно-профилактическому обслуживанию. Зная частоту проведения плановых ремонтов, определяется частота пауз потоков. Применение первой стратегии управления позволяет найти относительное изменение выпускаемой продукции [1]:

$$\alpha_y = \left[1 - K_{см} \sum_1^n \left(\frac{\bar{\theta}_c \bar{\mu}_{c(i)1}}{1 - \bar{\theta}_c \bar{\mu}_{c(i)1}} - \frac{\bar{\theta}_c \bar{\mu}_{c(i)2}}{1 - \bar{\theta}_c \bar{\mu}_{c(i)2}} \right) \right]^{-1}, \quad (5)$$

где n – число рассматриваемых систем;

$K_{см}$ – сменный коэффициент машинного времени технологического механизма;

$\bar{\theta}_c$ – средняя пауза потока или длительности восстановления систем электроснабжения;

$\bar{\mu}_{c(i)1}, \bar{\mu}_{c(i)2}$ – частоты пауз потоков, описывающих работу i -ой системы электроснабжения при первой и второй стратегиях соответственно.

Подставляя в (5) частоты пауз потоков, описывающих работу систем для двух вариантов управления, будем иметь

$$\alpha_y = \left[1 - K_{см} \sum_1^n \left(\frac{0,5 \bar{P}_c}{1 - 0,5 \bar{P}_c} - \frac{\bar{P}_c^2 \int_0^{\bar{\theta}_c} \alpha(\tau_c) d\tau_c}{1 - \bar{P}_c^2 \int_0^{\bar{\theta}_c} \alpha(\tau_c) d\tau_c} \right) \right]^{-1}, \quad (6)$$

где \bar{P}_c – вероятность пауз потока работы систем;

$\alpha(\tau_c)$ – плотность вероятности импульсов потока функционирования электроснабжения.

Интеграл в (6) следует обозначить через коэффициент связи стратегии управления. Он показывает, во сколько раз уменьшится вероятность останова технологических машин от перерыва электроснабжения. Выражая \bar{P}_c через вероятность работы систем P_c , относительное изменение нагрузки на технологические механизмы определится как [1]

$$\alpha_y = \left[1 - K_{см} \cdot \sum_1^n \left(\frac{1}{1 - 0,5(1 - P_c)} - \frac{1}{1 - K_y (1 - P_c)^2} \right) \right]^{-1}. \quad (7)$$

где K_y – коэффициент связи стратегии управления.

При вероятности $P_c > 0,5$ использование первой стратегии всегда обеспечивает приросты нагрузки для рабочих агрегатов. Однако, когда $P_c < 0,5$, может оказаться, что получить прирост позволяет вторая стратегия управления системой электроснабжения. В первом случае издержки от плановых ремонтов оборудования больше. Во втором возрастает частота

остановок механизмов из-за отказов электрической части. Затраты, вызванные устранением отказов, увеличиваются. Разность между эффектом и затратами определяет прибыль предприятия. Изменение рентабельности выпускаемой продукции выражается формулой

$$\Delta\Pi = 0,01\gamma(\alpha_\gamma - 1) - \frac{Z^{(1)} - Z^{(2)}}{C_a}, \quad (8)$$

где γ – удельный вес условно-постоянных расходов;
 C_a – себестоимость готовой продукции.

При выявлении ущерба при кратковременных нарушениях длительность фактического простоя складывается из перерыва электроснабжения и времени, необходимого для обеспечения нормальной производительности агрегата и цеха. Существует минимально допустимая продолжительность нарушения в электроснабжении. Она не отражается на работе приемника вследствие инерционности электроприводных и технологических механизмов. При этом ее значение зависит от характера и специфики производства и колеблется от 1 с до 30 мин.

Принято различать два вида ущерба от нарушений (перерывов) электроснабжения – прямой и косвенный. В первый входят следующие составляющие: стоимость простоя рабочей силы; выход из строя или сокращение срока службы механизмов; убытки от энергетических потерь, связанных с утечками паров, газов, сжатого воздуха и тепла печей; убытки от расстройства технологического процесса; ущербы от браков продукции, порчи сырья, материалов и полуфабрикатов, от увеличения затрат труда, материалов и энергии на единицу продукции. Косвенный ущерб – убытки от недовыпуска продукции вследствие перерыва питания. Для оценки экономических потерь в данном случае широко используются два способа. Первый основан на анализе отказов системы и прогнозировании, необходим при определении вероятных ущербов. Второй применим для расчета случившегося перерыва. Среднегодовой ущерб от кратковременных нарушений

$$Y_{c.e} = Y_0 \cdot \mathcal{E}_{н.д}, \quad (9)$$

где Y_0 – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии, зависящий от времени перерыва и технологии производства, руб./кВт·ч;
 $\mathcal{E}_{н.д}$ – энергия, недоотпущенная приемникам вследствие нарушения электроснабжения, кВт·ч/год,

$$\mathcal{E}_{н.д} = \mathcal{E}_{потр} \cdot \lambda_{сх}, \quad (10)$$

$\mathcal{E}_{потр}$ – годовая потребность промышленного производства в электроэнергии, кВт·ч;
 $\lambda_{сх}$ – параметр потока отказов в электроснабжении для нагрузки, 1/год.

Затраты, обусловленные перерывами в электроснабжении, можно рассматривать как дополнительные издержки

$$Z = E_n K + I + Y_{c.e}, \quad (11)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;
 K, I – величины капитальных вложений и издержек;
 $Y_{c.e}$ – ущербы от кратковременных нарушений электроснабжения.

В случае, когда технико-экономическую оценку необходимо провести за T лет эксплуатации систем электроснабжения, следует использовать

$$Z = \sum_{t=1}^T E_n \cdot K_t \cdot (1 + E_{н.п})^{\tau-t} + I_t + Y_{c.e(t)}; \quad (12)$$

$$Z = \sum_{t=1}^T (E_n \cdot K_t + \delta I_t + \delta Y_t)^{\tau-t}, \quad (13)$$

где $E_{н.п}$ – нормативный коэффициент приведения для разновременных затрат;
 K_t – капиталовложения в t -ом году;
 τ – год приведения затрат на эксплуатацию;
 δI_t – приращение в издержках в t -ом году по сравнению с годом $(t-1)$;
 δY_t – среднее приращение годового ущерба в t -ом году,

$$\delta Y_t = Y_{c.e(t)} - Y_{c.e(t-1)}; \delta I_t = I_t - I_{(t-1)}. \quad (14)$$

Расчет удельного ущерба от времени перерыва электроснабжения заключается в обра-

ботке фактических данных о последствиях большого числа аварий. Поэтому оценки потерь и позволяют рассчитывать полный экономический ущерб системы электроснабжения

$$Y = \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{m=1}^{N_m} \Lambda(m, k) [y_n(m) + 8760 \cdot y_q(m) \tau(m, k)], \quad (15)$$

где N_k – количество видов аварий;

N_m – общее число электроприемников;

$\Lambda(m, k)$ – частота аварий с выводом m -го электроприемника из работы;

y_n – удельный ущерб на перерывы в электроснабжении;

y_q – удельный ущерб, руб./ч перерыва;

$\tau(m, k)$ – среднее время для восстановления питания m -го электроприемника при k -ой аварии.

При рассмотрении установок систем электроснабжения производств ущерба следует определять с учетом его удельных составляющих от недоотпуска энергии $y_k(\Delta W)$, прироста приведенных затрат на кВт·ч энергии, выработанной резервными источниками ΔC_p

$$Y = \sum_{k=1}^N [y_k(\Delta W) \Delta W_{k(осн)} + \Delta C_p (\Delta W_{k(рез)} - \Delta W_{k(осн)})], \quad (16)$$

где $\Delta W_{k(осн)}$, $\Delta W_{k(рез)}$ – недоотпуски энергии у основного источника питания и снижения ее выработки у резервного, кВт.

В случае анализа отдельных элементов в электрической системе выражение (11) использовать нецелесообразно. Для каждой единицы оборудования невозможно точно определить долю параметров $K, I, Y_{с.э}$, рассчитанных для целого объекта. Кроме того, не удается и обеспечить равенство производственного эффекта. Используются только некоторые альтернативы решения данной задачи. Обычно, все они ориентированы на оптимизацию показателей при использовании соотношений по доли увеличения капиталовложений, доли снижения издержек и относительно возможного уменьшения ущербов при перерывах в электроснабжении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шпиганович, А.Н. Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения: монография / А.Н. Шпиганович, В.А. Пестунов. -Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина; - Липецк: ЛГТУ, 2004. -281 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электроснабжение; экономические показатели

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шпиганович Алла Александровна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»
Шилов Илья Геннадиевич, аспирант ГОУ ВПО «ЛГТУ»

АСПЕКТЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПО УСЛОВИЯМ ПОДОБИЯ

ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

А.Н. Шпиганович, В.И. Зацепина, Т.А. Корченова

Рассматриваются подходы электротехнических расчетов характеристик печных установок и использование критерия геометрического подобия для построения образцовых электротехнологических взаимосвязей.

Использование принципов геометрического подобия при расчетах параметров электротехнической установки вызвано сложностью анализа токораспределения. В качестве принятого объекта-оригинала выступает «образцовая» электропечь. На основании результатов конструктивных особенностей электротехнических установок определены и зафиксированы оптимальные значения основных элементов. В качестве определяющего критерия геометрического подобия целесообразно принимать расчетный диаметр электрода:

$$D_{эд} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{I_{эд}}{J_{эд}}} \approx 360 \sqrt{\frac{I_{эд}}{J_{эд}}}, \quad (1)$$

где $D_{эд}$ – диаметр электрода, мм;

$I_{эд}$ – сила тока, протекающего по электроду, А;

$J_{эд}$ – плотность тока самообжигающихся электродов, А/см².

Электроды с соотношениями сторон n используются для печей с прямоугольной ванной (a -длина; b -ширина)

$$n = \frac{a}{b} \approx (3,5 \div 4,5).$$

Критерий геометрического подобия зависит от величины n :

– при $n < 4$ $D_{эд(1)} = \frac{2(a+b)}{\pi};$ (2)

– при $n = 4$ $D_{эд(2)} = \sqrt{\frac{4 \cdot ab}{\pi}} \approx 2,25 \cdot b;$ (3)

– при $n > 4$ $D_{эд(3)} = \sqrt{D_{эд(1)} \cdot D_{эд(2)}}.$ (4)

Через критерий геометрического подобия $D_{эд}$ связаны диаметр распада электродов $D_{рз}$, диаметр ванны $D_в$, а также расстояние между электродами и технологической емкостью $\Delta_{эф}$ в соотношении

$$D_в = D_{рз} + D_{эд} + 2\Delta_{эф} \approx D_{рз} (2,2 \div 2,3). \quad (5)$$

Для вращающейся ванны можно уменьшить диаметр $D_в$ на 10%, а для закрытых печей целесообразно его увеличение на $D_{эд}$ ($0,2 \div 1,0$) по сравнению с ваннами открытых печей, для которых $h_в \approx D_{рз}$. В закрытых (при бесшлаковом) процессе глубину увеличивают $h_в \approx D_{эд}$ ($2,5 \div 2,6$), что создает необходимый объем. Внешний диаметр ванны определяет диаметр кожуха $D_к$, который составляет

$$D_к = D_в + 2\Delta_{ф}, \quad (6)$$

где $\Delta_{ф}$ – толщина стен технологической емкости из условия обеспечения температуры кожуха.

Слой гарнисажа толщиной $D_{эд}$ ($0,1 \div 0,2$) позволит уменьшить толщину $\Delta_{ф}$, и повысить стойкость емкости без изменения размеров кожуха ванны. Геометрические особенности ванны целесообразно определять также из условия подобия, где необходимо использовать соотношения между размерами ванны и мощностями на трансформаторе.

Активную мощность электропечной установки, и номинальное значение полной мощности трансформатора целесообразно определить по зависимости от производительности печи под конкретный технологический процесс и по удельному расходу электроэнергии $W_{уд}$ [1]

$$P_{ном} = \frac{\Pi \cdot W_{уд}}{t_{раб} (k_{у.с} \cdot k_{\delta U} \cdot k_{у.м})}, \quad (7)$$

где $t_{раб}$ – фактическое время работы печи, ч;

$k_{\delta U}$ – коэффициент, учитывающий колебания напряжения в сети, $k_{\delta U} = 0,96-0,98$;

$k_{у.с}$ – коэффициент использования календарного времени с учетом простоев на ремонты оборудования, $k_{у.с} = 1 - 0,01 \cdot t_{пр}$;

$t_{пр}$ – относительная доля простоев, %.

При известном электрическом КПД по (7) целесообразно определять активную мощность ванны как общую, так и на один электрод

$$P_{э(1)} = \frac{P_{ном} \cdot \eta}{n_{эд}} = \frac{P_в}{n_{эд}}; n_{эд} = 3; S_{мп} = 63-100 \text{ МВА}; n_{эд} = 12; S_{мп} \geq 150 \text{ МВА}.$$

Энергетические параметры для печей предлагается оценивать из условия подобия электрического поля ванны. Тогда необходимо, чтобы удельное сопротивление соответствовало технологическому процессу, и, согласно полученным зависимостям электрических характеристик следует выстраивать последовательность расчетов энергетических показателей электропечных установок. Выражение рабочего тока в электроде

$$I_{\text{эд}} = \frac{P_{\text{е}(1)}}{U_{\text{пол}}} = \frac{P_{\text{ном}} \eta}{U_{\text{пол}} n_{\text{эд}}} \quad (8)$$

По допустимой плотности тока определяют размеры поперечного сечения электрода по справочным сведениям. При помощи линейного размера геометрического подобия $D_{\text{эд}}$ рассчитываются конструктивные параметры ванны. При этом, учитывая величину тока $I_{\text{эд}}$, проектируют и вторичный токопровод установки, и определяют эквивалентное активное R и реактивное X сопротивления. Электрическая схема соединения обмоток трансформатора оценивает вторичное напряжение

– «треугольник»
$$U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{эд}} \sqrt{R_{\text{ф}}^2 + X_{\text{ф}}^2}; \quad (9)$$

– «звезда»
$$U_2 = I_{\text{эд}} \sqrt{R_{\text{ф}}^2 + X_{\text{ф}}^2}; \quad (10)$$

– однофазная, для 3 трансформаторов

$$U_2 = 2I_{\text{эд}} \sqrt{R_{\text{ф}}^2 + X_{\text{ф}}^2}, \quad (11)$$

где $R_{\text{ф}}, X_{\text{ф}}$ – эквивалентное активное и реактивное сопротивления фазы,

$$R_{\text{ф}} = R_{\text{е}} + R_{\text{эд}} + R_{\text{ем}}; X_{\text{ф}} = X_{\text{е}} + X_{\text{эд}} + X_{\text{ем}}, \quad (12)$$

$R_{\text{е}}, X_{\text{е}}$ – эквивалентное активное и индуктивное сопротивления ванны,

$$R_{\text{е}} = U_{\text{пол}} / I_{\text{эд}}; X_{\text{е}} \approx 0,3R_{\text{е}};$$

$R_{\text{эд}}, X_{\text{эд}}$ – активное и индуктивное сопротивления электрода с учетом заглубления в шихту $h_{\text{эд}}$;

$R_{\text{ем}}, X_{\text{ем}}$ – активное и индуктивное сопротивление вторичного токопровода электропечной установки,

По рассчитанным электрическим данным установки определяются выходные параметры трансформатора: тип; активное $R_{\text{мп}}$ и индуктивное $X_{\text{мп}}$ сопротивление; изменение вторичного напряжения U_2 (0,8 ÷ 1,2) при дискретности в 3% от U_2 . Это необходимо для подбора требуемого напряжения на случай технологических изменений. При разогреве печей и включения после длительного простоя предусматриваются низкие ступени напряжения от 130 В до 200 В. Расчетное значение электрического КПД может быть выражено на основе активных сопротивлений

$$\eta_{\text{расч}} = \frac{R_{\text{е}}}{R_{\text{ф}} + R_{\text{мп}}} \quad (13)$$

Однако величина $\eta_{\text{расч}}$ не должна отличаться от номинального значения более чем на 5%. Естественный коэффициент мощности также не должен превышать расчетное значение, который определяется как

$$\cos j_{\text{расч}} = \frac{R_{\text{ф}} + R_{\text{мп}}}{\sqrt{(R_{\text{ф}} + R_{\text{мп}})^2 + (X_{\text{ф}} + X_{\text{мп}})^2}} \quad (14)$$

Располагая всеми геометрическими размерами ванны, целесообразно оценить удельные энергетические показатели установки в целях обоснования значений при проектировании:

– плотность мощности в сечении ванны, кВт/м²

$$\rho_{\text{с.с}} = \frac{P_{\text{е}}}{0,25\pi \cdot D_{\text{е}}^2};$$

– плотность мощности в сечении, ограниченном окружностью для распада электрода, МВт/м²

$$\rho_{\text{с.рз}} = \frac{P_{\text{е}}}{0,25\pi \cdot D_{\text{рз}}^2};$$

– объемная плотность мощности, кВт/м³

$$\rho_{\text{в.с}} = \frac{P_{\text{е}}}{0,25\pi \cdot D_{\text{е}}^2 \cdot h_{\text{е}}};$$

– объемная плотность в фактическом объеме ванны, кВт/м³

$$\rho_{v,\phi} = \frac{P_e}{n_{эд} \cdot V_\phi} = \frac{P_{e(1)}}{V_\phi} = \frac{P_{e(1)}}{0,25\pi(D_{рз}^2 \cdot h_\phi - D_{эд}^2 \cdot h_{эд})},$$

где V_ϕ – действующий объем ванны,

$$V_\phi = 0,25\pi(D_{рз}^2 h_\phi - D_{эд}^2 h_{эд});$$

h_ϕ – высота действующего объема ванны,

$$h_\phi = 0,5\sqrt{3}h_e.$$

Таким образом, при расчете удельных энергетических показателей электропечных установок устанавливаются все электротехнологические взаимосвязи их параметров, которые в наиболее полной степени можно считать оптимальными, отражающими соответствующие характеристики «образцовых» электропечей промышленных производств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шпиганович, А.А. Оценка производительности печей от удельного расхода электроэнергии / А.А. Шпиганович, Т.А. Корченова // Вести высш. учеб. заведений Черноземья. - 2008. -№1. -С. 25-28.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электротехнические установки; расчет параметров

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шпиганович Александр Николаевич, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «ЛГТУ»

Зацепина Виолетта Иосифовна, канд. техн. наук ГОУ ВПО «ЛГТУ»

Корченова Татьяна Александровна, аспирант-соискатель ГОУ ВПО «ЛГТУ»

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

В.И. Зацепина, Е.П. Зацепин

Рассматриваются вопросы воздействия загрязнений от выбросов промышленных предприятий на функционирование изоляционных конструкций линий электропередачи и токопроводов.

Изоляционные конструкции во время работы подвергаются постоянному воздействию негативных факторов, таких как высокая напряженность электрического поля, высокие механические нагрузки, агрессивная окружающая среда и др. При эксплуатации воздушных линий и токопроводов в системах электроснабжения предприятий часто встречаются случаи, когда изоляторы преждевременно теряют свои электроизоляционные свойства. При этом значительно увеличивается вероятность возникновения пробоя и, как следствие, нарушения электроснабжения приемников электроэнергии. Происходит это из-за того, что напряжение на всех изоляторах гирлянды различно и распределено по ее длине со значительной степенью нелинейности. Ухудшение внешней изоляции происходит главным образом из-за загрязнения поверхностей изоляторов при наличии увлажнений. Основной причиной загрязнения является оседание на поверхность изолятора углеродистых соединений, графита, зол и других веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятием. Такие химические соединения образуют на поверхности изолятора несмываемые токопроводящие отложения. По данным [1] черная металлургия является одним из наиболее экологически "грязных" производств. Наибольший уровень загрязнений атмосферы в России дают Череповецкий, Магнитогорский и Новолипецкий металлургические комбинаты. Интенсивность загрязнения поверхности изоляторов зависит от метеорологических условий, конструкции изолятора, близости источников загрязнения физических, а также химических свойств выбросов. Степень загрязненности может оцениваться по средней удельной поверхностной проводимости слоя загрязнения $\bar{\gamma}_n$. Классификация районов по величине удельной поверхностной проводимости приведена в [2]. Практическую ценность представляет оценка реального ресурса внешней изоляции распределительных сетей металлургических предприятий с учетом всех негативных факторов, воздействующих на нее. Для чего необходимо провести анализ распределения напряжения по длине гирлянд изоляторов с учетом относительной поверхностной проводимости слоя загрязнения. При наличии поверхностного загрязнения изолято-

ров по загрязненной поверхности изолятора потечет ток, который будет нагревать слой загрязнения. Проводимость слоя, в котором выделяется большая часть энергии, согласно [2] определяют интегрированием по длине пути тока утечки L_y

$$g = \frac{\pi}{L_y \int_0^{L_y} \frac{dx}{\gamma_n(x) \cdot D(x)}} = \frac{\pi \cdot \bar{\gamma}_n \cdot D_s}{L_y}, \quad (1)$$

где x – координата вдоль пути утечки;

$D(x)$ – функция изменения диаметра изолятора;

$\gamma_n(x)$ – закон изменения удельной поверхностной проводимости;

$\bar{\gamma}_n$ – усредненная по всей поверхности изолятора удельная поверхностная проводимость;

D_s – эквивалентный диаметр изолятора.

Подвесные гирлянды изоляторов, состоящие из отдельных тарельчатых изоляторов, могут быть представлены на схеме замещения в виде частичных емкостей dC_0 и паразитных емкостей относительно земли dC_s и высоковольтного провода dC_n . В случае эксплуатации таких изоляторов в загрязненной, окружающей среде, особенно при наличии промышленных выбросов, необходимо учитывать и загрязнение поверхностного слоя, который при определенных условиях проводит ток. В модели гирлянды изоляторов, предназначенной для исследования распределения напряжения по длине (рисунок 1), эта величина может быть учтена посредством частичных проводимостей изоляторов dg_0 .

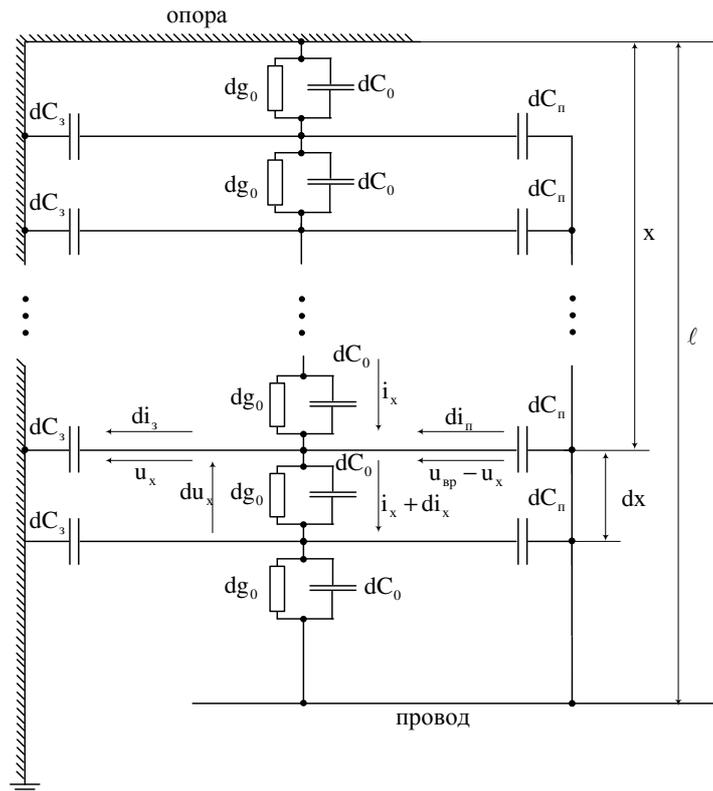


Рисунок 1 – Схема замещения гирлянды изоляторов с учетом паразитных емкостей и проводимости поверхностного слоя загрязнения

Для схемы (рисунок 1) может быть записано дифференциальное уравнение, характеризующее изменение напряжения

$$\frac{d^2 U_x}{dx^2} = - \frac{U_x \cdot j \cdot \omega (C_s + C_n)}{\ell^2 (g_0 + j \cdot \omega \cdot C_0)} + \frac{U_{сп} \cdot j \cdot \omega \cdot C_n}{\ell^2 (g_0 + j \cdot \omega \cdot C_0)}. \quad (2)$$

Решением уравнения (2) в виде действующего значения относительного влагоразрядного напряжения при определенных граничных условиях будет выражение

$$U_{ep} = \frac{C_3 \cdot \text{sh}(a \cdot \ell) + C_n \cdot (\text{sh}(a) - \text{sh}(a(1 - \ell)))}{(C_3 + C_n) \text{sh}(a)}, \quad (3)$$

где ℓ – относительная длина пути утечки гирлянды изоляторов ($\ell = x/\ell$);
 a – коэффициент, зависящий от параметров гирлянд изоляторов и внешних условий эксплуатации,

$$a = \sqrt{\frac{\omega(C_3 + C_n)}{\sqrt{g_0^2 + \omega^2 C_0^2}}}$$

Предложенная модель не учитывает процессы возникновения скользящего разряда и возможный пробой по поверхности изоляторов. Соответственно, не учитывается уменьшение допустимого относительного влагоразрядного напряжения при наличии поверхностного слоя загрязнения. Для того, чтобы определить возможность развития скользящего разряда по поверхности изолятора, необходимо записать уравнение, характеризующее горение дуги. Дуга загорается над поверхностью изолятора в месте высыхания увлажненной поверхности при последовательном соединении с сопротивлением слоя загрязнения. Для определения предельного для возможности развития разряда тока по поверхности изолятора удобно использовать эквивалентный диаметр изолятора D_3 и усредненную по поверхности проводимость слоя загрязнения $\bar{\gamma}_n$. В этом случае предельный ток по поверхности изолятора будет [2]

$$I_{np} = \sqrt[n+1]{A \cdot \pi \cdot D_3 \cdot \bar{\gamma}_n} \quad (4)$$

Сравнив эту величину с величиной полного тока, протекающего по поверхности загрязненного и увлажненного изолятора, можно получить величину предельного влагоразрядного напряжения, при котором возможно образование дуг и перекрытие всей гирлянды изоляторов

$$U_{ep} = \frac{\sqrt[n+1]{A \cdot \pi \cdot D_3 \cdot \bar{\gamma}_n \cdot L_y}}{\pi \cdot D_3 \cdot \bar{\gamma}_n} = \frac{\sqrt[n+1]{A \cdot L_y}}{g^{\frac{n}{n+1}}}, \quad (5)$$

где A, n – коэффициенты дуги, горящей над поверхностью изолятора между слоем загрязнения и металлическим электродом.

Для дуг, возникающих на изоляторах, в условиях систем электроснабжения можно принять $A = 1,9 \cdot 10^4 \text{ В} \cdot \text{А}^n / \text{м}$; $n = 0,45$.

Формула (5) показывает зависимость влагоразрядного напряжения от величины средней удельной проводимости или проводимости поверхностного слоя загрязнения и геометрических параметров изолятора или гирлянды. Таким образом, для каждой из гирлянд изоляторов может быть рассчитано влагоразрядное напряжение для любой величины проводимости поверхностного слоя загрязнения. В соответствии с данными [2] изолятор с величиной средней удельной поверхностной проводимости $\bar{\gamma}_n = 2 \cdot 10^{-7} \text{ См}$ может считаться чистым, поскольку такое загрязнение не изменяет нормальных условий эксплуатации изоляторов. Для оценки влияния проводимости слоя загрязнения на влагоразрядное напряжение удобно представить U_{ep} в относительных единицах, приняв за единицу величину влагоразрядного напряжения на гирлянде при $\bar{\gamma}_n = 2 \cdot 10^{-7} \text{ См}$. Выражение (5) может быть записано в системе относительных единиц

$$U_{ep*} = \frac{U_{ep}}{U_{ep}|_{\bar{\gamma}_n = 2 \cdot 10^{-7}}} = \left(\frac{2 \cdot 10^{-7}}{\bar{\gamma}_n} \right)^{\frac{n}{n+1}} = \left(\frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot D_3}{g \cdot L_y} \right)^{\frac{n}{n+1}} \quad (6)$$

По сути, выражение (6) представляет собой коэффициент, отражающий снижение действующего значения влагоразрядного напряжения при возникновении скользящего разряда и возможный пробой гирлянды изоляторов с загрязненной поверхностью.

Для полного отображения физической картины изменения влагоразрядного напряжения и его распределения по длине гирлянды изоляторов с учетом емкостных токов, токов утечки, а также процессов возникновения скользящего разряда по поверхности необходимо совместно решать уравнения (3) и (6). Результатом совместного решения этих уравнений является выражение (7)

$$U_{\text{сп}^*} = \left(\frac{2 \cdot 10^{-7}}{\bar{\gamma}_n} \right)^{\frac{n}{n+1}} \cdot \frac{C_3 \text{sh}(a \cdot \ell.) + C_n \{ \text{sh}(a) - \text{sh}[a(1-\ell.)] \}}{(C_3 + C_n) \text{sh}(a)} \quad (7)$$

Зависимость (7) состоит из двух частей. Первая показывает изменение действующего значения влагоразрядного напряжения при увлажнении загрязненной поверхности изоляторов, а вторая – распределение напряжения по длине гирлянды с учетом емкостных токов и токов утечки по загрязненной поверхности. Графически зависимость (7) при учете крайних условий $C_3 > C_n$ и $C_3 < C_n$ представлены на рисунке 2 в виде плоскостей, между которыми образуется пространственная область, отражающая распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов ВЛ $U_{\text{ном}} = 110$ кВ для любых соотношений емкостей C_3, C_n и удельных поверхностных проводимостей для частоты питающего напряжения 50 Гц. Учет в модели процессов возникновения скользящего разряда по поверхности изоляторов, а также токов утечки посредством усредненной поверхностной проводимости слоя загрязнения $\bar{\gamma}_n$ позволяет проследить влияние реальных условий эксплуатации гирлянд изоляторов ВЛ 35-330 кВ металлургических предприятий на эффективность функционирования этих конструкций. Анализ на модели показал, что напряженность неоднородного электрического поля воздействует на изоляторы в гирлянде неравномерно.

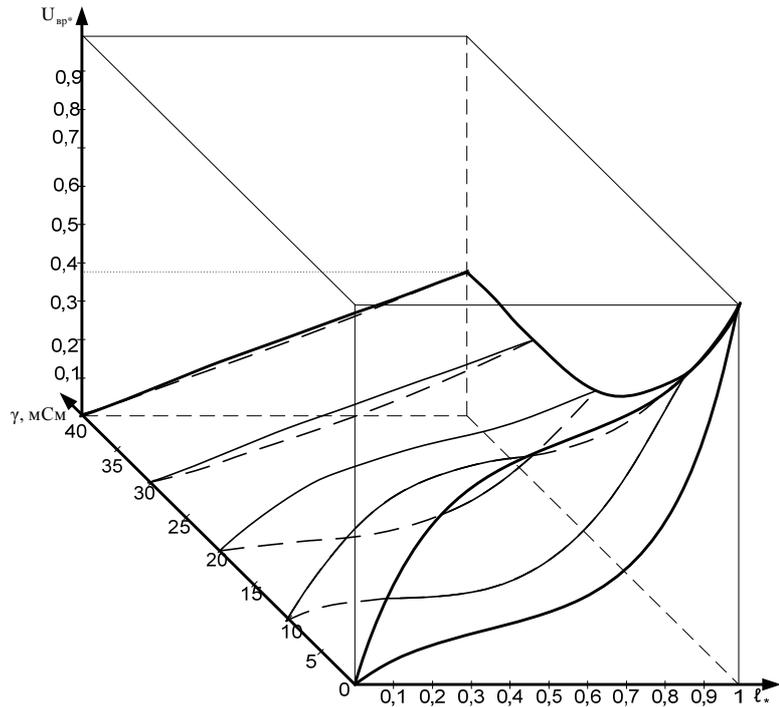


Рисунок 2 – Пространственное распределение напряжения вдоль гирлянд изоляторов ВЛ-110 кВ с учетом проводимости поверхностного слоя загрязнения

Для обоих случаев изменения паразитных емкостей относительно провода и земли (опоры ЛЭП) $C_3 < C_n$ и $C_3 > C_n$ наблюдается значительная неравномерность в распределении напряжения по длине гирлянды изоляторов. Это вызывает преждевременное перекрытие или потерю части электроизоляционных свойств изоляторов, находящихся вблизи провода или траверсы опоры ЛЭП. Наличие загрязнения на поверхности изоляторов уменьшает неравномерность распределения напряжения по длине гирлянды. Это происходит из-за того, что при увлажнении загрязненной поверхности изолятора токи утечки начинают превышать емкостные токи. При этом наблюдается частичное высыхание увлажненной загрязненной поверхности, увеличивается неравномерность распределения напряжения и возможно развитие скользящего разряда по поверхности изолятора вплоть до полного перекрытия гирлянды. Исследования, проведенные в лаборатории «Лебедянских РЭС» показали, что высыхание увлажненной поверхности загрязненных изоляторов происходит в среднем за 3 мин. Это свидетельствует о том, что в случае длительного воздействия на увлажненную изоляционную конструкцию повышенного напряжения возможно перекрытие гирлянды при возникновении скользящего разряда. Длительность воздействия возмущающего фактора должна соответствовать длительности частичного высыхания насыщенного влагой слоя загрязнения (0,5-2 мин.). Такие воздействия вызываются квазистационарными, дугowymi и резонансными перенапряжениями. При импульсном воздействии повышенного напряжения с малой длительностью снижение электрической прочности вследствие возникновения скользящего разряда по поверхности изолятора не наблюдается. Однако, при этом необходимо учитывать неравномерность распределения напряжения по длине гирлянды изоляторов, поскольку влагоразрядная напряженность электрического поля по строительной высоте на

различных изоляторах может отличаться более, чем в шесть раз (см. рисунок 2). Эти особенности следует учитывать и при возникновении коммутационных перенапряжений в системах электроснабжения металлургических предприятий. Коммутационные перенапряжения в электрических сетях такого класса характеризуются высокой кратностью и частотой. В зависимости от длин линий и наличия демпфирующих сопротивлений частота напряжения при коммутационных перенапряжениях в системах электроснабжения металлургических предприятий может достигать 3-15 кГц. Как показали исследования, проведенные на модели, даже при меньшей частоте приложенного к изоляционным конструкциям напряжения емкостные токи значительно увеличиваются, по сравнению с токами утечки. Это приводит к уменьшению демпфирующего действия слоя загрязнения и появления резкой неравномерности в распределении напряженности электрического поля по строительной высоте изолятора. Кроме того, из-за наличия насыщенного слоя загрязнения происходит резкое снижение влагоразрядного напряжения, что значительно увеличивает вероятность перекрытия изоляционных конструкций при воздействии таких возмущающих факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций. Основные опасности техногенного и экологического характера [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / МЧС РФ. -Режим доступа: <http://www.csi-mchs.ru/www/posobija/2/1-1.htm>

2 **Костенко, М.В.** Техника высоких напряжений / М.В. Костенко. -М.: Высш. шк., 1973. - 528 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Изоляционные конструкции систем электроснабжения; изолятор гирлянды
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Зацепина Виолетта Иосифовна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»
Зацепин Е.П., канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

В.И. Зацепина, А.А. Шпиганович

Рассмотрены вопросы построения математической модели, отображающей функционирование электрооборудования металлургических производств и учитывающей режимы работы элементов системы электроснабжения и их нагрузки.

Работа элементов системы электроснабжения промышленных производств во времени может быть отображена тремя режимами: нагрузочным, холостым ходом и в виде простоя [1]. Уровень нагрузки при холостом ходе элемента минимальный, постоянный во времени. Графически режимы работы элемента (оборудования) представлены на рисунке 1а, график которого носит качественный характер. По длительности режимы работы между собой несопоставимы. Простои в рассматриваемом случае определяются надежностью оборудования. Это вероятностные величины. Их продолжительность определяется трудоемкостью устранения неисправностей, квалификацией обслуживающего персонала, техническим оснащением предприятия, а также организацией ремонтов. Нагрузочный режим электрооборудования и его холостой ход определяются цикличностью технологического процесса производства. Нагрузочный режим характеризуется переменной интенсивностью мощности. Он в строгой последовательности чередуется с режимом холостого хода. Если из системы электроснабжения выделить единицу электрооборудования, то в качестве математической модели, описывающей его работу, можно использовать стационарный импульсный поток $X_i(t)$. Распределение длительностей импульсов τ_i и пауз (простоев) θ_i потока $X_i(t)$ описываются соответственно законами распределения, установленными на основании статистических данных рабочих состояний и простоев оборудования.

Математические ожидания длительностей импульса τ_i^* и паузы θ_i^* выражаются зависимостями

$$\tau_i^* = \int_0^{\infty} \tau \alpha_i(\tau) d\tau; \theta_i^* = \int_0^{\infty} \theta \beta_i(\theta) d\theta, \quad (1)$$

где $\alpha_i(\tau), \beta_i(\theta)$ – плотности вероятностей значений длительностей импульсов и пауз $X_i(t)$.

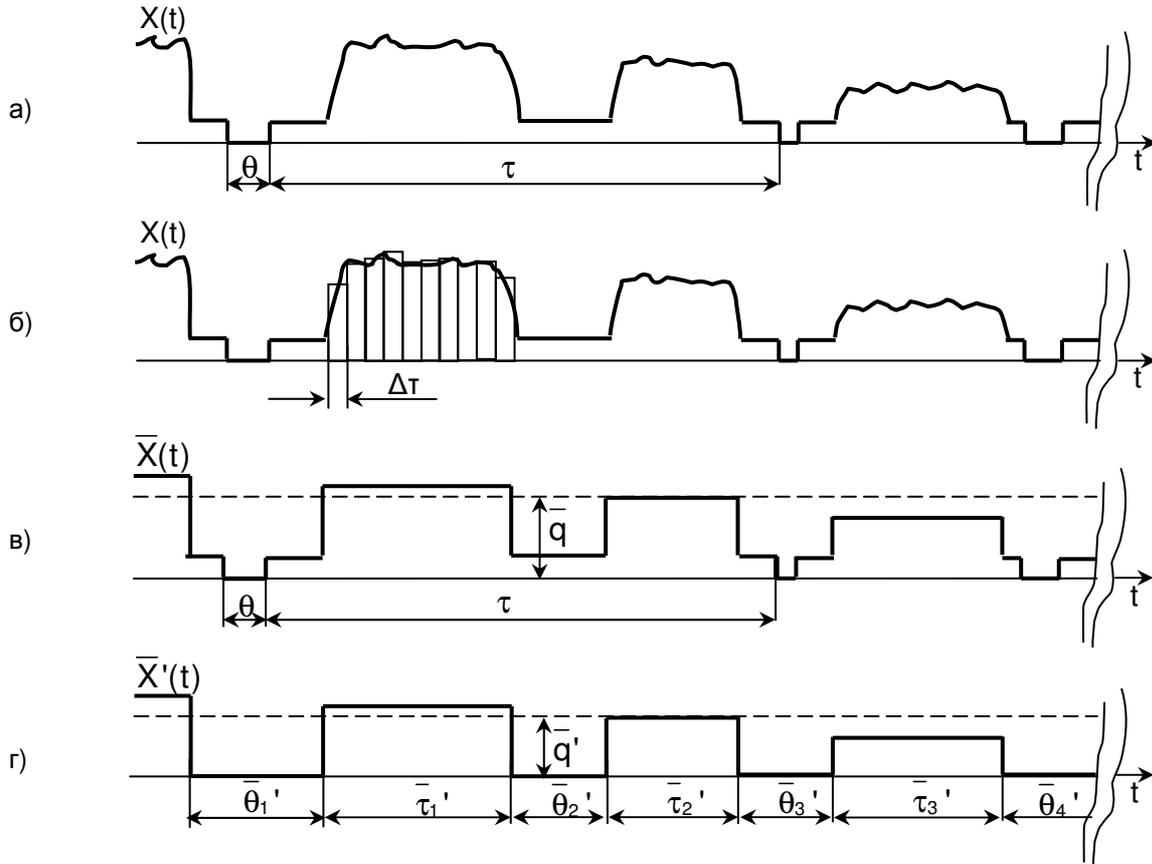


Рисунок 1 – К определению математической модели функционирования электрооборудования

Средние значения длительностей импульсов и пауз случайного потока определяются как средние арифметические значения случайных величин $\bar{\tau}_i$ и $\bar{\theta}_i$ [2].

Если $\tau_i \rightarrow \infty$ и $\theta_i \rightarrow \infty$, то $\bar{\tau}_i \rightarrow \tau_i^*$, а $\bar{\theta}_i \rightarrow \theta_i^*$. Для потока $X_i(t)$ средняя частота импульсов $\bar{\mu}_i$ равна частоте пауз. Она определяется как

$$\bar{\mu}_i = (\bar{\tau}_i + \bar{\theta}_i)^{-1}. \quad (2)$$

По средним длительностям импульсов и пауз рассчитываются вероятности появления импульсов p_i и пауз \bar{p}_i потока $X_i(t)$, как

$$p_i = \bar{\tau}_i (\bar{\tau}_i + \bar{\theta}_i)^{-1} = \bar{\mu}_i \bar{\tau}_i; \bar{p}_i = \bar{\theta}_i (\bar{\tau}_i + \bar{\theta}_i) = \bar{\mu}_i \bar{\theta}_i. \quad (3)$$

Формулы временных параметров (1)-(3) соответствуют потокам $X_i(t)$ см. рисунок 1а-1в. В этом случае рассматриваются работоспособные и неработоспособные состояния электрооборудования. Когда кроме временных параметров необходимо учитывать нагрузки, то рассчитываются изменения амплитуды импульсов. Чтобы установить законы распределения и математические ожидания высот импульсов, используем следующий подход. Импульсы с переменной высотой представим в виде непрерывно следующих друг за другом постоянных по высоте за промежуток времени $\Delta\tau$ импульсов (см. рисунок 1б). Любой импульс с изменяющейся высотой можно представить ступенчатым импульсами, уменьшая $\Delta\tau$. Средняя высота импульсов $\bar{\tau}'$ (см. рисунок 1б) рассчитывается как среднееарифметическое значение высот импульсов длительностью $\Delta\tau$. При независимых изменениях высот импульсов длительностью $\Delta\tau$ среднеквадратическое отклонение σ_τ определяется из уравнения

$$\sigma_\tau = \sigma_\Delta \sqrt{\frac{\Delta\tau}{\tau}}. \quad (4)$$

При этом необходимо знать среднеквадратическое отклонение σ_Δ , которое обычно по-

лучают на основании данных хронометражных наблюдений. Средняя высота рассматриваемых импульсов всегда будет равна средней высоте импульсов длительностью $\Delta\tau$, т.е. $\bar{q}_\tau = \bar{q}_\Delta$. Для того чтобы установить σ_τ , если изменения высот зависят от длительностей импульсов, необходимо, кроме отклонения σ_Δ , знать корреляционную функцию. Ее использование позволяет определить дисперсию, по которой рассчитывается σ_τ .

Вид закона распределения высоты прямоугольного импульса, эквивалентного импульсу с изменяющейся высотой, можно установить теоретически. Для этой цели определим вероятность последовательного появления k импульсов длительностью $\Delta\tau$ в импульсе длительностью τ и математическое ожидание

$$p(k\Delta\tau \geq \Delta\tau) = 1 - \sum_0^{n-1} \bar{p}_{\tau i}, \quad (5)$$

$$\bar{S}_{\tau i} = \frac{1 - \sum_0^n \bar{p}_{\tau i}}{\sum_0^n (-1)^{n+i} \bar{\mu}_{\tau i}}, \quad (6)$$

где $\bar{p}_{\tau i}, \bar{\mu}_{\tau i}$ – вероятность неоявления и частота следования i -го импульса длительностью $\Delta\tau$, ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

В нашем случае следующие друг за другом импульсы одинаковы. Они ничем не отличаются между собой, поэтому формулы (5) и (6) приобретают вид

$$p(k\Delta\tau \geq \Delta\tau) = 1 - \sum_0^{n-1} C_n^i \bar{p}^i (1 - \bar{p})^{n-i}; \quad (7)$$

$$\bar{S}_{\tau i} = \frac{(n - \Delta\tau)!(\Delta\tau - 1)! 1 - \sum_0^n C_n^i \bar{p}^i (1 - \bar{p})^{n-i}}{n! \bar{\mu} \bar{p}^{i-1} (1 - \bar{p})^{n-1}}. \quad (8)$$

Средняя частота рассматриваемых событий будет

$$\bar{\mu}_{\tau i} = \frac{n!}{(n - \Delta\tau)!(\Delta\tau - 1)!} \bar{\mu} \bar{p}^i (1 - \bar{p})^{n-1}. \quad (9)$$

Выражения (8) и (9) при больших значениях k могут быть упрощены:

$$\bar{\mu}_{\tau i} \approx n\bar{\mu} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{2}{2\sigma^2}\right); \quad (10)$$

$$\bar{S}_{\tau i} \approx \frac{1}{n\bar{\mu}} \exp\left(-\frac{2}{2\sigma^2}\right) \int_{x_i}^x \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx, \quad (11)$$

где $X = \Delta\tau - n\bar{p}$; $\sigma = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$.

По мере увеличения числа импульсов длительностью $\Delta\tau$, входящих в импульс длительностью τ , в соответствии с теоремой Муавра-Лапласа, распределение высот прямоугольного эквивалентного импульса стремится к нормальному закону. Это можно проследить на примере распределения высоты прямоугольного импульса, образованного от трех импульсов длительностью $\Delta\tau$. Вид полученного нормального закона не зависит от законов распределения высот слагаемых импульсов.

Если из анализа исключить отказы оборудования, то эквивалентный поток будет состоять из импульсов, отображающих нагрузочные режимы и паузы, соответствующих холостому ходу. Графически такой поток $\bar{X}'(t)$ представлен на рисунке 1г. Высота импульсов $\bar{X}'(t)$ определяется нагрузкой, а временные его параметры циклической работой технологических машин. Следовательно, $\bar{X}'(t)$ можно отнести к регулярному потоку с постоянными по длительности импульсами и паузами. Регулярный поток, в котором события отделены друг от друга равными интервалами, не является простейшим. Вызвано это с тем, что моменты появления следующих друг за другом событий между собой взаимосвязаны функциональной зависимостью. Именно из-за наличия последовательности анализ таких процессов значительно усложняется.

Степень последствия можно оценить значением специального коэффициента k , который определяет количество импульсов длительностью $\Delta\tau$, входящих в импульс нагрузочно-

го режима длительностью τ . По закону Эрланга k -го порядка [2] рассчитывают плотность вероятности λ длительности импульсов потока $\bar{X}'(t)$, а затем из формул дисперсии и среднеквадратичного отклонения нормированной длительности $\bar{\tau}$

$$D = \frac{k+1}{\lambda^2(k+1)^2} = \frac{1}{\lambda^2(k+1)}; \quad (12)$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{k+1}}{\lambda(k+1)} = \frac{1}{\lambda\sqrt{k+1}}, \quad (13)$$

рассчитывается значение k , определяющее последствие рассматриваемых событий. Если $k = \infty$, то между моментами появления импульсов и пауз осуществляется жесткая функциональная связь. Когда $k = 0$, последствие отсутствует.

Аналогичным образом может быть построена математическая модель функционирования элемента системы электроснабжения любого производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бош, В.И.** Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения с резонансными явлениями гармонических составляющих в сталеплавильных и прокатных производствах: монография / В.И. Бош. -Липецк: ЛГТУ, 2005. -141 с.

2 **Шпиганович, А.Н.** Случайные потоки в решениях вероятностных задач: учеб. пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. -Липецк: ЛГТУ, 2003. -233 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическое описание; системы электроснабжения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шпиганович Алла Александровна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»
Зацепина Виолетта Иосифовна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ЛГТУ»

ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕТИ С ИСКАЖАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Г. Вишнягов, Ю.М. Иванова, В.Г. Сальников

На основании теоремы о параметрах показано, что щитовые электроизмерительные приборы на преобразовательных подстанциях только косвенно отображают электромагнитную обстановку. Определены направления исследования, устраняющие неопределенность информации.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств представляет глобальную проблему в электроэнергетике. Соответствие уровней ЭМС для кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП) требованиям ГОСТ 13109-97 необходимо: для обеспечения мероприятий по защите жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного имущества, по охране окружающей среды; для повышения технико-экономических показателей производства и качества выпускаемой ими продукции [1, 2].

Основным научным направлением решения проблемы ЭМС технических средств в электроэнергетических системах (ЭЭС), развитым учеными многих стран мира [2, 3], является улучшение электромагнитной обстановки (ЭМО), путем повышения показателей качества электроэнергии (КЭ). Однако, сложившаяся в электроэнергетике ситуация обуславливает поиск в рамках этого научного направления других более конструктивных подходов к решению проблемы ЭМС.

К этому необходимо учесть, что проблема ЭМС технических средств отдельных регионах России обострилась в последнее время из-за нарушения баланса электрической мощности и, как следствие, изменения интегрального показателя региональных ЭЭС – полной мощности трехфазного короткого замыкания (КЗ). Усилилось влияние искажающей нагрузки в основном предприятий тяжелой промышленности и электрифицированного железнодорожного транспорта, работающих в предельных режимах, на электрические сети различного напряжения. Воздействие кондуктивных ЭМП осуществляется на основное электрооборудование ЭЭС, которое в значительной части отработало свой нормативный ресурс. К 2015 г. выработка ресурса генерирующих мощностей достигнет 62% от установленной мощности,

расчетные ресурсы выработают 58% силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, 75% электрических сетей. Темпы нарастания изношенного электрооборудования составляют от 2 до 6% в год от общего количества [4, 5].

Таким образом, в ближайшие десятилетия бесперебойное электроснабжение регионов будет определяться надежностью действующего в настоящее время оборудования. Поэтому актуален также поиск путей продления ресурса действующего электрооборудования за счет улучшения ЭМО, путем подавления кондуктивных ЭМП. Это необходимо осуществить при отсутствии сертификации электрической энергии в системах электроснабжения промышленных предприятий (юридических лиц), которые, с одной стороны, являются главными источниками ЭМП, а с другой стороны, несут значительные убытки от несоответствия показателей КЭ стандартным требованиям. Сертификации подлежат только технические средства электрифицированного железнодорожного транспорта, являющиеся источниками электромагнитных излучений, на соответствие допустимым уровням. Это обусловлено тем, что электрическая железная дорога имеет особое значение и оказывает (признано директивными документами [2]) значительное влияние на смежные слаботочные системы, включает следующие влияющие линии: тяговая сеть, полностью несимметричная по параметрам и передающая электроэнергию с несинусоидальными переменными или пульсирующими постоянными токами и напряжениями; распределительные линии переменного тока для продольного электроснабжения автоблокировки и нетяговых потребителей с несимметричными несинусоидальными (из-за электрической тяги) напряжениями и токами.

В связи с изложенным разработка теории кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, с целью обеспечения необходимых уровней ЭМС технических средств соответствует научному направлению технического комитета №77 «Электромагнитная совместимость электрооборудования, присоединенного к общей электрической сети» Международной электротехнической комиссии (МЭК). Изложение уже полученных научных положений этой теории осуществим в определенной последовательности. Однако, невозможно все изложить в одной статье, поэтому предполагается, что их будет несколько. Основной задачей данной статьи является исследование показателей КЭ в ЭЭС, как параметров ЭМО, которая характеризуется совокупностью электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах [4]. Нарушение качества электроэнергии усложняет ЭМО, обуславливает появление кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, изменяет уровень ЭМС технических средств в ЭЭС [5]. Изменения показателей КЭ в течение суток (расчетный период измерения) протекают случайным образом [1, 3].

Таблица – Интервалы усреднения результатов измерений показателей КЭ

Показатель КЭ	Интервал усреднения, с
Установившееся отклонение напряжения δU_y	60
Размах изменения напряжения δU_c	–
Доза фликера P_{Lt}	–
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U	3
Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	3
Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности	3
Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	3
Отклонение частота Δt	20
Длительность провала напряжения Δt_n	–
Импульсное напряжение $U_{имп}$	–
Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$	–

Основным нормативно-техническим и методическим документом, устанавливающим показатели и нормы качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии (точки общего присоединения), является ГОСТ 13109-97 [1]. Этот стандарт не комментирует показатели КЭ, которые выходят за установленные значения, как параметры ЭМО. В связи с этим возникает вопрос о достаточности представления

ЭМО в ЭЭС, в которых нарушены нормируемые уровни ЭМС, только показателями КЭ. Для ответа на этот вопрос, первоначально, рассмотрим ретроспективно теорему о характеристике ЭМО, обусловленной изменением x_i -го показателя КЭ, при условии, что этот показатель КЭ определен прибором или измерительно-вычислительным комплексом (ИВК), которые наряду с другими требованиями соответствуют также требованиям стандарта по интервалам усреднения результатов измерений показателей КЭ. В таблице приведены интервалы усреднения результатов изменений показателей КЭ [1].

Теорема 1. Если функция $f(x_i)$ определена при $a \leq x_i \leq b$, $t' \leq t \leq t''$ и при каждом фиксированном x_i интегрируема по t , то

$$F(X_i) = \int_{t'}^{t''} f(x_i) dt, \quad (1)$$

определяет на отрезке (a, b) некоторую функцию переменного X_i , являющуюся параметром.

Доказательство. Для доказательства используем методы теории интегралов, зависящих от параметров [6]. Пусть $f(x_i)$ представляет коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $f(K_U)$, являющийся одним из показателей КЭ. Идеализированная диаграмма непрерывного измерения коэффициента K_U в сети 110 кВ приведена на рисунке 1. Учитывая, что подинтегральная функция $f(K_U)$ задана графиком, определенный интеграл (1) можно представить в виде

$$F(K_U) = \int_{t'}^{t''} f(K_U) dt. \quad (2)$$

Кривая $f(K_U)$ не выражена элементарной функцией, поэтому вычисление определенного интеграла осуществляется методом механических квадратур теории приближенного вычисления определенных интегралов. Отрезок этой кривой (ab) на рисунке 1 заменяется горизонтальной прямой $(a'b')$, проходящей через точку М пересечения графика $f(K_U)$ вертикальной прямой, исходящей из $t_0 = (t'' - t')/2 = \tau/2$. При одном заданном значении $t_0 = \tau/2$ получаем значение подинтегральной функции

$$f(K_U) = K_U(t_0). \quad (3)$$

Заменяя подинтегральную функцию полученным значением, производим вычисление

$$F(K_U) = \int_{t_0 - \frac{\tau}{2}}^{t_0 + \frac{\tau}{2}} K_U(t_0) dt = K_U(t_0) \tau. \quad (4)$$

Приближенное значение интеграла (4) дает площадь прямоугольника $(t'a'b't'')$ вместо площади покрываемой ординатами графика $f(K_U)$ и точками t' и t'' на оси ординат t $(t'abt'')$. Величина $K_U(t_0)$ представляет некоторую функцию переменного K_U на участке (ab) графика $f(K_U)$ при заданном интервале усреднения τ . Теорема доказана.

Таким образом, если функция $f(x_i)$ интегрируема по t , то измеренная величина x_i отображает (показывает) параметр ЭМО в электрической сети в момент времени t . Это условие выполняется, если показатель КЭ изменяется в нормируемых пределах, когда достоверно известно, что функция $f(x_i)$ непрерывна на участке (ab) . Причем каждый i -ый показатель КЭ характеризуется в течение расчетного времени измерения множеством действительных чисел M_i непрерывно распределенных в заданных интервалах случайных величин.

Согласно положениям теории множеств это множество является точечным и конечным потому, что может быть занумеровано не более чем n числами. Оно является ограниченным потому, что каждое значение X_i ограничено снизу и сверху определенными пределами изменения показателя КЭ, возможными в реальной электрической сети [6].

Верхней гранью множества M_i (точкой верхней грани) является число G_i потому, что для любого действительного $\varepsilon > 0$ существует такое $X_i' \in M_i$, что $G_i - \varepsilon < X_i'$. Обозначается

верхняя грань выражением

$$G_i = \sup M_i = \sup_{X_i \in M_i} X_i . \quad (5)$$

Эта величина является наибольшим элементом ограниченного сверху множества M_i

$$\sup_{X_i \in M_i} X_i = \max_{X_i \in M_i} X_i . \quad (6)$$

Нижней гранью множества M_i (точкой нижней грани) является число g_i потому, что для любого действительного $\varepsilon > 0$ существует такое $X_i' \in M_i$, что $X_i' < g_i + \varepsilon$. Обозначается нижняя грань выражением

$$g_i = \inf M_i = \inf_{X_i \in M_i} X_i . \quad (7)$$

Для ограниченного снизу множества M_i эта величина является минимальным элементом

$$\inf_{X_i \in M_i} X_i = \min_{X_i \in M_i} X_i . \quad (8)$$

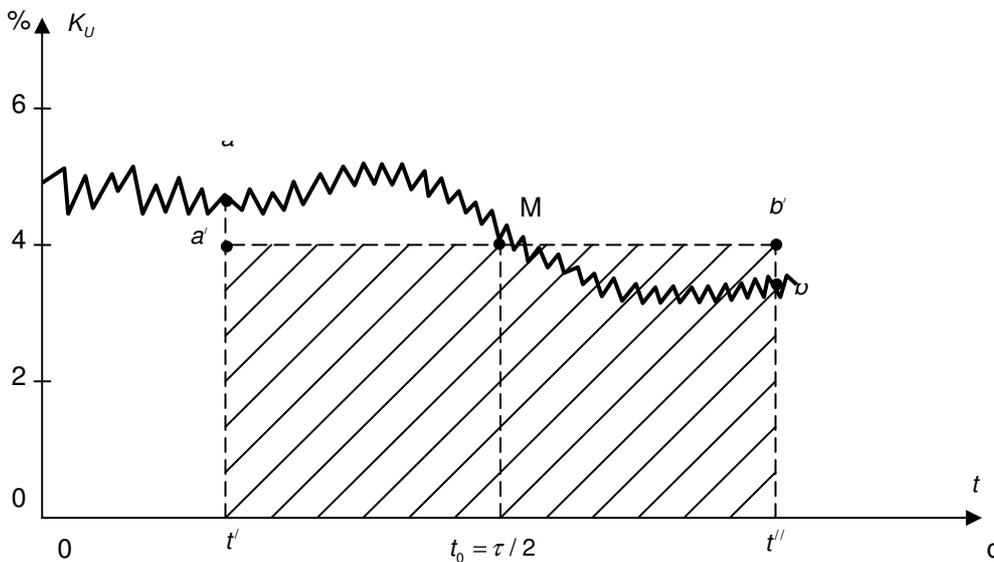


Рисунок 1 – Идеализированная диаграмма непрерывного измерения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения

Множество M_i является замкнутым, так как оно содержит все свои предельные точки $(-\infty, -X_n)$, и ограниченным потому, что может быть заключено в n -мерный шар конечного радиуса [6]. Это множество, отображающее параметр ЭМО в электрической сети по одному i -му показателю КЭ, является подмножеством множества ΣM .

Множество ΣM представляется математической моделью

$$\Sigma M = \{ g^{(1)}, g^{(2)}, \dots, g^{(i)}, \dots, g^{(n)} \}, \quad (9)$$

где n – количество показателей КЭ, характеризующих ЭМО в сети;

$g^{(i)}$ – параметр i -го показателя КЭ;

$g^{(i)} \in \Sigma M; i = \overline{1, n}$ – замкнутое множество.

При измерении качества электроэнергии на счетных устройствах ИВК устанавливают для каждого x_i определенное количество интервалов, а также границы распределения этого показателя КЭ в течении суток. На основании этих интервалов, которые являются подмножествами $M_{i,u}$ множества $M_i (M_{i,u} \in M_i)$, составляется таблица распределения с указанием вероятностей (частостей) попадания измеренных значений величины в интервалы, на которые разбит весь диапазон измерения величины. При этом общая характеристика ЭМО, обусловленная значениями X_i i -го показателя КЭ представляется как

$$X \left\{ \begin{matrix} X_1, & X_2, \dots, & X_i, \dots, & X_n \\ p(X_1), & p(X_2), \dots, & p(X_i), \dots, & p(X_n) \end{matrix} \right\}, \quad (10)$$

где $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$ – возможные значения, принимаемые величиной X_i ;
 $p(X_1), p(X_2), \dots, p(X_i), \dots, p(X_n)$ – вероятности возможных значений.

Совокупность всех возможных значений X образует случайный процесс, который имеет название показателя КЭ X_i [4, 5].

Однако, полученным значениям параметров ЭМО по самому существу присуща некоторая неопределенность потому, что табличное описание предполагает выбор определенной системы интервалов, зависящей в известной степени от опыта исследователя и от точности измерений. Поэтому таблица распределения X_i по интервалам и гистограмма распределения этой величины не отображают достоверно случайный процесс. Для устранения этой неопределенности необходимо результаты измерений оценивать методами математической статистики и теории вероятностей [4].

Теперь перейдем к оценке показаний приборов и ИВК как параметров ЭМО в ЭЭС при значительных нарушениях показателей КЭ.

Нарушение допустимых значений показателя КЭ обуславливается электромагнитным процессом в ЭЭС, время протекания которого меньше или соизмеримо с интервалом усреднения результатов измерений (см. таблицу). В связи с этим функция $f(x_i)$ не является непрерывной на отрезке (ab) , поэтому согласно теоремы о существовании определенного интеграла она не интегрируется на этом отрезке. Следовательно, некоторая функция переменного X_i не является параметром (теорема 1).

Таким образом, при значительных отклонениях показателей КЭ от нормируемых значений щитовые подстанционные приборы не отображают параметры ЭМО в ЭЭС. По ним можно только косвенно судить о функционирующих в ЭЭС электромагнитных процессах, нарушающих ЭМС технических средств. Для того чтобы показания приборов отображали ЭМО, необходимо исключить интервалы усреднения. Это возможно при условии изменения концепции построения этих приборов: наделяния их первичной и главной функцией многоканального осциллографирования процессов и сохранения всех присущих им полезных функций. Примером новых разработок является 32-канальный осциллограф-анализатор «Нева-ИПЭ» (НПФ «Энергосоюз»). Близки к нему по принципу построения 16-канальный прибор типа РП 4.08 (фирма «Парма») и IWK-1000 (усовершенствованный в Германии прибор «ИВК-Омск»). Оперативное получение информации о нестандартных режимах в виде осциллограмм токов и напряжений и рассчитанных по ним мощностей и показателей КЭ сокращает время на исследования и эксперименты в региональных ЭЭС. Хранение в памяти приборов файлов процессов позволяет проводить их обработку по любым, в том числе и нестандартным алгоритмам.

Однако, совершенно очевидно, что одними средствами измерения показателей КЭ проблему ЭМС технических средств не решить. Решение этой проблемы представляется путем применения эффективных мер по управлению и подавлению кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, на основе имеющегося парка электроизмерительных приборов и систем [4].

Заключение. Установленные интервалы усреднения результатов измерения показателей КЭ (см. таблицу) принятые стандартом [1] для нормированных значений этих показателей позволяют с точностью измерения определить параметры ЭМО. Эти параметры ЭМО характеризуют электроэнергию как товар на оптовом и розничном рынках электроэнергии, относятся к квалиметрии, разделу метрологии, изучающему вопросы измерения качества.

Для оценки параметров ЭМО в ЭЭС с мощными искажающими нагрузками нужны щитовые подстанционные приборы учитывающие особенности соответствующих электромагнитных процессов.

Для эффективного использования имеющегося парка щитовых электроизмерительных приборов на мощных преобразовательных подстанциях для оценки параметров ЭМО необходимо разработать методику их определения на основе теории кондуктивных ЭМП [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **ГОСТ 13109-97.** Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 1999-01-01. -

Минск: Стандарты, 1998. -31 с.

2 **Бадер, М.П.** Электромагнитная совместимость: учеб. для вузов железнодорож. трансп / М.П. Бадер. -М.: УМК МПС, 2002. -638 с.

3 **Сальников, В.Г.** Эффективные системы электроснабжения предприятий цветной металлургии / В.Г. Сальников, В.В. Шевченко. -М.: Металлургия, 1986. -320 с.

4 **Иванова, Е.В.** Кондуктивные электромагнитные помехи в сетях транспортных систем (теория, расчет, подавление) / Е.В. Иванова // Трансп. дело России. -2006. -№8. -С. 16-20.

5 **Иванова, Е.В.** Кондуктивные коммутационные помехи в местных электрических сетях промышленных предприятий и электростанций / Е.В. Иванова // Промышл. энергетика. - 2003. -№7. -С. 36-40.

6 **Бронштейн, И.Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. -М.: Наука, 1981. -721 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электромагнитная обстановка; щитовые электроизмерительные приборы

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Вишнягов Михаил Геннадиевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Иванова Юлия Михайловна, соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДУГОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ НИЗКИХ И СРЕДНИХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЙ

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

В.А. Благинин, И.Е. Кажекин

Получена экспериментальная оценка максимальных дуговых перенапряжений в судовых электросетях низких и средних классов напряжений. Определен статический закон распределения дуговых перенапряжений.

На протяжении всей истории развития современного флота наблюдается постоянный и устойчивый рост электро- энерговооруженности морских и речных судов. В доминирующих сейчас на флоте электросистемах переменного тока с изолированной нейтралью это приводит к увеличению токов однофазных замыканий на корпус. К настоящему времени на значительной части судов они превысили некоторые предельно допустимые значения, установленные по критериям электро- и пожаробезопасности. В результате возникла необходимость изменения способа заземления нейтрали и перехода от режима изолированной нейтрали к другим режимам, обеспечивающих более высокие уровни безопасности при возникновении однофазных замыканий на корпус.

При сопоставлении режимов нейтрали степень опасности замыканий на землю (на судах – на корпус) обычно оценивается по двум важнейшим показателям – по величине тока замыкания и по уровню максимальных дуговых перенапряжений, порождаемых этими замыканиями. И если расчет тока замыкания обычно не вызывает серьезных затруднений при проектировании судовых электросетей, то достоверное прогнозирование наибольших величин дуговых перенапряжений часто оказывается практически невозможным из-за отсутствия завершенной теории и соответствующей методики расчета. Исключение составляет лишь расчет перенапряжений для сетей с изолированной нейтралью напряжением 6-10 кВ, для которых усилиями Н.Н. Белякова [1] и ряда других авторов были собраны и систематизированы достаточные данные, позволяющие прогнозировать возможные кратности дуговых перенапряжений. Для других уровней напряжений оценка максимальных дуговых перенапряжений сейчас может проводиться лишь по гипотетическим теориям Петерсена и Петерса-Слепяна, которые не в полной мере подтверждаются экспериментальными данными и приводят к совершенно расходящимся между собой результатам. Оценка максимальных перенапряжений при иных режимах нейтрали оказывается еще более затруднительной. Обычно она в определенной степени основывается на результатах, полученных для сетей с изолированной нейтралью. По этим причинам дальнейшее развитие теории дуговых перенапряжений и сейчас представляет значительный интерес.

В предлагаемой работе была поставлена задача восполнить недостаток экспериментальных данных об уровнях максимальных дуговых перенапряжений в низковольтных сетях с изолированной нейтралью и разработать методику их прогнозирования для изолирован-

ных сетей при достаточно широком диапазоне номинальных напряжений.

О теориях дуговых перенапряжений в изолированных сетях 6-10 кВ. Известно, что кратности дуговых перенапряжений определяются поведением заземляющей дуги в точке замыкания. Исходя из гипотетических или экспериментально подтвержденных предположений об особенностях ее зажигания и гашения, в разные годы были предложены три принципиально отличающиеся друг от друга теории развития наибольших дуговых перенапряжений – теории Петерсена, Петерса-Слепяна и Белякова [1]. Из этих теорий экспериментально обоснованной представляется лишь теория Н.Н. Белякова, а две остальные лишь являются развернутыми гипотезами. Первая – о недостижимом верхнем пределе наибольших перенапряжений, вторая – об их маловероятном нижнем пределе.

Согласно теории Н.Н. Белякова гашение дуги происходит после каждого перехода тока замыкания через нулевое значение, однако если высокочастотный максимум восстанавливающегося напряжения превышает величину пробивного напряжения дугового промежутка, то дуга загорается вновь. Для сетей 6-10 кВ им было экспериментально установлено, что окончательное гашение не может произойти, если высокочастотный максимум напряжения, названный автором «пиком гашения» $U_{пг}$, превысит 1800 В. Этим условием ограничивается наибольшая величина дуговых перенапряжений, что и составляет основу теории Н.Н. Белякова.

От величины высокочастотного максимума зависит постоянное напряжение смещения нейтрали сети относительно земли (корпуса), остающееся на фазных емкостях сети после гашения дуги. Его значение определяется выражением

$$U_{см} = \frac{U_{пг}}{2} + U_{фм}, \quad (1)$$

где $U_{см}$ – остающееся после гашения дуги напряжение смещения нейтрали по постоянному потенциалу;

$U_{пг}$ – величина наибольшего высокочастотного максимума напряжения, при котором еще возможно успешное гашение дуги;

$U_{фм}$ – амплитуда фазного напряжения сети.

В свою очередь напряжение смещения нейтрали связано с величиной наибольших перенапряжений, возникающих при повторных зажиганиях дуги, следующим выражением

$$u_{пер} = \sqrt{3}U_{фм} \sin(\psi_3 + 30^\circ) + [U_{фм} \sin(\psi_3) - U_{см}]K_3, \quad (2)$$

где ψ_3 – момент повторного зажигания дуги;

K_3 – коэффициент, учитывающий уменьшение амплитуды высокочастотных колебаний напряжения из-за их затухания и из-за влияния междуфазной емкости.

При наибольшем значении $U_{пг}$, равном 1800 В, перенапряжения, возникшие при повторных зажиганиях дуги, в сетях 6-10 кВ, могут достигать величины $3,2 U_{фм}$ [2]. К сожалению, область применения теории Н.Н. Белякова ограничивается только сетями напряжением 6-10 кВ, поскольку величина $U_{пг}$ определена им только для этих напряжений. Ясно, что в аналогичных сетях с иными уровнями рабочих напряжений значение $U_{пг}$ должно отличаться от величины, установленной Н.Н. Беляковым. Это объясняется изменением условий возбуждения и гашения заземляющей дуги, во многом определяемых величиной напряжения сети U_n . Оценка наибольшего высокочастотного максимума $U_{пг}$ в сетях с разными уровнями напряжений требует проведения обширных экспериментальных исследований, которые при каждом U_n были бы сопоставимы по объему с исследованиями Н.Н. Белякова. На основании такого рода данных о максимальных величинах «пика гашения» $U_{пг}$ теория Н.Н. Белякова могла бы стать пригодной для расчета предельных перенапряжений в судовых электросистемах как низких, так и средних классов за пределами уровней в 6-10 кВ.

Определение наибольшего высокочастотного максимума восстанавливающегося напряжения в сетях 230 В. Для проведения исследования была реализована физическая модель судовой электросети с линейным напряжением 230 В, которая состояла из трехфазного трансформатора и набора конденсаторов, воспроизводящих фазные и междуфазные емкости. При этом величины фазных емкостей изменялись в диапазоне: от 0,5 до 58 мкФ, а междуфазных: от 0 до 30 мкФ. Замыкания осуществлялись с использованием неустойчивого металлического контакта между одной из фаз сети и заземленным электродом. Они сопро-

вождались искрением и кратковременными дугами. Оценка наибольшей величины высокочастотного максимума проводилась по наибольшему напряжению смещения нейтрали $U_{см}$, так как такой способ регистраций гораздо удобнее непосредственных измерений.

В ходе экспериментов было зафиксировано более 16000 значений напряжения смещения нейтрали при различных величинах емкостей сети, что значительно превышает объем регистраций выполненных Н.Н. Беляковым. Наибольшая величина $U_{см}$ составила 384 В. В соответствии с выражением (1) высокочастотный максимум можно найти по формуле

$$U_{пз} = 2(U_{см} - U_{фм}). \quad (3)$$

При $U_{см} = 384$ В он составит 392,4 В, а его наибольшая кратность – 2.09. При такой величине $U_{см}$, максимальное перенапряжение на неповрежденной фазе согласно (2) может достигать значения $4,7 U_{фм}$.

Оценка максимальной величины дуговых перенапряжений в сетях с различными уровнями номинальных напряжений

Проведенные эксперименты показали, что величина наибольшего высокочастотного максимума, а, следовательно, и напряжения смещения нейтрали $U_{см}$ действительно изменяется в зависимости от напряжения сети. Повторить в полном объеме такие же исследования при других величинах номинального напряжения весьма затруднительно. Поэтому представляется целесообразным ограничиться линейным представлением функции $U_{см} = f(U_n)$ и построить ее по двум точкам – при $U_n = 230$ В и $U_n = 6$ кВ. При этом в качестве абсциссы второй точки должно быть взято именно напряжение сети в 6 кВ, поскольку основные результаты были получены Н.Н. Беляковым на установке напряжением в 6 кВ. Наибольшее напряжение смещения нейтрали было им определено также для 6 кВ с учетом найденной при этом напряжении наибольшей величины $U_{пз}$ в 1800 В. Зависимость $U_{см} = f(U_n)$ будет иметь вид

$$U_{см} = 1,15 \cdot U_n + 168, \text{ В}, \quad (4)$$

где U_n – номинальное линейное напряжение сети.

Из (4), и (2), может быть получена следующая формула для определения максимальной кратности дуговых перенапряжений в сетях с напряжением от 0,23 кВ до 6 кВ и выше. Она учитывает изменение величины высокочастотного максимума восстанавливающегося напряжения при увеличении номинального напряжения U_n

$$U_{пер} = \sqrt{3}U_{фм} \sin(\psi_3 + 30^\circ) + [U_{фм} \sin(\psi_3) - (1,15U_n + 168\text{В})]K_3, \text{ В}, \quad (5)$$

где
$$\psi_3 = \text{arctg}\left(\frac{2}{\sqrt{3}}K_3 + \sqrt{3}\right).$$

Статистическая обработка результатов регистраций дуговых перенапряжений в низковольтных электросетях. При статистической обработке полученных результатов основной интерес представляет оценка наибольших величин дуговых перенапряжений. Вместе с тем, весьма важен и закон распределения перенапряжений. Очевидно, что он должен быть финитным, а его верхний предел должен оцениваться по указанной выше теории Н.Н. Белякова. Для описания такого закона по [3] были подобраны близкие по конфигурации финитные законы распределения. Для каждого из них методом минимизации критерия χ^2 были определены параметры с учетом того, что независимая величина может меняться в пределах от 0 до 384 В. Сходимость теоретических законов распределения с опытными данными проверялась, по критерию Пирсона χ^2 , вычисленному через следующее выражение [4]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - p_i)^2 n}{p_i}, \quad (6)$$

где m_i – количество значений случайной величины, приходящееся на каждый i -й интервал статистического ряда

p_i – теоретическая вероятность попадания случайной величины в i -ый интервал;

n – общее число данных.

В результате такой обработки установлено, что распределение вероятности величины напряжения смещения нейтрали по постоянному потенциалу наиболее точно описывается

усеченным слева $U_{см}^* \geq 0$ законом бета-распределения третьего рода, имеющим следующий вид [3]

$$f(U_{см}^*) = \frac{\delta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha + \beta)}{\lambda \cdot \Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta)} \cdot \frac{\left(\frac{U_{см}^* - a}{\lambda}\right)^{\alpha-1} \left(1 - \frac{U_{см}^* - a}{\lambda}\right)^{\beta-1}}{\left[1 + (\delta - 1) \cdot \frac{U_{см}^* - a}{\lambda}\right]^{\alpha+\beta}}, \quad (7)$$

где $a, \alpha, \beta, \lambda, \delta$ – параметры распределения;

$U_{см}^*$ – отношение напряжения смещения нейтрали по постоянному потенциалу $U_{см}$ к амплитуде фазного напряжения $U_{фм}$.

Найденные параметры закона распределения имеют следующие значения: $a = -3,683$; $\alpha = 29,582$; $\beta = 141,964$; $\lambda = 7,498$; $\delta = 0,157$. В первом приближении кратность напряжения смещения нейтрали можно оценивать по этому закону во всем диапазоне напряжений U_n , от $U_n = 230$ В до $U_n = 6$ кВ.

Выводы:

1 Разработана методика прогнозирования максимальных кратностей дуговых перенапряжений в сетях низких и средних классов напряжений, основанная на теории Н.Н. Белякова и учитывающая зависимость величины высокочастотного максимума напряжения $U_{пе}$ и напряжения смещения нейтрали $U_{см}$, от уровня номинального напряжения сети.

2. Определен статистический закон распределения дуговых перенапряжений в сетях напряжением 230В и выше, которым оказался усеченный слева $U_{см}^* \geq 0$ закон бета-распределения третьего рода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Техника высоких напряжений:** изоляция и перенапряжения в электрических системах / под ред. В.П. Ларионова. -М.: Энергоатомиздат, 1986. -464 с.

2 **Беляков, Н.Н.** Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью / Н.Н. Беляков // Электричество. -1957. -№5. -С. 31-36.

3 **Губарев, В.В.** Вероятностные модели: справочник. Ч.1. / В.В. Губарев. -Новосибирск: НЭТИ, 1992. -198 с.

4 **Лемешко, Б.Ю.** Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим: метод. рекомендации. Ч.1. Критерии типа χ^2 / Б.Ю. Лемешко, В. И. Денисов, С.Н. Постовалов. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. -126 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовые электросети; дуговые перенапряжения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Благинин Владимир Анатольевич, канд. техн. наук, доцент
ФГОУ ВПО «Калининградский ГТУ»

Кажекин Илья Евгеньевич, аспирант ФГОУ ВПО «Калининградский ГТУ»

К ОПИСАНИЮ СИСТЕМЫ ПЕРЕСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОМПЕНСАТОРА ЖЁСТКОСТИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Е.Г. Гурова, В.Ю. Гросс

Выведена аппроксимирующая кривая изменения напряжения на катушках электромагнитного компенсатора жёсткости, предназначенного для установки в подвесках судовых энергетических установок, при изменении относительного положения вибрирующего и защищаемого объектов.

Эффективным способом снижения уровней общесудовой вибрации является использование виброизоляторов с плавающим участком нулевой жёсткости. В таких виброизоляторах параллельно упругим элементам включены перестраиваемые компенсаторы жёсткости, например, электромагнитные [1]. «Плавание» участка нулевой жёсткости осуществляется за

счёт изменения напряжения на катушках электромагнитов компенсатора при изменении относительного положения вибрирующего и защищаемого объектов. Изменение напряжения осуществляется специальной системой перестройки. В [2] получен закон, по которому должно перераспределяться напряжение на электромагнитах при изменении относительного положения вибрирующего и защищаемого объектов. Однако на практике реализовать такую зависимость очень сложно, поэтому целесообразно аппроксимировать полученную зависимость более простой. Для аппроксимации применим метод наименьших квадратов [3].

Полагаем, что кривая описывается функцией

$$W(x) = e \cdot x^2 + f \cdot x + g, \quad (1)$$

где e, f, g – произвольные постоянные;

x – относительное перемещение вибрирующего и защищаемого объектов.

Согласно данному методу наилучшими коэффициентами кривой аппроксимации e, f, g считаются те, для которых сумма квадратов будет минимальной

$$\sum_{i=1}^n [(e \cdot x_i^2 + f \cdot x_i + g) - y_i]^2 = \min. \quad (2)$$

Продифференцируем уравнение (2) по e, f, g и получим соответственно

$$\sum_{i=1}^n 2[e \cdot x_i^2 + f \cdot x_i + g - y_i]x_i^2 = 0; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n 2[e \cdot x_i^2 + f \cdot x_i + g - y_i]x_i = 0; \quad (4)$$

и

$$\sum_{i=1}^n 2[e \cdot x_i^2 + f \cdot x_i + g - y_i] \cdot 1 = 0. \quad (5)$$

Составим систему уравнений для определения постоянных коэффициентов

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n e \cdot x_i^4 + \sum_{i=1}^n f \cdot x_i^3 + \sum_{i=1}^n g \cdot x_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_i^2 = 0 \\ \sum_{i=1}^n e \cdot x_i^3 + \sum_{i=1}^n f \cdot x_i^2 + \sum_{i=1}^n g \cdot x_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n e \cdot x_i^2 + \sum_{i=1}^n f \cdot x_i + \sum_{i=1}^n g - \sum_{i=1}^n y_i = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Для системы (6) выполним замену

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_i^2 = A, & \sum_{i=1}^n x_i^4 = B, & \sum_{i=1}^n x_i^3 = C, & \sum_{i=1}^n x_i^2 = D, \\ \sum_{i=1}^n 1 = n, & \sum_{i=1}^n x_i = E, & \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_i = F, & \sum_{i=1}^n y_i = G. \end{cases} \quad (7)$$

При этом система для определения коэффициентов e, f, g примет вид

$$\begin{cases} B \cdot e + C \cdot f + D \cdot g = A \\ C \cdot e + D \cdot f + E \cdot g = F \\ D \cdot e + E \cdot f + n \cdot g = G. \end{cases} \quad (8)$$

Решив систему (8), можно заметить, что между переменными W и x имеет место приближенная квадратичная зависимость. Пренебрегаем постоянными коэффициентами f, g , так как они на несколько порядков меньше постоянной e . То есть эмпирическая формула имеет вид

$$W(x) = e \cdot x^2. \quad (9)$$

Перейдём к переменным, действующим в системе перестройки компенсатора, то есть к приращению напряжения ΔU и приращению перемещения Δx

$$\Delta U(\Delta x) = e(\Delta x)^2. \quad (10)$$

Характеристика, описывающая зависимость изменения напряжения от изменения перемещения, приведена на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что аппроксимирующая кривая, определенная при помощи метода наименьших квадратов, с высокой точностью повторяет расчётную кривую, построенную по выражению, полученному в работе [2]. Следовательно, зависимость изменения напряжения на одном электромагните от изменения перемещения можно рассматривать как квадратичную зависимость.

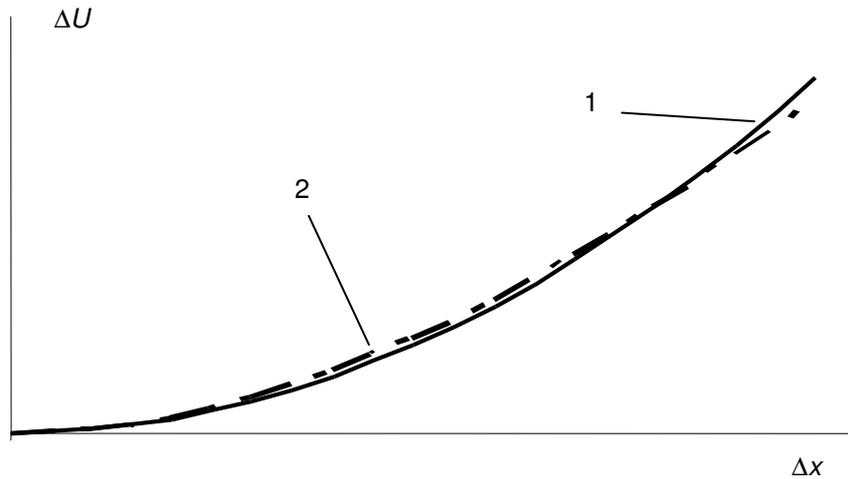


Рисунок 1 – Зависимости изменения напряжения ΔU от изменения перемещения Δx : 1- аппроксимированная кривая; 2-расчетная кривая

При перемещении вибрирующего объекта относительно защищаемого напряжение должно изменяться на обоих электромагнитах, при этом на одном электромагните увеличиваться, на другом – уменьшаться, как это показано на рисунке 2.

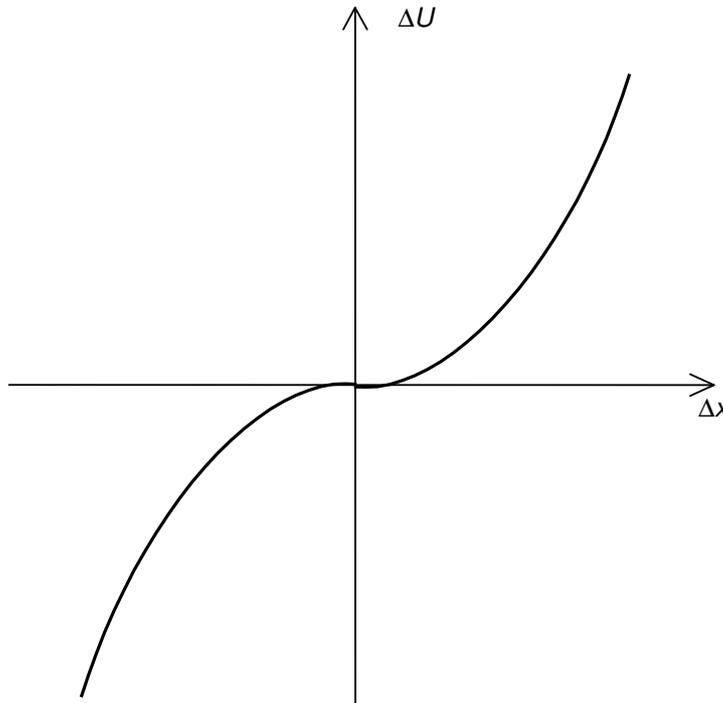


Рисунок 2 – Зависимость изменения напряжения на двух электромагнитах компенсатора при изменении перемещения

Полученную зависимость аппроксимируем на основании методики, предложенной выше. В результате уравнение, описывающее закон изменения напряжения на двух электромагнитах компенсатора при изменении перемещения примет вид

$$\Delta U(\Delta x) = m(\Delta x)^3 + l\Delta x. \quad (11)$$

Полученную зависимость, являющуюся уравнением статической характеристики регулятора напряжения компенсатора жёсткости, достаточно просто использовать при математическом и электронном моделировании виброизолирующей подвески и для реализации реального регулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Гросс, В.Ю.** Электромагнитный компенсатор жёсткости / В.Ю. Гросс, В.А. Чирков, А.Ю. Крылов // Виброизоляция судовых силовых установок: сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т ин-

женеров вод. трансп. -Новосибирск, 1985. -С. 31-34.

2 **Гурова, Е.Г.** К определению закона регулирования напряжения нелинейного электромагнитного корректора жёсткости / В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. -2007. -№2. -С. 98-101.

3 **Демидович, Б.П.** Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова; под ред. Б.П. Демидовича. -М.: Физматгиз, 1962. -367 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электромагнитный компенсатор жесткости; виброизолирующая подвеска

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Гурова Елена Геннадиевна, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Гросс Владимир Юлиусович, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САЛЬДИРОВАННОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

О.О. Комякова, С.Я. Привалов

Уравнительные токи, протекающие по тяговой сети переменного тока электрических железных дорог, вызывают возврат электрической энергии из системы тягового в систему внешнего электроснабжения. Кроме того, возврат электрической энергии обусловлен избыточной энергией рекуперации электрического подвижного состава. Энергия, возвращаемая в сети внешнего электроснабжения, при расчетах за потребленную электроэнергию на части дорог не учитывается, таким образом, железные дороги несут значительные убытки. Выполнен анализ причин, по которым в настоящее время питающие энергосистемы отказываются применять сальдированный учет электроэнергии. Осуществлена оценка коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и величины токов нагрузки в режиме тяги и возврата электрической энергии.

Электрифицированная железная дорога является специфическим потребителем электрической энергии. Ее специфика и существенное отличие от других потребителей заключается в том, что железная дорога является протяженным приемником электрической энергии. В общем случае тяговые подстанции получают питание от различных узлов одной или нескольких энергосистем. Различные по модулю и фазе напряжения в узлах подключения тяговых подстанций вызывают появление уравнительных потоков мощности в тяговой сети даже при отсутствии тяговой нагрузки. Эти потоки мощности в большинстве случаев являются составляющей потоков мощности системы внешнего электроснабжения. Снижая нагрузку и потери мощности в линиях внешнего электроснабжения, уравнительные токи вызывают дополнительные потери энергии в тяговой сети, которые оплачиваются ОАО «РЖД». При незначительной тяговой нагрузке или полном ее отсутствии уравнительные потоки мощности на ряде подстанций учитываются системами учета как потребление на тягу поездов, а на смежных – как возврат энергии в систему внешнего электроснабжения. Однако энергия, возвращаемая в сети энергосистем при расчетах за электроэнергию, на части дорог не учитывается. Таким образом, железные дороги помимо оплаты потерь энергии от уравнительных токов несут значительные издержки из-за неучета электрической энергии, возвращаемой во внешнюю сеть. Дополнительными особенностями работы системы тягового электроснабжения является наличие в ней потоков энергии рекуперации электрического подвижного состава (ЭПС). При отсутствии сальдированного учета электрической энергии на ряде железных дорог энергия рекуперации становится одной из составляющих небаланса электрической энергии на тягу поездов по счетчикам тяговых подстанций и ЭПС («условных» потерь).

Основной причиной, по которой в настоящее время отсутствует возможность внедрения сальдированного учета за электрическую энергию, является отказ питающих энергосистем. Это, в свою очередь, объясняется следующими причинами:

1) отсутствие руководящих указаний Минпромэнерго к применению сальдированного учета электрической энергии из контактной сети в сети питающих энергосистем при расчетах за электроэнергию, потребленную на тягу поездов;

2) установка приборов коммерческого учета возврата электроэнергии не на границе балансовой принадлежности. Ряд энергоснабжающих организаций указывают данную причину со ссылкой на главу 1.5 «Правил устройства электроустановок». Тем не менее, расчет за потребленную электрическую энергию на тягу поездов осуществляется по приборам коммер-

ческого учета, установленным не на границе балансовой принадлежности. Таким образом, отказ от сальдированного учета электрической энергии по данной причине является необоснованным;

3) низкая загрузка трансформаторов тока при возврате электрической энергии, которая должна быть не менее 5% (пункт 1.5.17 «Правил устройства электроустановок»);

4) несоответствие качества возвращаемой электрической энергии требованиям ГОСТ 13109-97. Оценка качества возвращаемой электрической энергии осуществляется по коэффициенту искажения синусоидальности кривой питающего напряжения. Однако этот коэффициент определяется не относительным содержанием высших гармонических составляющих в токе возвращаемой энергии в сеть или степенью искажения синусоидальности тока, на которые ссылаются как на основную причину снижения качества электроэнергии, а абсолютным значением гармонических составляющих этого тока;

5) угроза применения штрафных санкций за ухудшение показателей качества электрической энергии в случае оказания давления со стороны ОАО «РЖД» по применению сальдированного учета. Однако в настоящее время не существует нормативных документов о применении скидок за потребление электрической энергии ненадлежащего качества и надбавок за ухудшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

В ходе экспериментальных исследований качества электрической энергии сотрудниками научно-производственной лаборатории «Энергосберегающие технологии и электромагнитная совместимость» Омского государственного университета путей сообщения была выполнена оценка коэффициента искажения синусоидальности кривой питающего напряжения (КУ), загрузки трансформаторов тока в режиме потребления и возврата электрической энергии в первичную сеть на тяговых подстанциях (ТП) переменного тока и постоянного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями.

Измерения производились измерительно-вычислительным комплексом «ИВК-Омск» продолжительностью не менее суток на каждой тяговой подстанции. Осциллограммы токов и напряжений одной из фаз по вводу 6 кВ тяговой подстанции постоянного тока при максимальной нагрузке в режиме возврата электрической энергии и в режиме ее потребления приведены на рисунке 1.

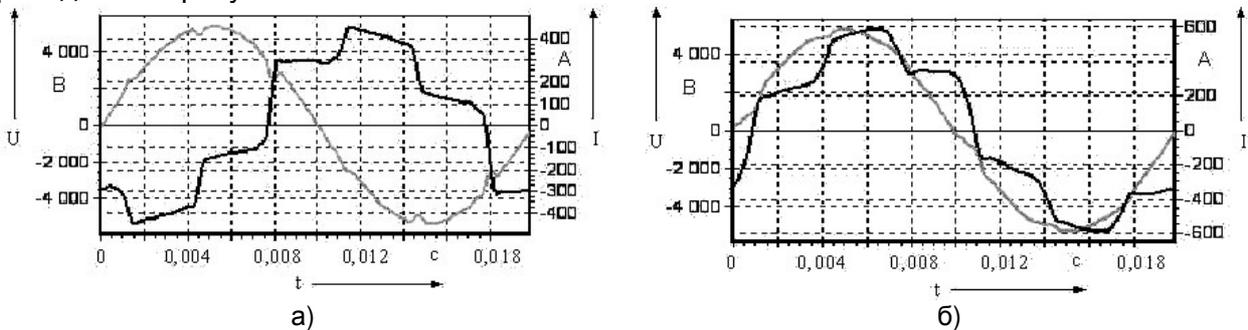


Рисунок 1 – Кривые тока и напряжения по вводу 6 кВ тяговой подстанции постоянного тока при максимальной нагрузке: а)-в режиме рекуперации; б)-в режиме потребления

Из рисунка 1 видно, что в режиме инвертирования искажение кривой несколько выше, чем в режиме потребления энергии на тягу поездов. Однако это не означает, что коэффициент искажения синусоидальности кривой питающего напряжения при возврате энергии рекуперации во всех случаях превышает допустимые значения установленные ГОСТ 13109-97. Это следует из результатов статистической обработки коэффициент искажения синусоидальности кривой питающего напряжения для интервалов времени работы выпрямительно-инверторных преобразователей отдельно в режиме выпрямления и отдельно в режиме инвертирования.

По результатам обработки в общей системе координат построены функции распределения коэффициента искажения синусоидальности кривой питающего напряжения в режиме тяги и в режиме возврата избыточной энергии рекуперации рисунок 2, позволяющие наглядно оценить вероятность превышения коэффициентом искажения синусоидальности нормально и предельно допустимых значений, установленных ГОСТ 13109-97. Пунктирной линией на рисунке 2 указано нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения. Затем было определено среднее за период измерения значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и сравнивалось

со значениями, установленными ГОСТ 13109-97.

Анализ токов на грузки трансформаторов тока, к которым присоединены приборы коммерческого учета электрической энергии, осуществляется аналогично. Для выделенных интервалов времени работы подстанции в режиме потребления и возврата электрической энергии производилась статистическая обработка значений токов нагрузки трансформаторов тока и построены функции распределения тока.

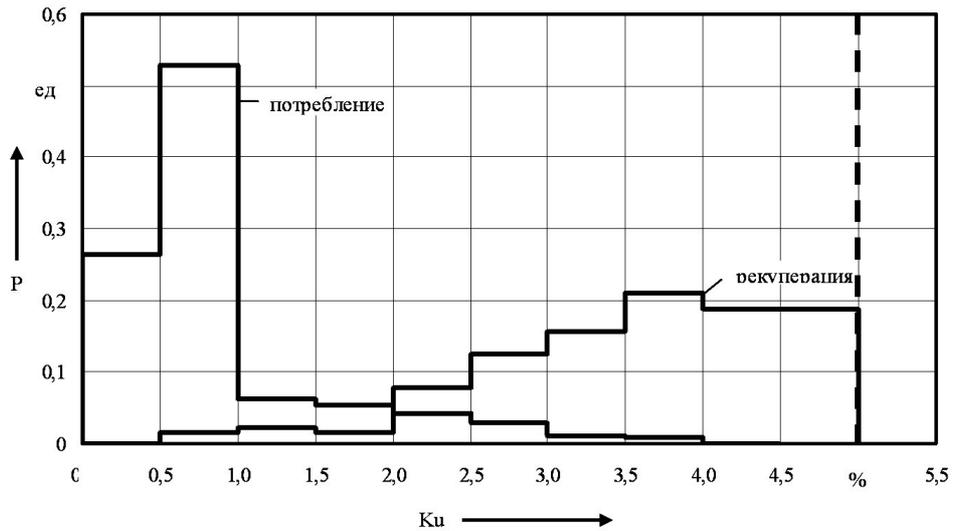


Рисунок 2 – Функция распределения коэффициента искажения синусоидальности кривой питающего напряжения по вводу 6 кВ тяговой подстанции постоянного тока

Затем для этих интервалов определялись средние за период измерения значения токов по вводам тяговых подстанций, а также относительная загрузка трансформатора тока.

По итогам выполнения анализа возможности применения сальдированного учета электрической энергии можно сделать следующие выводы.

1 Внедрение сальдированного учета электрической энергии является целью компании ОАО «РЖД» в части оплаты за фактически потребленную электрическую энергию, а не желанием продать РАО «ЕЭС» выработанную электрическую энергию в системе тягового электроснабжения, особенно на участках железных дорог переменного тока, где отсутствует электрический подвижной состав с рекуперацией и, следовательно, нет источников электрической энергии.

2 Отсутствие приборов коммерческого учета возвращаемой электрической энергии на границе балансовой принадлежности не является причиной отказа от сальдированного учета, так как расчет за потребленную электрическую энергию также осуществляется по приборам коммерческого учета, установленным не на границе балансовой принадлежности.

3 В результате проведения экспериментальных исследований ПКЭ и количества возвращаемой электрической энергии на тяговых подстанциях получено, что значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения на тяговых подстанциях переменного тока в режиме возврата ниже или не превышают значений этого коэффициента в режиме потребления электрической энергии на тягу поездов, и не превышают нормально допустимых значений, установленных ГОСТ 13109-97. На тяговых подстанциях постоянного тока значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в режиме рекуперации электрической энергии выше, чем в режиме потребления, и только на некоторых тяговых подстанциях превышает нормально допустимое значение, установленное ГОСТ 13109-97, но не превышает предельно допустимое значение.

Средние нагрузки первичной обмотки трансформаторов тока, к которым присоединены приборы коммерческого учета электрической энергии, в режиме возврата (рекуперации) соизмеримы или превышают нагрузки в режиме потребления электрической энергии.

4 В настоящее время не существует нормативных документов о применении скидок за потребление электрической энергии ненадлежащего качества и надбавок за ухудшение ПКЭ. В любом случае, снижение ПКЭ, вызванное влиянием системы тягового электроснабжения, в том числе и в режиме возврата (инвертирования) энергии, не может являться основанием для отказа в оплате электроэнергии, возвращаемой в первичную сеть, а может только повлечь за собой дискуссию о необходимости корректировки тарифа на возвращаемую электрическую энергию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сальдированный учет электроэнергии; тяга поездов
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Комякова Ольга Олеговна, аспирант ГОУ ВПО «ОмГУПС»
 Привалов Станислав Янович, аспирант ГОУ ВПО «ОмГУПС»

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ В ГРАНИЦАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И УЧАСТКОВ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА СЕВЕРНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

С.Ю. Ушаков

Одной из главных задач, поставленных перед железными дорогами в «Энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2010 г. и на перспективу до 2030 г.», является снижение энергоемкости перевозочного процесса и удельных энергозатрат на тягу поездов. Важным направлением в осуществлении этой задачи является совершенствование организации учета энергоресурсов. Повышение точности определения расхода и потерь электрической энергии на тягу поездов позволит повысить эффективность поиска путей их снижения. В статье проведен анализ влияния взаимозаездов локомотивных бригад на общий расход электрической энергии на тягу поездов по дороге. Приведены результаты внедрения Методики расчета расхода электроэнергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад на Северной железной дороге.

В настоящее время на сети железных дорог отсутствует единый подход к определению расхода электроэнергии на тягу поездов в условиях взаимозаездов локомотивных бригад соседних железных дорог, т.е. расчеты выполняются вольно, в большинстве случаев не согласуясь с соседними железными дорогами, что приводит к существенным искажениям отчетности по сети железных дорог. Распределение электроэнергии по плечам заездов на соседние железные дороги в лучшем случае определяется с помощью коэффициентов, определенных по расстояниям от конечных пунктов маршрута до границы дорог. Такой метод определения коэффициентов не дает реальной картины распределения электроэнергии между дорогами, так как не учитывает целый ряд факторов, влияющих на электропотребление. К этим факторам относятся профиль пути, количество остановок поезда в пути следования, вес поезда, количество осей состава, вид движения и др. Очевидно, что при неравномерном профиле пути значения коэффициентов распределения электроэнергии в четном и нечетном направлениях будут отличаться и в ряде случаев довольно значительно.

Также отсутствует единый подход к распределению между граничными железными дорогами электрической энергии, переданной по граничным межподстанционным зонам. В большинстве случаев каждая из дорог определяет расход по тяговым подстанциям без учета расположения границ дорог в граничных межподстанционных зонах.

Методика расчета расхода электроэнергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад, разработанная в ОмГУПС [1-3], позволяет решать ряд задач, направленных на совершенствование системы учета электроэнергии на тягу поездов, среди которых:

– достоверное определение расхода электрической энергии на тягу поездов в границах железных дорог и в границах плеч обслуживания локомотивных бригад с учетом небаланса отдельно по полигонам постоянного и переменного тока;

– определение действительного значения небаланса в границах железной дороги и в границах плеч обслуживания локомотивных бригад отдельно по полигонам постоянного и переменного тока.

В 2006 году была проведена апробация Методики в границах Северной железной дороги. Для проверки был выбран период с марта по декабрь, так как именно с марта 2006 года в границах Северной железной дороги была внедрена автоматизированная система обработки маршрутных листов машинистов АСУ «ИОММ-2», значительно упрощающая сбор необходимых данных для расчета расхода и небаланса электрической энергии на тягу поездов согласно Методике.

За расчетный период времени значения небаланса электрической энергии на тягу поездов по отчетным данным Северной железной дороги составили 18,8 % на полигоне постоянного тока, 4,8 % на полигоне переменного тока и 7,4 % в целом по дороге. При определении этих величин ни коим образом не учитывалось влияние взаимозаездов локомотивных бригад Северной и соседних с ней железных дорог, а также передача электрической энергии по

тяговой сети граничных межподстанционных зон. Расход электрической энергии на тягу по счетчикам тяговых подстанций определялся простым суммированием расходов по всем тяговым подстанциям дороги без каких-либо корректировок. Таким же образом определялся расход по счетчикам локомотивов.

Между тем, в ходе проведения работ по внедрению Методики расчета расхода электрической энергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад на Северной железной дороге был произведен анализ влияния существующих взаимозаездов локомотивных бригад Северной и соседних с ней железных дорог на общий расход электрической энергии на тягу поездов по дороге. Было выявлено, что потребление электроэнергии по ряду плеч, пересекающих границы дорог, составляет весомые значения от общего потребления на тягу. Так, например, расход по плечу пассажирского движения Москва (МЖД)-Данилов (СЖД) составляет 14,2% от общего потребления электроэнергии на тягу поездов по полигону постоянного тока Северной железной дороги, а расход по грузовому плечу Ярославль Гл. (СЖД)-Орехово-Зуево (МЖД) – 30,2%. На полигоне переменного тока, ввиду большего по сравнению с полигоном постоянного тока выполняемого объема работы, влияние плеч взаимозаездов локомотивных бригад на общий расход не столь весомо. Наибольшие доли от общего потребления по полигону здесь составляют расходы по грузовым плечам Лянгасово (ГЖД)-Шарья (СЖД) – 12,7% и Бабаево (ОктЖД) – 7,6%.

Для повышения достоверности расчета расхода и небаланса электроэнергии на тягу поездов в условиях взаимозаездов локомотивных бригад важно оценить распределение потребления электроэнергии по плечам обслуживания на каждой из соседних железных дорог. Для этих целей необходимо определение коэффициентов распределения электрической энергии по плечам обслуживания в четном и нечетном направлениях. Значения этих коэффициентов зависят от множества факторов, поэтому вычисление их с помощью аналитических методов приводит к значительным погрешностям.

Наиболее оптимальным способом определения коэффициентов распределения электроэнергии является проведение контрольных поездок. Суть этого способа заключается в осуществлении снятия показаний счетчиков электроподвижного состава в трех точках маршрута локомотивной бригады: в начале движения, на границе железных дорог и в конечной точке пути локомотивной бригады. Для получения наиболее достоверных данных необходимо проведение большого числа контрольных поездок по каждому из участков работы локомотивных бригад в четном и нечетном направлениях для разных видов движения и весов поезда с последующей статистической обработкой результатов поездок.

В ходе работ по внедрению Методики расчета расхода электроэнергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад на Северной железной дороге такие поездки были проведены по каждому из плеч заездов локомотивных бригад как Северной, так и соседних с ней железных дорог.

Не менее важным является расчет корректирующих значений расхода электрической энергии на тягу поездов при ее передаче по тяговой сети граничных межподстанционных зон. Так доля передаваемой электроэнергии с Московской железной дороги на Северную только по одной межподстанционной зоне Александров (МЖД)-Балакирево (СЖД) составляет 3,0% от общего потребления Северной железной дорогой электрической энергии на тягу поездов на полигоне постоянного тока. На полигоне переменного тока доля электроэнергии, передаваемой по межподстанционной зоне Череповец (СЖД)-Уйта (ОктЖД) с Северной на Октябрьскую железную дорогу, составляет 2,7% от общего расхода на тягу по полигону.

Данные корректировки производятся на основании коэффициентов распределения электрической энергии между соседними железными дорогами в граничных межподстанционных зонах, которые определяются расчетным путем пропорционально расстояниям от граничных тяговых подстанций до границы дорог.

Согласно Методике с учетом вышеприведенных корректирующих значений был произведен расчет удельного расхода и небаланса электрической энергии на тягу поездов в границах плеч обслуживания локомотивных бригад Северной железной дороги за 10 месяцев (март-декабрь) 2006 года. В итоге получены следующие результаты:

- среднее за расчетный период значение небаланса в границах плеч обслуживания локомотивных бригад на полигоне постоянного тока составило 16,6%, что на 2,1% (или 7453 тыс. кВт·ч) ниже определенного существующим на дороге способом;
- удельный расход на полигоне постоянного тока, определенный по Методике в среднем на 5,4 кВт·ч/10 4 ткм брутто (5,6%) меньше, чем определенный существующим спосо-

бом;

– среднее за расчетный период значение небаланса в границах плеч обслуживания локомотивных бригад на полигоне переменного тока составило 4,4%, что на 0,4% (или 5171 тыс. кВт·ч) ниже определенного существующим на дороге способом;

– удельный расход на полигоне переменного тока, определенный по Методике в среднем на 1,5 кВт·ч/10 4 ткм брутто (1,5%) меньше, чем определенный существующим способом;

– среднее за расчетный период значение небаланса в границах плеч обслуживания локомотивных бригад Северной железной дороги составило 6,8%, что на 0,8% (или 12624 тыс. кВт·ч) ниже определенного существующим на дороге способом;

– удельный расход в границах плеч обслуживания локомотивных бригад Северной железной дороги, определенный по Методике в среднем на 2,2 кВт·ч/10 4 ткм брутто (2,2%) меньше, чем определенный существующим способом.

Как видно из приведенных данных, только за счет учета взаимозаездов локомотивных бригад соседних железных дорог удалось снизить значения небаланса и удельного расхода электрической энергии в границах плеч обслуживания локомотивных бригад Северной железной дороги. Однако это не является главным назначением Методики. Основной задачей методики является повышение достоверности определения расхода и небаланса электроэнергии на тягу поездов и осуществление с ее помощью ежемесячного мониторинга этих параметров.

Внедрение же данной Методики в границах отделений дорог позволит выявлять отделения с повышенными значениями небаланса, что значительно сузит круг поиска причин роста небаланса по дороге в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Черемисин, В.Т.** Методика расчета расхода электроэнергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад (с учетом взаимозаездов на соседние железные дороги): инструкт.-метод. указания / В.Т. Черемисин; Омск. гос. ун-т путей сообщения. -2-изд. -Омск, 2006. -31 с.

2 **Ушаков, С.Ю.** Повышение достоверности определения расхода электрической энергии на тягу поездов при учете влияния взаимозаездов локомотивных бригад / С.Ю. Ушаков // Изв. Самар. науч. центра РАН. -Самара, 2007. -Спец. вып.: Перспективы и направления развития трансп. системы. -С. 234-237.

3 **Черемисин, В.Т.** «Небаланс» расхода электроэнергии на тягу поездов в границах железных дорог и участков работы локомотивных бригад / В.Т. Черемисин, С.Ю. Ушаков // Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Урал. гос. ун-т путей сообщения. - Екатеринбург, 2006. -636 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: расчет расхода электроэнергии; тяга поездов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ушаков Сергей Юрьевич, аспирант ГОУ ВПО «ОмГУПС»

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

Ю.В. Кондратьев, С.Я. Привалов

Рассмотрены актуальные вопросы снижения потребления электрической энергии железнодорожным транспортом за счет улучшения показателей качества электрической энергии. В статье приводятся результаты полномасштабных экспериментов по измерению показателей качества электрической энергии на шинах 220, 110, 35, 27,5 и 10 кВ тяговых подстанций переменного тока по сети железных дорог.

В настоящее время для ОАО «Российские железные дороги» первостепенное значение приобретают вопросы энергосбережения. Доля затрат на оплату за электроэнергию для тяги в 2007 году составила в тарифах на перевозку грузов на железных дорогах от 7% до 15%. Именно поэтому снижение затрат на оплату электрической энергии, а следовательно повы-

шение качества электрической энергии и улучшение условий электромагнитной совместимости являются первоочередными задачами всей отрасли.

В настоящее время применение надбавок и скидок к оплате за качество электрической энергии (КЭ) сдерживается по причине разработки более строгой нормативно-правовой базы в этой области. Однако предварительная оценка показателей качества электрической энергии (ПКЭ) представляет определенный интерес, так как позволяет определить размеры предполагаемых надбавок и скидок к тарифам на электроэнергию и, что самое главное, правильно выбрать мероприятия и средства повышения ее качества.

Для сети, питающей тяговые подстанции дороги, характерно в большинстве случаев, что в ней отсутствуют мощные несимметричные и нелинейные нагрузки промышленных предприятий, соизмеримые по степени влияния на КЭ с тяговой нагрузкой, поэтому основным источником искажений является железная дорога.

Например, для сети, питающей тяговые подстанции переменного тока выпрямители электроподвижного состава (ЭПС) вызывают повышение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения питающего напряжения в точке присоединения к сети общего назначения K_U . Значение его зависит от многих факторов, учесть которые в полном объеме невозможно, но основными из них являются:

- мощность источника питания или установившийся ток трехфазного короткого замыкания $I_{кз}$;
- среднее значение полной потребляемой мощности на тягу за период измерений S_{CP} ;
- фазность или пульсность выпрямителей электрического подвижного состава M .

Тяговые подстанции переменного тока в сети внешнего энергоснабжения являются нелинейной и несимметричной нагрузкой, поэтому кроме повышения несинусоидальности они дополнительно вызывают несимметрию питающего напряжения, которая характеризуется коэффициентом обратной последовательности напряжения K_{2U} .

Для проведения анализа снижения технико-экономических показателей функционирования железнодорожного транспорта были проведены полномасштабные эксперименты по измерению ПКЭ на шинах 220, 110, 35, 27,5 и 10 кВ тяговых подстанций переменного тока по сети железных дорог. Перечень железных дорог и тяговых подстанций переменного тока, на которых были проведены экспериментальные исследования ПКЭ приведен в таблице.

Таблица – Перечень железных дорог и тяговых подстанций переменного тока, на которых были проведены экспериментальные исследования ПКЭ

Железная дорога	Наименование тяговых подстанций
Дальневосточная	Фридман, Сибирцево, Ядрин, Партизанск
Юго-Восточная	Таловая, Отрожка, Усмань
Северо-Кавказская	Степная, Курсавка, Замчалово
Забайкальская	Ружино, Могзон, Шимановская
Южно-Уральская	Гудрон, Айдырля
Северная	Кадниковский, Харовская, Явенга, Печаткино, Скалино, Данилов
Красноярская	Крол, Щетинкино, Саянская, Мана, Кравченко, Теба, Чарыш, Бискамба, Югачи, Камышта, Ташеба, Крупская, Курагино, Кошурниково

Результаты проведенных экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии на тяговых подстанциях переменного тока приведены на рисунке.

На рисунке показаны усредненные значения ПКЭ (установившееся отклонение напряжения, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности) на шинах высшего напряжения (110-220 кВ) для тяговых подстанций электрифицированных железных дорог переменного тока.

Проведенные экспериментальные исследования ПКЭ на дорогах переменного тока, на стороне высшего напряжения (220-110 кВ) показали, что на 21 из 35 проверенных тяговых подстанциях установившееся отклонение напряжения превышало нормально допустимые значения, а в некоторых случаях (на 8 тяговых подстанциях) наблюдалось превышение предельно допустимых значений, установленных в [2]. На 23 тяговых подстанциях отмечено превышение коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения, как над нормально допустимыми, так и предельно допустимыми значениями установленными стандартом [2]. По коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности на всех тяговых подстанциях наблюдалось кратковременное превышение нормально и пре-

дельно допустимых значений установленных в ГОСТ 13109-97.

В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1) несимметричные и несинусоидальные режимы являются длительными установившимися режимами в современных электрических сетях классом напряжения 220; 110; 35; 27,5; 10 кВ;

2) показатели качества электрической энергии в точках проведения экспериментальных исследований не соответствуют нормам установленным ГОСТ 13109-97;

3) энергосистемы предоставляют электрическую энергию железным дорогам переменного тока не соответствующего качества по такому показателю, как установившееся отклонение напряжения;

4) железнодорожный транспорт оказывает негативное влияние на электроэнергию во внешних сетях электропитания по двум параметрам: коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности;

5) основными гармониками, определяющими высокое значение коэффициента искажения высших гармоник, являются третья и пятая, которые соизмеримы с основной гармоникой и, как правило, превышают допустимые значения, установленные государственным стандартом [2];

6) качество электрической энергии отпускаемой потребителям получающим питание от шин тяговых подстанций, не соответствует нормам установленным ГОСТ 13109-97 по таким показателям:

- установившееся отклонение напряжения прямой последовательности;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности.

7) по распределительным сетям принадлежащим ОАО «РЖД» тяговая нагрузка влияет на качество электрической энергии передаваемой другим потребителям (транзит мощности);

8) на всех тяговых подстанциях электрифицированных железных дорог переменного тока необходимо не только контролировать, но и улучшать показатели качества электрической энергии. Это напрямую способствует снижению потребления электрической энергии железнодорожным транспортом.

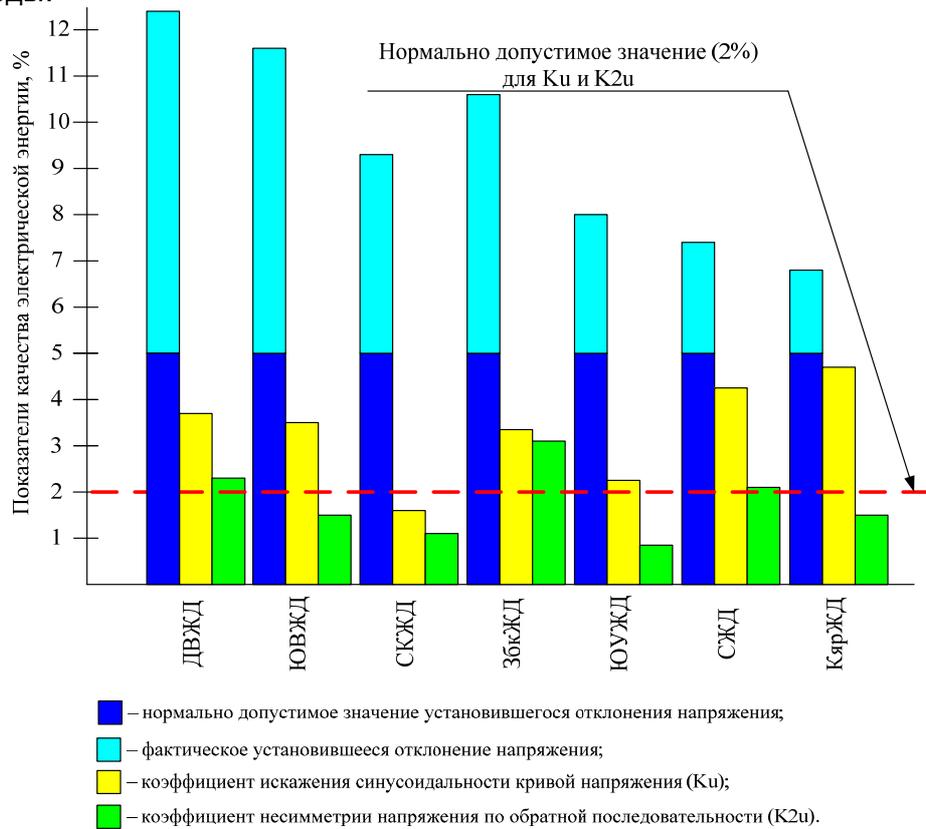


Рисунок – Результаты проведенных экспериментальных исследований ПКЭ на тяговых подстанциях переменного тока

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Привалов, С.Я. Экспериментальные исследования перетоков мощности на Орской дистанции электроснабжения Южно-Уральской железной дороги / С.Я. Привалов // Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта: сб. науч. ст. аспирантов и студентов университета / Омск. гос. ун-т путей сообщения. -Омск, 2007. -Вып.8. -С. 134-139.

2 ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электр

тромагнитная. Нормы качества электрической энергии в сетях электроснабжения общего назначения. -М.: Изд-во стандартов, 1998. -30 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяговая подстанция; показатель качества электрической энергии

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кондратьев Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ОмГУПС»
Привалов Станислав Янович, ассистент ГОУ ВПО «ОмГУПС»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

Д.В. Пашков, А.В. Пономарев

Рассмотрены способы повышения эффективности мероприятий по планированию и нормированию расхода электрической энергии на технологические нужды структурных подразделений ОАО «РЖД», основанные на использовании имитационного моделирования.

Планирование и нормирование расхода электрической энергии в условиях коммерческого потребления является неотъемлемой частью деятельности предприятия по снижению затрат на ее оплату.

На данный момент планирование объемов потребляемой электрической энергии осуществляется с использованием утвержденных методик, которые основаны на анализе данных об объемах электрической энергии, потребленной предприятием за предыдущие периоды, и аппроксимации их на планируемый период [1].

Такой подход предполагает статичность характеристик технологических процессов. Динамическое изменение характеристик технологических процессов учету не подлежит. Как следствие, невозможно оценить реальный эффект от проведения различных организационно-технических мероприятий (ОТМ).

Для того чтобы практически убедиться в эффективности планируемых ОТМ возможно использование имитационной модели (ИМ) рассматриваемого технологического процесса. Современные вычислительные средства позволяют создавать ИМ различных объектов и процессов с необходимым уровнем детализации. Применение ИМ позволяет получить модель исследуемого технологического процесса, на которой можно отрабатывать воздействия различных ОТМ, априорно оценивая получаемый эффект (как по потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), так и по временным затратам, трудозатратам и т.п.).

ИМ технологического процесса, как и любого другого объекта, осуществляется в пять этапов [2]:

- 1) исследование объекта моделирования, построение его концептуальной модели, определение основных допущений;
- 2) разработка алгоритма функционирования исследуемой модели;
- 3) машинная реализация на выбранном языке имитационного моделирования (ЯИМ);
- 4) подтверждение адекватности построенной модели;
- 5) получение и интерпретация результатов моделирования.

Исследование объекта моделирования предполагает разбиение системы на составные части с определенными допущениями, определение характеристик составных частей, нахождение связей между составляющими системы.

При моделировании технологического процесса основными составляющими исследуемой системы являются технологические операции, а основными характеристиками – время выполнения операции и затрачиваемые при этом ресурсы. Временные характеристики, как правило, определяются экспериментально на основании фотографий рабочего дня или действующих норм времени.

На основании определенных в первом пункте составляющих системы, связей между ними и допущений составляется структурно-алгоритмическая модель исследуемого технологического процесса, которая может быть выполнена в виде ориентированного графа (рисунк) и соответствующего пооперационного перечня работ.

Технологический процесс предполагает переход от текущей позиции к следующей, но возможны и нарушения линейности процесса. Например, в рассматриваемой модели (рису-

нок) на позициях 1 и 4 возможна выбраковка изделия. К тому же из первой позиции возможен переход как ко второй, так и к третьей. Вероятность перехода определяется экспериментально при исследовании моделируемого технологического процесса. Из позиции 14 возможен переход обратно к третьей в случае, если залитый МОП оказался бракованным.

После получения структурно-алгоритмической модели необходима ее реализация на определенном машинном языке. Для этих целей могут быть использованы любые языки программирования, однако, наиболее

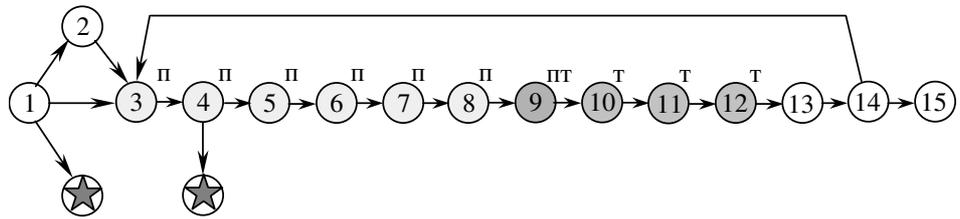


Рисунок – Пример структурно-алгоритмической модели технологического процесса заливки вкладышей МОП

удобными для этих целей являются специально разработанные ЯИМ. Использование языков такого плана позволяет быстро и в удобной форме создавать ИМ, производить многократные запуски полученных моделей с заданными параметрами и получать подробные отчеты, в которых отображается поведение модели.

Исходя из сравнительной характеристики наиболее распространенных ЯИМ, проведенной в [3], видно, что язык GPSS обладает преимуществом в простоте применения, по функциональным возможностям и по предпочтениям пользователей. Для создания средних по сложности моделей возможно использовать версию языка GPSS World Student, которая обладает некоторыми ограничениями по функциональности, но распространяется бесплатно и не требует лицензирования. Причем, как показывает практика, возможностей этой версии языка вполне достаточно для моделирования большинства технологических процессов.

При ИМ составляющие системы заменяются обслуживающими аппаратами. А роль продукции выполняют транзакты, которые перемещаются между обслуживающими аппаратами по заданным маршрутам. Транзакты могут занимать обслуживающий аппарат на определенное время (в этот момент происходит так называемое обслуживание транзакта) или стоять в очереди к аппарату (в случае, если аппарат занят обслуживанием другого транзакта).

Важной особенностью ИМ является возможность стохастического задания параметров (времени генерации, обслуживания, задержек транзактов и вероятностей перехода к указанному обслуживающему аппарату) и динамического изменения характеристик исследуемой модели.

Для подтверждения адекватности модели необходимо использовать критерии адекватности, которые основываются на сравнении выборок откликов созданной модели и исследуемой системы на одинаковые входные воздействия. Например, при нормальном законе распределения указанных выборок адекватность модели можно проверить по средним значениям откликов (t -критерий).

ИМ позволяет определить время работы каждого обслуживающего аппарата, а, следовательно, время работы на каждой позиции технологического процесса. На основании данных о времени работы обслуживающих аппаратов и параметров используемого технологического оборудования можно найти количество потребленной электрической энергии или других видов ТЭР, трудозатраты, количество израсходованных ресурсов. Полученные данные могут использоваться для планирования количества электрической энергии, необходимого для выполнения заданного объема работ.

Подстановка в модель действующих норм времени по каждой позиции технологического процесса позволяет выполнить нормирование потребления электрической энергии для запланированного объема работ.

Анализируя информацию о коэффициентах использования обслуживающих аппаратов и об очередях к ним, можно выявлять слабые места в технологическом процессе, модернизация которых приводит к повышению производительности всей системы.

Также применение имитационного моделирования дает возможность повысить эффективность внедряемых ОТМ за счет априорной оценки достигаемого технико-экономического эффекта.

Таким образом, использование ИМ позволяет повысить точность и эффективность ме-

роприятий по планированию и нормированию расхода электрической энергии, делая ИМ одним из наиболее перспективных направлений планирования и бюджетирования в рамках структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД» и других предприятий транспортных компаний и промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Методика анализа и планирования расхода электрической энергии на нетяговые нужды в ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД».** -М, 2008. -50 с.

2 **Пономарев, А.В.** Возможности имитационного моделирования для исследования технологических процессов / А.В. Пономарев, Д.В. Пашков, А.А. Комяков // Сильные инженерные школы – технологический прорыв Сибири: материалы II Съезда инженеров Сибири / Омск. гос. техн. ун-т. -Омск, 2008. -Ч.1. -С. 97-100.

3 **Варжапетян, А.Г.** Исследование систем управления методами имитационного моделирования: метод. указания / А.Г. Варжапетян / Санкт-Петербург. гос. ун-т аэрокосмического приборостроения. -СПб, 2004. -79 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имитационное моделирование; планирование и нормирование расхода электрической энергии

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Пашков Денис Владимирович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ОмГУПС»
Пономарев Антон Витальевич, ассистент ГОУ ВПО «ОмГУПС»

ПАРАМЕТРЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЯ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.А. Кандаев, Ю.М. Елизарова

Рассмотрены способы экспериментального определения параметров границы раздела «металл-электролит» для параллельной схемы замещения (при исследовании свинцового и медного электродов) и для схемы замещения, учитывающей влияние оксидной пленки (при исследовании алюминиевого электрода).

Использование кабелей в полимерном покрытии значительно повышает надежность работы линейных сооружений систем электроснабжения и связи [1]. Они длительное время сохраняют высокое переходное сопротивление металлических элементов кабеля относительно земли, надежно обеспечивая тем самым защиту, как от почвенной коррозии, так и от коррозии блуждающими токами. Кроме того, кабели в полимерном покрытии примерно на 30% дешевле аналогичных бронированных, поэтому их применение дает существенный экономический эффект.

Однако полимерное изолирующее покрытие, имея низкую механическую прочность, в процессе транспортирования, укладки и эксплуатации кабеля может быть повреждено. Одним из способов уменьшения времени простоя кабеля в случае его повреждения является быстрое и точное определение места повреждения кабеля (ОМПК) и его устранение. Большинство методов ОМПК основано на посыле электрического сигнала в кабель. По изменению параметров этого сигнала судят о МПК. Для выбора метода ОМПК и оптимальных параметров соответствующей аппаратуры необходимо знать распределение сигнала по длине кабеля с повреждениями. Следовательно, необходимо оценить параметры возникающих повреждений.

Если изолированную оболочку рассматривать как однопроводную линию, то места повреждения изолирующего полимерного покрытия можно рассматривать как дискретные нагрузки, подключенные к этой линии, их величина может меняться в очень широких пределах. Распределение токов и потенциалов по длине кабеля с поврежденным полимерным покрытием будет зависеть от величин полных переходных сопротивлений в местах повреждений, частоты, количества повреждений на рассматриваемом участке, их площадей и координат. Полное переходное сопротивление в месте повреждения изолирующего полимерного покрытия зависит от сопротивления растеканию, определяемого удельным сопротивлением грунта и площадью повреждения изолирующего полимерного покрытия, и от параметров границы раздела сред «металл-электролит», возникающей при контакте оголенного участка

металлической оболочки кабеля с водным раствором электролитов [2]. Таким образом, чтобы определить полное переходное сопротивление в месте повреждения изолирующего полимерного покрытия кабеля, необходимо найти значения параметров границы раздела сред «металл-электролит».

В существующих работах отечественных и зарубежных авторов учет влияния поляризационных явлений на границе раздела сред «металл-электролит» на параметры электрохимической защиты осуществляется в виде эмпирических или аналитических зависимостей поляризационных параметров от величины плотности тока, стекающего с сооружения. До настоящего времени не существует зависимостей, в достаточной мере описывающих изменение параметров границы раздела сред «металл-электролит» в зависимости от удельного сопротивления электролита и частоты тока, протекающего через эту границу.

Рассмотрим явления на металлическом проводнике при повреждении полимерного изолирующего покрытия с точки зрения понятий электрохимии. Поврежденное место представляет собой границу раздела двух фаз: твердой и жидкой. Твердая фаза – металлическая оболочка, жидкая – водный раствор электролитов. Концентрация электролитов в большинстве грунтовых вод невелика, все вещества диссоциированы, их концентрация и активность совпадают, а подвижность ионов не зависит от концентрации. В данных условиях граница раздела представляет собой двойной электрический слой, содержащий заряды разных знаков, которые концентрируются на обкладках. Внутренняя обкладка образуется за счет твердой фазы, а наружная – за счет жидкой. В большей части наружной обкладки ионы находятся в тепловом движении. С приближением к границе раздела фаз по нормали подвижность ионов исчезает. Жидкий наружный слой делят на две части: плотный слой, или слой Гельмгольца, и диффузионный слой, или слой Гуи-Чапмена. Внутри плотного слоя ионы примыкают непосредственно к фазовой границе и теряют свою подвижность. Диффузионный слой имеет большие размеры, внутри которых ионы находятся в состоянии теплового движения. Сопротивление границы раздела фаз «электрод-электролит» обусловлено переходом электрических зарядов через границу раздела [2]. Этот переход связан с химическим взаимодействием металла с окружающей средой, в котором присоединяется или отдается электрон. Такие реакции носят название электрохимических или фарадеевских. При постоянном токе этот процесс является единственным возможным способом для прохождения тока через границу раздела фаз. В теории коррозии фарадеевские процессы известны как процессы поляризационные.

При прохождении переменного тока через границу раздела фаз в переходном сопротивлении проявляются реактивные свойства [3], характер реактивности емкостный. Эквивалентная электрическая схема границы раздела в первом приближении представляет собой емкость с утечкой (рисунок 1) [4].

Емкость C_d образуется за счет обкладок твердой и жидкой фаз, а утечку представляет поляризационное сопротивление R_n . Представление границы раздела фаз в виде эквивалентной схемы замещения помимо наглядности оказывается целесообразным еще и потому, что дает возможность при описании процессов использовать хорошо разработанный аппарат современной теоретической электротехники.

Сложная зависимость параметров границы раздела «металл-электролит» от многих факторов, учет которых не всегда представляется возможным, а также отсутствие ее достоверной математической модели не позволяют расчетным путем получить значения емкости C_d и поляризационного сопротивления R_n . Поэтому параметры границы раздела «металл-электролит» определяются экспериментально.

Для определения параметров границы раздела «металл-электролит» на практике используют, как правило, два метода. В первом изготавливают два совершенно одинаковых электрода, помещают их в ячейку и измеряют входное сопротивление полученного двухполюсника, которое состоит из суммы сопротивлений двух границ раздела «металл-электролит» и сопротивления раствора между электродами. Исключая из входного сопротивления двухполюсника сопротивление раствора, можно получить удвоенное сопротивле-

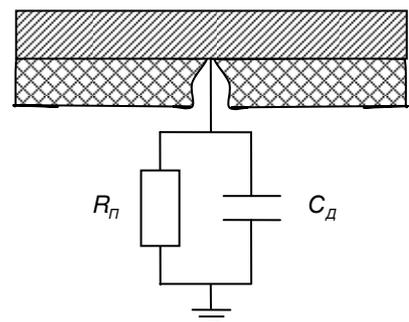


Рисунок 1 – Схема замещения границы раздела фаз

ние границы раздела «металл-электролит».

Во втором случае в качестве одного из электродов используется дополнительный, площадь которого во много раз больше, чем у исследуемого электрода. Использование дополнительного электрода позволяет сразу получить параметры исследуемого электрода и пренебречь параметрами дополнительного в силу их незначительности по сравнению с параметрами исследуемого.

Дополнительный электрод изготавливается из материала, который не разрушается при протекании через границу раздела электрического тока. Выполнение этого условия обеспечивает минимальные изменения параметров среды, в которой производится измерение параметров исследуемого электрода.

При наличии возможности изготовления дополнительного электрода с указанными параметрами второй подход является предпочтительным.

Среди кабелей в полимерном изолирующем покрытии наиболее распространены кабели в алюминиевых, свинцовых оболочках и кабели в медной оплетке, поэтому в данной работе рассматриваются три исследуемых электрода: алюминиевый, свинцовый и медный соответственно.

Эквивалентная электрическая схема электрохимической ячейки для медного и свинцового электродов приведена на рисунке 2, где C_d и R_n -емкость и сопротивление двойного электрического слоя исследуемого электрода; $C_{дэ}$ и $R_{дэ}$ -емкость и сопротивление двойного электрического слоя дополнительного электрода, R_p -сопротивление раствора электролита.

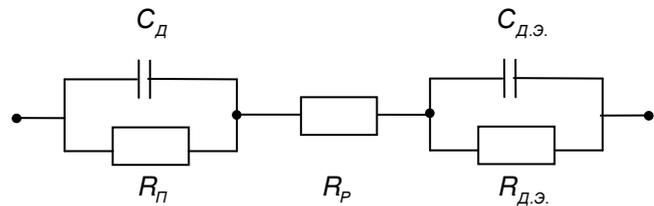


Рисунок 2 – Эквивалентная схема ячейки для медного и свинцового электродов

Дополнительным электродом служит корпус ячейки, в качестве которого может использоваться сосуд из инертного материала. Так как площадь дополнительного электрода во много раз больше исследуемого, то $C_{дэ} \gg C_d$; $R_{дэ} \ll R_n$, поэтому параметрами дополнительного электрода в измерениях можно пренебречь [2].

Алюминиевый электрод обладает следующим свойством: при возникновении контакта электрода с раствором электролита начинает активно протекать окислительный процесс, вследствие чего на его поверхности в очень короткое время образуется оксидная пленка. Следовательно, для алюминиевого образца электрическая эквивалентная схема будет иметь вид, приведенный на рисунке 3.

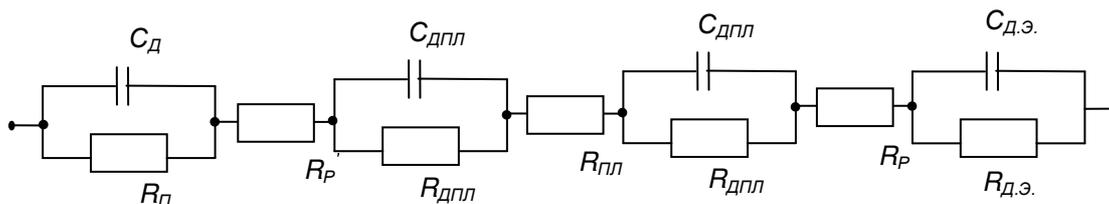


Рисунок 3 – Эквивалентная схема ячейки для алюминиевого электрода

В данной схеме параметрами дополнительного электрода по причине, указанной выше, также пренебрегают, кроме R_p, C_d и R_n , в схеме присутствуют R_p' -сопротивление раствора между оксидной плёнкой и алюминиевым электродом, $C_{дпл}$ и $R_{дпл}$ -емкость и сопротивление двойного электрического слоя на границе раздела «оксидная пленка-электролит» по обе стороны пленки и $R_{пл}$ -сопротивление пленки. Путем преобразований данная схема может быть приведена к следующему виду (рисунок 4).

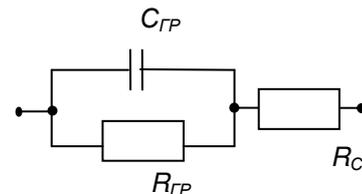


Рисунок 4 – Эквивалентная схема ячейки

Здесь $C_{гр}$ -емкость границы раздела «металл-электролит» (с учетом параметров оксидной пленки), $R_{гр}$ -сопротивление границы раздела «металл-электролит» (с учетом парамет-

ров оксидной пленки), R_c -сопротивление среды (с учетом всех сопротивлений, последовательно входящих в схему см. рисунок 3). Именно $C_{гр}$ и $R_{гр}$ участвуют в расчете полного переходного сопротивления в месте повреждения изолирующего полимерного покрытия кабеля. Очевидно, что схема для медного и свинцового электродов также будет иметь вид, приведенный на рисунке 4, в данном случае $C_{гр}$ и $R_{гр}$ будут совпадать с C_d и R_n соответственно, а R_c будет равно R_p . Из входного сопротивления электрохимической ячейки вычитают сопротивление среды и путем преобразований получают интересующие параметры границы раздела «металл-электролит».

Расчетная схема для экспериментального определения параметров границы раздела «металл-электролит», необходимых для расчета токораспределения в изолированных проводниках с поврежденным покрытием, для алюминиевого, свинцового и медного исследуемых электродов с учетом параметров оксидной пленки представляет собой последовательное соединение сопротивления среды с параллельно включенными сопротивлением и емкостью границы раздела «металл-электролит».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Котельников, А.В.** Блуждающие токи электрифицированного транспорта / А.В. Котельников. -М.: Транспорт, 1986. -279 с.

2 **Кандаев, В.А.** Совершенствование эксплуатационного контроля коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта / В.А. Кандаев. -Омск: Изд-во Омск. гос. ун-та путей сообщения, 2003. -225 с.

3 **Mansfeld, F.L.** Recording and Analysis of AC Impedance Data for Corrosion Studies / F.L. Mansfeld // Corrosion (USA). -1981. -№5. -P. 301-307.

4 **Антропов, Л.И.** Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. -М.: Высш. шк., 1965. -509 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оболочка кабеля; параметры повреждения изолирующего покрытия

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кандаев Василий Андреевич, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «ОмГУПС»
Елизарова Юлия Михайловна, аспирант ГОУ ВПО «ОмГУПС»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЦИКЛОМ

ГОУ ВПО «Орловский Государственный Технический Университет»

А.Н. Качанов, Т.Г. Королева, В.Л. Кукоба, А.Н. Трошкин

Рассматривается алгоритм построения и возможности практического использования математической модели «Источник питания-узел нагрузки» для исследования систем электроснабжения предприятий металлургической отрасли с непрерывными технологическими процессами. Модель позволяет рассчитывать уровни провалов напряжения в узлах системы электроснабжения с учетом причин как системного характера (КЗ, аварийные переключения и др.), так и человеческого фактора.

В процессе передачи электроэнергии от электростанций и подстанций к потребителям по воздушным ЛЭП 110 кВ возникает вероятность кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ) потребителей в виде провалов и исчезновений напряжения. Возникновение указанных нарушений возможно по причинам системного характера (КЗ, аварийные переключения и др.) и человеческого фактора. По мере усложнения технологических процессов предприятий, их автоматизации с использованием микропроцессорной техники проблемы воздействия КНЭ на работу потребителей становятся всё более актуальной инженерно-технической задачей.

Традиционные схемные решения для металлургических предприятий с непрерывным циклом технологических процессов – две питающие ВЛ, два трансформатора ГПП, два трансформатора на уровне цеховых подстанций с автоматикой (АПВ, АВР) – считались достаточными для надёжного электроснабжения потребителей. Однако в процессе дальнейшего совершенствования технологических процессов появились потребители, высокочувствительные к помехам по цепи питания. Отключение КЗ на ВЛ осуществляется за 0,12-0,30 с. За указанный промежуток времени происходят сбои в работе управляющих микропроцес-

сорных систем, нарушается работа электропривода и др., что приводит к остановкам непрерывных технологических процессов, недоотпуску продукции и, как следствие, к значительному технико-экономическому ущербу [1].

Для оценки возможности осуществления группового самозапуска асинхронных электродвигателей, входящих в состав сложного электротехнического комплекса, после их группового выбега необходимо знать уровни напряжения на шинах 6 (10) и 0,4 кВ, которые имеют место при КНЭ, а также глубину и временные характеристики провалов напряжения.

На рисунке 1 приведена типовая схема электроснабжения промышленного предприятия с непрерывным технологическим процессом.

Для анализа перерывов электроснабжения и с целью выявления влияния указанных факторов КНЭ была разработана математическая модель «источник питания-узел нагрузки» применительно к электрической схеме, приведенной на рисунке 1. Эквивалентная расчетная схема, соответствующая предлагаемой математической модели приведена на рисунке 2.

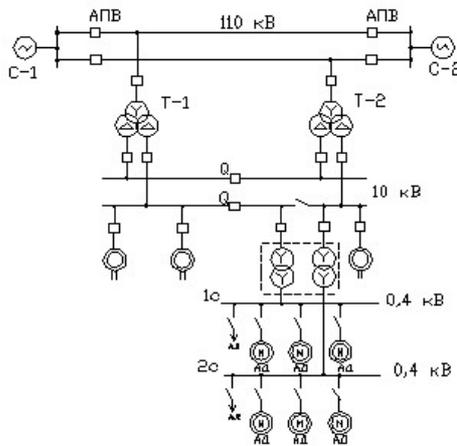


Рисунок 1 – Типовая схема электроснабжения промышленного предприятия с непрерывным технологическим процессом

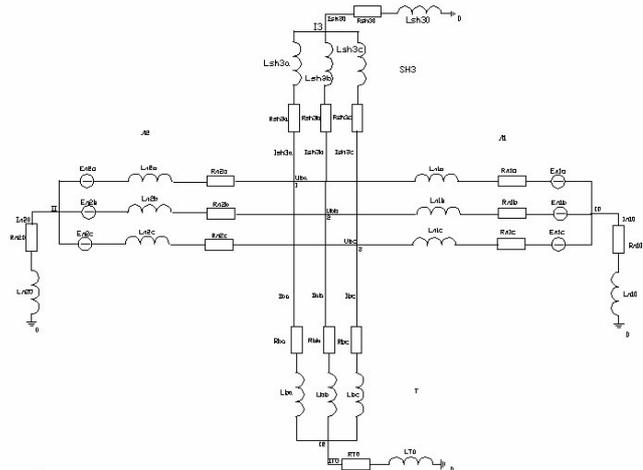


Рисунок 2 – Эквивалентная расчетная схема математической модели «источник питания-узел нагрузки»

При создании математической модели [2] использована система нелинейных уравнений узловых напряжений, представленная ниже в матричной форме:

$$\begin{vmatrix} L_{Sh3a} + L_{Sh3o} & L_{Sh3o} & L_{Sh3o} \\ L_{Sh3o} & L_{Sh3b} + L_{Sh3o} & L_{Sh3o} \\ L_{Sh3o} & L_{Sh3o} & L_{Sh3c} + L_{Sh3o} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} p \cdot i_{Sh3a} \\ p \cdot i_{Sh3b} \\ p \cdot i_{Sh3c} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} U_{\Phi a} - R_{Sh3a} \cdot i_{Sh3a} - R_{Sh3o} (i_{Sh3a} + i_{Sh3b} + i_{Sh3c}) \\ U_{\Phi b} - R_{Sh3b} \cdot i_{Sh3b} - R_{Sh3o} (i_{Sh3a} + i_{Sh3b} + i_{Sh3c}) \\ U_{\Phi c} - R_{Sh3c} \cdot i_{Sh3c} - R_{Sh3o} (i_{Sh3a} + i_{Sh3b} + i_{Sh3c}) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} L_{La} + L_{Lo} & L_{Lo} & L_{Lo} \\ L_{Lo} & L_{Lb} + L_{Lo} & L_{Lo} \\ L_{Lo} & L_{Lo} & L_{Lc} + L_{Lo} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} p \cdot i_{La} \\ p \cdot i_{Lb} \\ p \cdot i_{Lc} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} E_{La} - U_{Va} - R_{La} \cdot i_{La} - R_{Lo} (i_{La} + i_{Lb} + i_{Lc}) \\ E_{Lb} - U_{Vb} - R_{Lb} \cdot i_{Lb} - R_{Lo} (i_{La} + i_{Lb} + i_{Lc}) \\ E_{Lc} - U_{Vc} - R_{Lc} \cdot i_{Lc} - R_{Lo} (i_{La} + i_{Lb} + i_{Lc}) \end{vmatrix}$$

Известно, что непосредственное применение законов Кирхгофа для решения приведенной выше системы уравнений неэффективно, и в алгоритмах решений практически не используется из-за своей громоздкости. Рекомендуется для построения алгоритмов расчета с использованием ЭВМ применять уравнения узловых напряжений, связывающие напряжения в узлах системы электроснабжения и токи, подводимые к этим узлам от источника питания, через параметры схемы [3]. Отмеченная нелинейность проявляется в двух случаях, именно при:

- представлении в узлах нагрузки потребителей или генераторов неизменной мощностью;
- задании нагрузок потребителей статическими характеристиками.

Для решения систем уравнений, приведенных выше, относительно производных токов необходимо найти обратную матрицу индуктивностей трансформатора, шунта и линий с элементами и умножить их на соответствующие правые части уравнений (1,2). Далее, приведя эти уравнения к форме Коши, можно их решать известными методами, но уже относительно токов. При этом трудоемкость вычислительных процессов снижается за счет преобразования нелинейные уравнений узловых напряжений к системе линейных алгебраических уравнений.

Для синхронных и асинхронных двигателей используем дифференциальные уравнения, записанные относительно токов статора и ротора.

В общем виде, предлагаемая математическая модель для типовой схемы электроснабжения предприятий с непрерывным технологическим процессом состоит из дифференциальных уравнений, позволяющих рассчитать параметры её основных элементов и системы линейных алгебраических уравнений, позволяющих определять узловые напряжения. Допущения, принятые при создании математической модели, позволяют рассматривать системы электроснабжения как содержащие, так и не имеющие в своем составе синхронные машины. Потребители электрической энергии в узлах схемы замещения учитываются значениями токов, которые принимаются либо постоянными, либо изменяющимися в соответствии со статическими характеристиками электродвигателей.

На каждом шаге расчёта по предшествующим значениям интегрируемых переменных определяются напряжения в узлах схемы замещения системы электроснабжения методом Ньютона, который обеспечивает устойчивую сходимость при определении основных параметров в нормальных и аварийных условиях работы электротехнического комплекса.

Модель «источник питания-узел нагрузки» позволяет исследовать переходные процессы при симметричных и несимметричных нагрузках, состоящих из произвольного числа синхронных и асинхронных машин. Например, при моделировании исследуемого вида короткого замыкания изменяется величина сопротивления шунта на время длительности короткого замыкания, и определяются уровни провалов напряжения в узлах схемы замещения. Одновременно моделируется процесс группового выбега и самозапуска двигателей. Результаты позволяют оценивать и прогнозировать вероятность сохранения работоспособности электротехнического комплекса при КНЭ.

Математическая модель «источник питания-узел нагрузки» была апробирована для частного случая системы электроснабжения цеха оцинкования стальной проволоки на филиале «Орловский завод» ОАО «Северсталь-метиз». Отличие заводской схемы электроснабжения от схемы, приведенной на рисунке 1, заключается в отсутствии синхронных машин на шинах напряжением 10 кВ и наличие микропроцессорной техники в системе управления АД. Питание силовых цепей и цепей управления осуществляется отдельно.

Как показали исследования вероятность группового самозапуска теоретически возможна при глубине провалов напряжения $(0,65 \div 0,7) U_{ном}$ в течение интервала времени 0,12-0,30 с. Однако, наличие микропроцессорной техники в цепях управления АД электротехнического комплекса оцинкования стальной проволоки делает осуществление данного процесса невозможным, так как по истечению 0,10-0,15 мс микропроцессорная техника утрачивает свою работоспособность. Последнее обстоятельство подтверждается статистическими данными, полученными при эксплуатации указанного выше оборудования.

Рассмотренная модель «источник питания-узел нагрузки» может быть также успешно использована для разработки технических решений и энерго- и ресурсосберегающих мероприятий, направленных на повышение эффективности работы систем электроснабжения предприятий, обеспечивающей работу непрерывных технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прокопчик, В.В. К проблеме независимости источников питания для предприятий с непрерывными технологическими процессами / В.В. Прокопчик, Ю.Д. Головач, А.Н. Приходько; Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого; ОАО «Гродно Азот» // Электрика. -2006. -№8. -С. 29-34.

2 Качанов, А.Н. Математическая модель электротехнического комплекса «Энергосистема-узел нагрузки» ОАО «Северсталь-метиз» / А.Н. Качанов, Т.Г. Королева, В.Л. Кукоба, А.Н. Трошкин // Сборник материалов VI-ой международной научно-практической интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение 21 век». -Орел, 2008. -С. 82-83.

3 Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. -Ростов н/Д: Феникс ;Красноярск: Издател. проекты, 2006. -720 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическая модель; система электроснабжения предприятия
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Качанов Александр Николаевич, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «Орловский ГТУ»
 Королева Татьяна Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «Орловский ГТУ»
 Кукоба Виктория Леонидовна, старший преподаватель ГОУ ВПО «Орловский ГТУ»
 Трошкин Алексей Николаевич, ассистент ГОУ ВПО «Орловский ГТУ»

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ТОКОПРИЕМНИКОВ С КОНТАКТНЫМИ ПОДВЕСКАМИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЛЕТАХ СОПРЯЖЕНИЙ АНКЕРНЫХ УЧАСТКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

К.Р. Халиков

Предложен новый метод расчета взаимодействия двух токоприемников с двумя контактными подвесками в переходных пролетах сопряжений анкерных участков электрических железных дорог.

Процесс взаимодействия токоприемников с контактными подвесками на сопряжениях анкерных участков имеет ряд характерных особенностей в силу резко изменяющихся массы и жесткости подвески, приведенных к точке контакта, при подхвате токоприемником контактного провода (проводов) второй контактной подвески. В случае наличия нескольких рабочих токоприемников на электроподвижном составе к этим особенностям добавляется взаимное влияние токоприемников друг на друга.

Для обеспечения надежного и экономичного токосъема при прохождении электроподвижного состава с несколькими рабочими токоприемниками сопряжений анкерных участков контактные подвески должны иметь рациональные характеристики.

Известные методы расчета механического взаимодействия токосъемных устройств в переходных пролетах сопряжений анкерных участков [1, 2] не учитывают наличие нескольких токоприемников. Поэтому предлагается новый метод расчета взаимодействия двух токоприемников с двумя контактными подвесками в переходных пролетах, основанный на дискретизации показателей подвесок в точках контакта токоприемников с учетом волновых процессов [3].

Рассмотрим процесс взаимодействия двух токоприемников с контактными подвесками на сопряжениях анкерных участков. В общем случае, когда оба токоприемника отжимают провода обеих подвесок, каждый из них условно взаимодействует сразу с четырьмя дискретными массами (рисунок 1). Если полз токоприемника не касается контактного провода (проводов) одной из подвесок, ее реакция, вызванная нажатием соответствующего токоприемника, приравнивается к нулю. Траектории верхнего и нижнего узлов каждого из токоприемников определяются решением системы из четырех нелинейных дифференциальных уравнений с четырьмя неизвестными

$$\begin{cases} H''_{p1} = f_{p1}(H_{p1}, H'_{p1}, H_{n1}, H'_{n1}); \\ H''_{n1} = f_{n1}(H_{p1}, H'_{p1}, H_{n1}, H'_{n1}, H_{n2}, H'_{n2}); \\ H''_{p2} = f_{p2}(H_{p2}, H'_{p2}, H_{n2}, H'_{n2}); \\ H''_{n2} = f_{n2}(H_{p2}, H'_{p2}, H_{n1}, H'_{n1}, H_{n2}, H'_{n2}), \end{cases} \quad (1)$$

где $H_{pi}, H'_{pi}, H''_{pi}$ – высотные положения нижнего узла i -го токоприемника, его первая и вторая производная по расстоянию;

$H_{ni}, H'_{ni}, H''_{ni}$ – то же, верхнего узла i -го токоприемника;

$$f_{pi}(H_{pi}, H'_{pi}, H_{ni}, H'_{ni}) = (v^2 m_{pi})^{-1} \left[-vr_{pi} H'_{pi} - w_{pi} \text{sign} H'_{pi} + vr_{ki} (H'_{ni} - H'_{pi}) + w_{ki} \text{sign} (H'_{ni} - H'_{pi}) - \chi_{ki} (h_{koi} - H_{ni} + H_{pi}) + P_{epi} + P_{pi} \right];$$

$$f_{ni}(H_{pi}, H'_{pi}, H_{ni}, H'_{ni}, H_{n1}, H'_{n1}) = \left[v^2 \left(-\prod_{k=1}^2 \sum_{j=1}^2 (\psi_j(H_{nk}) m_{ckk(j)}) + \prod_{k=1}^2 \sum_{j=1}^2 (\psi_j(H_{nk}) m_{ckk(j)} + m_{nk}) \right) \right]^{-1} \times$$

$$\times \sum_{q=1}^2 \left[\text{sign}(1 - 2|i - q|) \left(\sum_{j=1}^2 (\psi_j(H_{ni}) m_{cQ(j)}) + (1 - |i - q|) m_{nQ} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(-\sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \left[\psi_j(H_{nk}) \left(\chi_{cqk(j)} (-H_{каck(j)} + H_{nk}) + vr_{cqk(j)} H'_{nk} \right) \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + \chi_{kq} (h_{kq} - H_{nq} + H_{pq}) - vr_{kq} (H'_{nq} - H'_{pq}) - w_{kq} \text{sign} (H'_{nq} - H'_{pq}) + P_{enq} \right) \right] \right];$$

$$I = |i - 2| + 1, K = |k - 2| + 1, Q = |q - 2| + 1;$$

$$\psi_j(H_{ni}) = \begin{cases} 1, & H_{ni} > H_{касi(j)}, \\ 0, & H_{ni} < H_{касi(j)}; \end{cases}$$

m_{ni}, m_{pi} – приведенные массы полоза и рам i -го токоприемника, кг;

$Ж_{ki}$ – жесткость верхнего узла i -го токоприемника, Н/м;

r_{pi}, r_{ki} – коэффициенты вязкого трения в рамах и каретках i -го токоприемника, Н·с/м;

w_{pi}, w_{ki} – силы сухого трения в рамах и каретках i -го токоприемника, Н;

h_{koi} – ход кареток i -го токоприемника при полной разгрузке, м,

$P_{pi}, P_{ени}, P_{epi}$ – силы статического нажатия, аэродинамические полоза и подвижной рамы i -го токоприемника, Н;

$m_{cij(k)}, Ж_{cij(k)}, r_{cij(k)}$ – масса, жесткость и коэффициент вязкого трения k -ой подвески, обусловленные влиянием j -го токоприемника, приведенные к точке контакта с i -ым токоприемником;

v – скорость движения электроподвижного состава, м/с;

$H_{касi(j)}$ – высотное положение j -ой контактной подвески в точке нахождения i -го токоприемника при отсутствии нажатия, м;

$$H_{кас2(j)} = H_{кас1(j)} - I_{mk};$$

I_{mk} – расстояние между токоприемниками, м.

Полученное решение должно удовлетворять условиям ограничения вертикальных перемещений элементов токоприемников. Массы и жесткости верхних узлов токоприемников представлены функциями от положения в пролете с учетом эффекта приведения. В точках подхвата (схода) вертикальная скорость верхнего узла токоприемника пересчитывается.

Контактное нажатие i -го токоприемника можно определить из выражения

$$P_{kmi} = -m_{ni}v^2 H'_{ni} - r_{ki}v(H'_{ni} - H'_{pi}) - w_{ki} \text{sign}(H'_{ni} - H'_{pi}) + Ж_{ki}(h_{koi} - H_{ni} + H_{pi}) + P_{ени}. \quad (2)$$

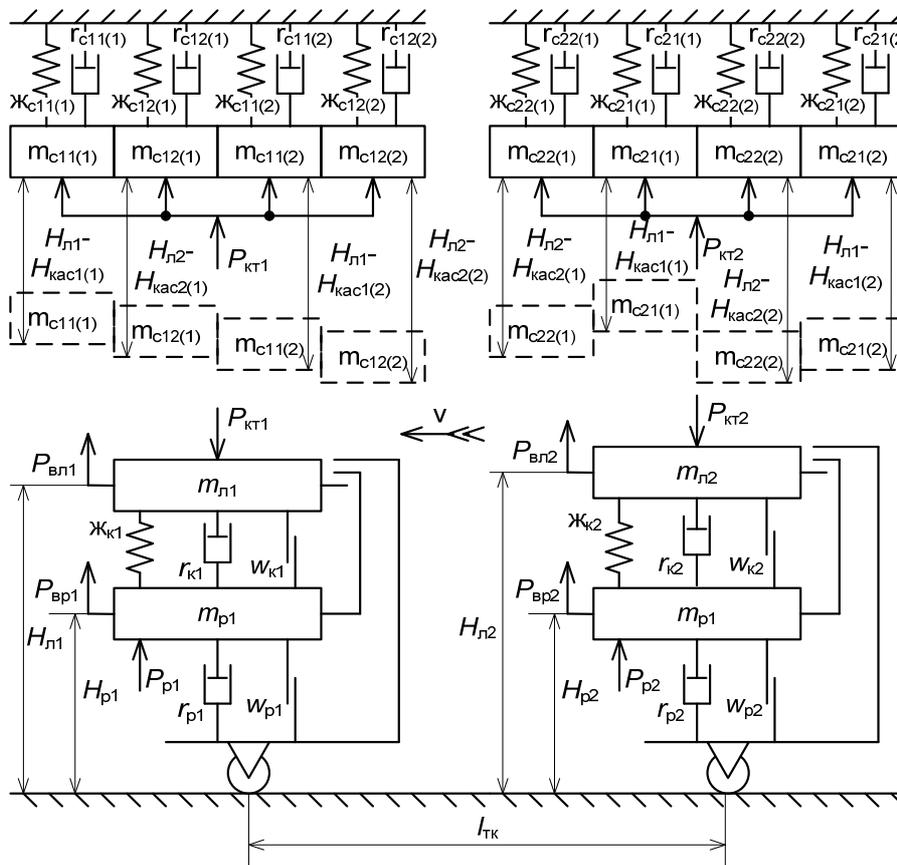


Рисунок 1 – Динамическая модель взаимодействия двух токоприемников с контактными подвесками в переходном пролете

Результаты расчетов показывают (рисунок 2), что уже при скорости 120 км/ч контактное нажатие в переходном пролете изменяется в большем диапазоне по сравнению с промежуточным. Из этого следует необходимость улучшения характеристик контактной подвески на сопряжениях анкерных участков.

Результаты экспериментальных исследований (рисунок 3), полученные ВНИИЖТом и ОмГУПСом на Октябрьской железной дороге, подтверждают адекватность предложенной модели условиям взаимодействия токосяемных устройств (расхождение теоретических и экспериментальных данных составило не более 15%).

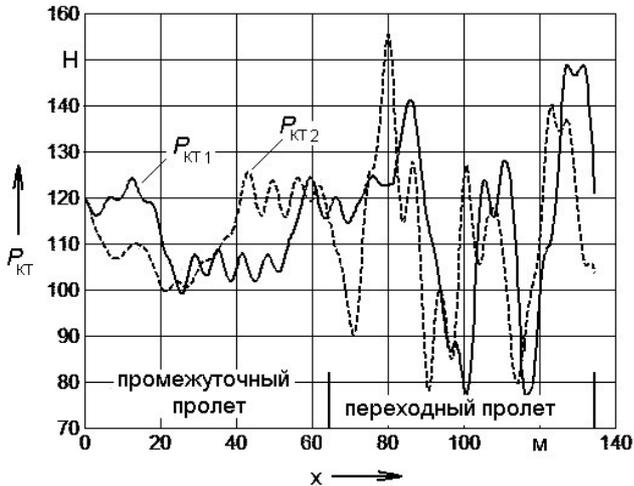


Рисунок 2 – Функции контактного нажатия при взаимодействии подвески КС-200 с двумя токоприемниками ($l_{тк} = 16,2 м$)

Изменение характеристик контактной подвески может быть достигнуто различными способами. Предлагаемый вариант компенсирующего устройства совмещает эффект от монтажа проводов «вразбежку» с эффектом действия пружинных элементов [4]. Устройство содержит компенсирующий упругий элемент, присоединенный с помощью струн к контактным проводам, расположенным на разной высоте друг относительно друга. Как показали исследования, проведенные на полигоне ст. Омск, наличие компенсирующего устройства приводит к снижению жесткости в месте установки на 251% по сравнению с типовым вариантом.

Выводы:

1 При взаимодействии двух токоприемников с контактными подвесками на сопряжениях анкерных участков резко изменяются массы и жесткости подвески, приведенные к точкам контакта с токоприемниками, в результате чего не обеспечивается надежный и экономичный токосяем.

2 Предложенный метод расчета механического взаимодействия токосяемных устройств позволяет определить траектории токоприемников и функции контактного нажатия в переходных пролетах сопряжений анкерных участков с учетом наличия двух токоприемников.

3 Для улучшения качества токосяема в переходных пролетах сопряжений анкерных участков рекомендуется использовать предлагаемое устройство выравнивания жесткости.

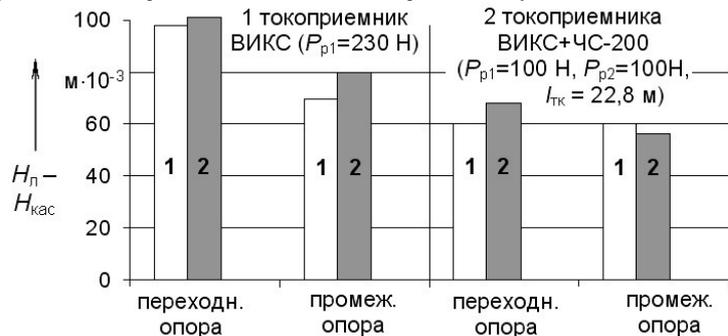


Рисунок 3 – Отклонение вверх контактных проводов контактной подвески КС-200 под переходной и промежуточной опорами при прохождении одного и двух токоприемников: 1-показания датчика экстремальных отжатий; 2-рассчитанные значения отжатия контактных проводов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Михеев, В.П.** Контактные сети и линии электропередачи / В.П. Михеев. -М.: Маршрут, 2003. - 416 с.

2 **Маслов, Г.П.** Улучшение характеристик контактных подвесок магистральных электрических железных дорог / Г.П. Маслов, К.Р. Халиков, Э.Р. Абдулин // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: материалы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. -Красноярск, 2005. -Т.1. -С. 151-156.

3 **Себелев, В.И.** Расчет взаимодействия нескольких токоприемников с контактными подвесками при повышенных скоростях движения / В.И. Себелев, К.Р. Халиков // Вузы Сибири и Дальнего Востока Транссибу: материалы регион. науч.-практ. конф., 27-29 нояб. 2002 г. / Сиб. гос. ун-т путей сообщения. -Новосибирск, 2002. -С. 536-538.

4 Пат. RU 55696 U1 Российская Федерация, МПК В 60 М 1/22. Устройство подвески кон-

тактного провода в переходном пролете контактной сети / Г.П. Маслов, К.Р. Халиков (Российская Федерация). -№2005119569/22; заявл. 23.06.2005; опубл. 27.08.2006, Бюл. №24.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: токоприемники; электрические железные дороги
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Халиков Карим Равильевич, инженер ГОУ ВПО «ОмГУПС»

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА

ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»
 ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

**Г.Я. Иванов,
 А.Ю. Кузнецов, П.А. Лисенков**

Получение экономии электроэнергии и воды в системе водоснабжения фермерского хозяйства можно добиться за счёт надёжности используемых технических средств и повышения уровня автоматизированного управления электроприводом насоса.

Системы водоснабжения как объекты автоматического управления обладают весьма сложной структурой, основными элементами которой являются трубопроводная сеть и насосные установки. Гидравлическое и электротехническое оборудование насосных станций обычно выбирается по максимальным техническим параметрам системы водоснабжения. Однако на практике оказывается, что насосные установки длительное время работают в режимах, отличающихся от расчётных, кроме того, имеют место суточные и сезонные колебания расходов и напоров, в результате чего рабочие режимы насосов оказываются вне рабочих зон их характеристик.

Традиционные способы регулирования подачи насосных установок состоят в дросселировании напорных трубопроводов. Этот способ направлен на решение технологических задач и не учитывает энергетических вопросов.

Оснащение насосной установки регулируемым электроприводом с комплексом технических средств решает эти вопросы. Так, например, для управления электроприводом, используемым для водоснабжения, авторами была применена разработанная система автоматизации, реализованная с помощью микропроцессорного контроллера, силового шкафа управления с пультом управления, частотного преобразователя с датчиком давления воды в цепи обратной связи.

При выборе схемы автоматизированного управления и используемого типа оборудования целесообразно исходить из максимальной простоты, доступности и надёжности программного обеспечения, благодаря которым система управления и контроля может обслуживаться лицами, не являющимися специалистами в области вычислительной (компьютерной) техники и контролируемых приборов.

Используя экспериментальные данные можно выделить группу оборудования, для которых возможны значительные увеличения интенсивности отказов: электроклапаны, датчики уровня, автоматический выключатель, соединительные кабели, панель управления, сигнализация, клеммные колодки. При использовании изношенного оборудования преобладает экспоненциальный закон надёжности, определяемый выражением

$$P_k(t) = \exp\left[\left(t + k \frac{t_0}{N}\right) / T\right] \quad (1)$$

где T – время отказа k -го элемента.

В таком случае, средняя функция надёжности всей группы, состоящей из N объектов в интервале $t = 0 \dots t_0/N$ представляется выражением

$$\bar{P}(t) = \frac{P_1(t) + P_2(t) + \dots + P_k(t) + \dots + P_N(t)}{N} \quad (2)$$

Записав (2) как сумму геометрической прогрессии, делённую на N , получим

$$\bar{P}(t) = \frac{\exp\left[\frac{t_0 - N(t + t_0)}{N \cdot T}\right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{T}\right)\right]}{N \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{N \cdot T}\right)\right]} \quad (3)$$

Таким образом, значение средней надежности всей группы объектов за год можно аналитически определить из (3)

$$\bar{P}_{cp} = \frac{\bar{P}(t)_{max} - \bar{P}(t)_{min}}{2} \quad (4)$$

Для значений времени $t=0$ и $t=t_0/N$, определяющих максимальный и минимальный уровень надежности каждого из N объектов в группе, будем иметь

$$\bar{P}(t)_{max} = \frac{\exp\left[\frac{t_0 - (1-N)}{N \cdot T}\right] \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{T}\right)\right]}{N \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{N \cdot T}\right)\right]}; \bar{P}(t)_{min} = \frac{\exp\left(-\frac{t_0}{T}\right) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{T}\right)\right]}{N \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{N \cdot T}\right)\right]} \quad (5)$$

Из уравнений (4) и (5) при интенсивности отказов $\lambda = T^{-1}$, можно получить выражение для \bar{P}_{cp} . Как показали эксперименты, имеют место ежегодные колебания параметра отказов. В связи с этим существуют доверительные границы, в которых может находиться действительная величина интенсивности отказов рассматриваемого элемента.

Как правило, практический интерес представляет верхняя граница интенсивности отказов, при которой интенсивность отказов максимальна.

Эксперимент проводился в фермерском хозяйстве, где используется безбашенная система водоснабжения. Система водозабора состоит из скважины, оборудованной погруженным насосом типа ЭЦВ с асинхронным электродвигателем мощностью 2,2 кВт и предназначена для непрерывной подачи воды в потребительский водопровод (рисунок 1).

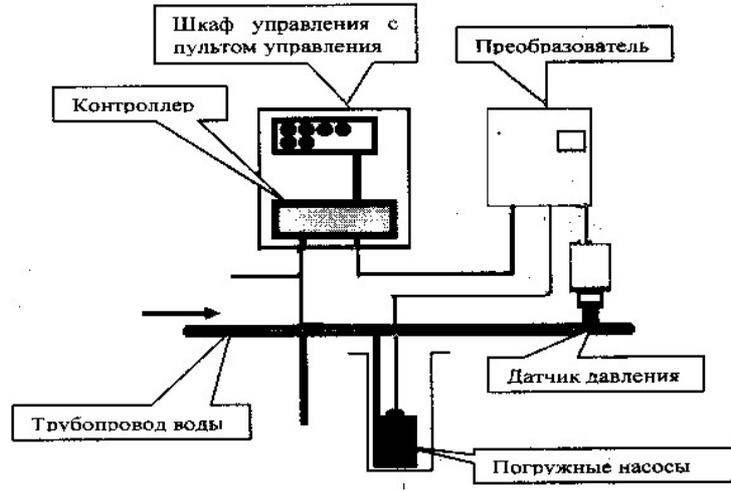


Рисунок 1 – Схема работы оборудования водозабора

До установки системы контроля и автоматизации, включение насосов осуществлялось в ручном режиме, что из-за разного расхода воды в течение суток приводило к резким колебаниям давления в водопроводе и как в следствие – перебои с водой, частые ремонты водопровода, перерасход электроэнергии.

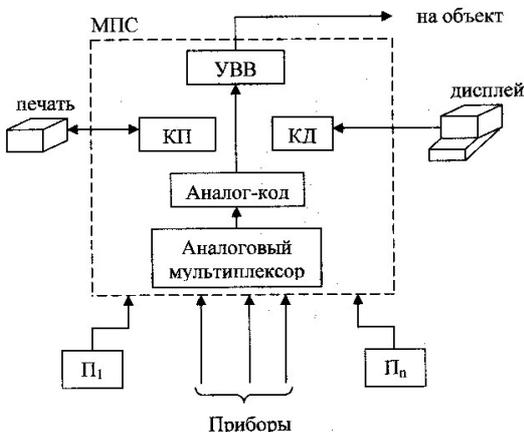


Рисунок 2 – Комплекс технических средств управления

Оптимизация всех факторов влияющих на функционирование электропривода насосной установки была осуществлена с помощью комплекса технических средств системы частотного регулирования с векторным управлением асинхронным двигателем на базе микроконтроллера типа FX1N, семейства ПЛК MELSEC FX, позволяющих настроить систему контроля и автоматизации в соответствии с необходимыми требованиями технологического процесса.

Разработанная система контроля и автоматизации микропроцессорным контроллером включает в себя микропроцессорную систему (МПС), принтер (печать), монитор (дисплей) и контролируемые и управляющие приборы, установленные в схеме на объекте (рисунок 2).

Из схемы рисунок 2 видно, что управление электроприводом насоса является далеко не единственной функцией, возлагаемой на микропроцессорную систему.

Примененная микропроцессорная система - МПС состоит из аналогового мультиплексора, преобразователя «Аналог - код», модуля контроллера дисплея (КД), модуля контроллера печати (КП) и устройства ввод-вывод (УВВ).

Аналоговый мультиплексор состоит из двух аналоговых потенциометров для задания установок и встроенного переключателя режимов.

Преобразователь «Аналог-код» представлен модулями FNIN-3А и имеет два аналоговых входа и один аналоговый выход. Модуль подключается к базовому с помощью защищенного шлейфового кабеля и обеспечивает преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно.

Модуль контроллера дисплея (КД) типа FNIN-5DM устанавливается непосредственно в контроллер для отображения и изменения состояния регистров контроллера.

Модуль контроллера печати (КП) представляет собой модуль дополнительного интерфейса типа FNIN-322ADP, который используется для подключения к базовому модулю контроллера периферийных устройств (в нашем случае принтера).

Для печати информации применен принтер типа Canon LBP2900, в качестве монитора использован дисплей ноутбука модели Acer ASPIRE 5101AWLMI.

Для измерения потребленной электрической энергии используется счетчик электрической энергии типа СОЭБ-Н, а при необходимости ведения учета использования холодной воды можно использовать счетчик, например, типа ОСБ.

На видеотерминальное устройство выводится оперативная информация о ходе технологического процесса и текущая – по запросам. Ноутбук позволяет вводить-выводить информацию при работе с микропроцессорной техникой, хранить и редактировать ее. В случае необходимости возможна установка устройства алфавитно-цифровой печати, предназначенного для нанесения на бумагу необходимых данных о ходе контроля параметров автоматизированного управления технологическим процессом водоснабжения.

В основу решения задачи контроля автоматизированного управления электроприводом системы водоснабжения фермерского хозяйства положены следующие принципы: максимальная степень автоматизации процесса воздействия сигналов от микропроцессорной системы на электропривод и сведение к минимуму числа ручных операций, повышение достоверности результатов автоматизированного контроля, высокая надежность системы, основанной на использовании микроконтроллера семейства ПЛК MELSEC FX и модульной структуры, максимальная простота программного обеспечения.

Промышленностью России, а также ряда зарубежных стран выпускается много типов микроконтроллеров, благодаря которым обеспечены исключительные преимущества контроля, обработки информации и управления электроприводами широкого диапазона мощностей, используемых в технологических процессах разной сложности в сельской местности, в том числе для водоснабжения.

Примененный комплекс технических средств обладает высокой надежностью, широкими функциональными возможностями, обеспечивает совместимость модулей на электрическом, функциональном и программном уровнях, что снижает себестоимость водоснабжения и способствует рациональному расходу энергии для условий небольшого фермерского хозяйства.

В ходе эксперимента по применению системы автоматизированного управления на основе описанного комплекса технических средств удалось получить экономию затрат только на электроэнергию около 6000 руб. в год в расчете на одну насосную установку номинальной мощностью 2,2 кВт, при сроке окупаемости затрат на систему управления менее одного года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Осипов, О.И.** Техническая диагностика автоматизированных электроприводов / О.И. Осипов, Ю.С. Усынин. -М.: Энергоатомиздат 1991. -160 с.

2 **Ivanov, G.** Ecological heating systems of ground cultivation constructions / G. Ivanov, A. Bojarsky, B. Malozyomov // Proc. the 8th Russia-Korea intern. forum on research and innovation activities, 26 June – 3 July 2004. -Tomsk, 2004. -P. 29-34.

3 **Соколовский, Г.Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием /

Г.Г. Соколовский. -М.: Академия, 2006. -262 с.

4 **Панкратов, В.В.** Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами / В.В. Панкратов, Е.А. Зима. -Новосибирск: Новосиб. гос. техн. ун-т, 2005. -120 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление электроприводом насоса; экономия электроэнергии

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Иванов Геннадий Яковлевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАУ»

Кузнецов А.Ю., канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГТУ»

Лисенков Павел Александрович, соискатель ГОУ ВПО «НГТУ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В НЕЧЕТКО-ОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.З. Манусов, Р.Р. Гиззатов

Рассмотрена задача анализа режимов электроэнергетических систем в условиях неопределенности. Предлагается использование математического аппарата теории нечетких множеств для построения функций принадлежности электрических нагрузок. Показано, что электрическая нагрузка может быть представлена в виде трапецеидальной функции принадлежности.

Обычно решение задач анализа и управления режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) приходится осуществлять, в условиях неопределенности исходной информации. Для формализации этих задач и их решения можно использовать методы теории нечетких множеств и размытых свидетельств. На этой основе можно получить модели объекта, сочетающие в себе как декларативные, так и процедурные знания [1].

Теория нечетких множеств и нечеткая логика хорошо зарекомендовали себя, позволяя получить эффективные методы анализа режимов в нечеткой среде. При разработке нечетких моделей принятия решения одним из основных этапов является построение функций принадлежности нечеткого множества, описывающих семантику базовых значений лингвистической переменной, используемых в модели. Построение является важным компонентом в формализации задач принятия решений. От того, насколько адекватно построенная функция отражает знания эксперта или экспертов, во многом зависит качество принимаемых решений.

Однако, условия выработки и принятия решений, принимаемых должностными лицами, объективно усложняются необходимостью переработки постоянно возрастающих объемов информации в условиях неопределенности обстановки. Используемая при этом исходная информация характеризуется наличием различного типа «НЕ-факторов» (неполнота, нечеткость, неопределенность) противоречивость информации, поступающей в систему, отсутствие детерминизма в процессе поиска решения, что затрудняет принятие оперативных и обоснованных решений на управление.

Анализом достоверности данных об электрических нагрузках на стадии планирования режимов в ряде электроэнергетических систем установлено, что около 25% этой информации имеет вероятностно-определенный характер, так как при прогнозировании этой группы нагрузок возможно достаточно уверенное применение вероятностно-статистических методов. Около 5% необходимого состава данных могут быть определены лишь в виде приближенного интервала возможных значений, что обуславливает неопределенный характер этой информации. Подавляющая часть нагрузок (примерно 70%) прогнозируется, как правило, экспертным путём на основании контрольных замеров и субъективного опыта. Количественная характеристика этой группы параметров выражается в виде существенно приближенных оценок типа «около», «приблизительно», «вполне возможно» и т.п., что обуславливает её нечеткий, расплывчатый характер.

Обработка и представление извлеченной экспертной информации о технологии решения задач принятия решений применительно к этапам рассматриваемого процесса может осуществляться посредством функций принадлежности и построения логико-лингвистических шкал различными способами, выбор которых зависит от цели и вида задачи.

Существует две группы методов построения функций принадлежности прямые и косвенные методы (рисунок 1).

Прямые методы основаны на том, что эксперт субъективно задает значения пар чисел функций принадлежности, которые согласуются с его предпочтениями [2]:

1 Для любых $x_1, x_2 \in X \mu_A(x_1) < \mu_A(x_2)$ тогда и только тогда, когда x_2 предпочтительнее чем x_1 , т.е. в большей степени характеризуется свойством A ;

2 Для любых $x_1, x_2 \in X \mu_A(x_1) < \mu_A(x_2)$ тогда и только тогда, когда x_1 и x_2 безразличны относительно свойства A .

Как правило, прямые методы задания функций принадлежности применяются для понятий, которые могут быть измерены тем или иным образом, а именно: время, скорость, электрическая нагрузка, температура и другие режимные параметры.

Одним из видов прямых методов являются групповые методы, когда, например, группе экспертов предъявляют конкретный объект, и каждый должен дать один из двух ответов: принадлежит или нет, этот объект к заданному множеству. Тогда число утвердительных ответов, деленное на общее число экспертов, дает значение функций принадлежности объекта к данному нечеткому множеству. К прямым методам относятся также непосредственное задание функций принадлежности одной из форм – таблицей, графиком или формулой.

Анализ результатов исследований и решения практических задач, связанных с необходимостью обрабатывать информацию, показал, что прямые методы в основном используются в качестве вспомогательных, так как характеризуются большой долей субъективизма

Косвенные методы построения значений функций принадлежности используются, когда нет достаточно измеримых свойств, по которым можно определить некоторые, характерные признаки объекта или субъекта.

В косвенных методах значения функций принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворить заранее сформулированные условия. Экспертная информация является только исходной информацией для дальнейшей обработки. Дополнительные условия могут налагаться как на вид получаемой информации, так и на процедуру ее обработки. К таким методам относятся статистический метод, метод парных сравнений, метод экспертных оценок и ряд других [2].

Построение функции принадлежности узла нагрузок на основе метода статистических данных.

В настоящее время трудно получить точные (четкие) данные о нагрузках узлов, которые в основном формируют параметры режимов ЭЭС, из-за отсутствия средств измерения и передачи информации данных о нагрузках электрических сетей. Этот недостаток можно устранить за счет построения субъективной вероятности или функций принадлежности таких узлов. Функции принадлежности могут быть построены путем контрольных измерений и с использованием экспертных оценок. Нечеткими могут быть как активные, так и реактивные мощности узлов. Наиболее простым представлением является нечеткий интервал.

Функция принадлежности для активной и реактивной нагрузки можно охарактеризовать четырьмя числами и представить в виде нечетких интервалов как

$$\mu(P_i) \left\{ \begin{array}{ll} 0 \text{ если } P_i \leq P_i^I & \\ 1 + \frac{P_i - P_i^I}{P_i^I - P_i^{III}} \text{ если } P_i^I < P_i < P_i^{III} & 1 + \frac{P_i^{III} - P_i}{P_i^{III} - P_i^{I+}} \text{ если } P_i^{III} < P_i < P_i^{I+} \\ 1 \text{ если } P_i^{III} \leq P_i \leq P_i^{III} & 0 \text{ если } P_i \geq P_i^{I+} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

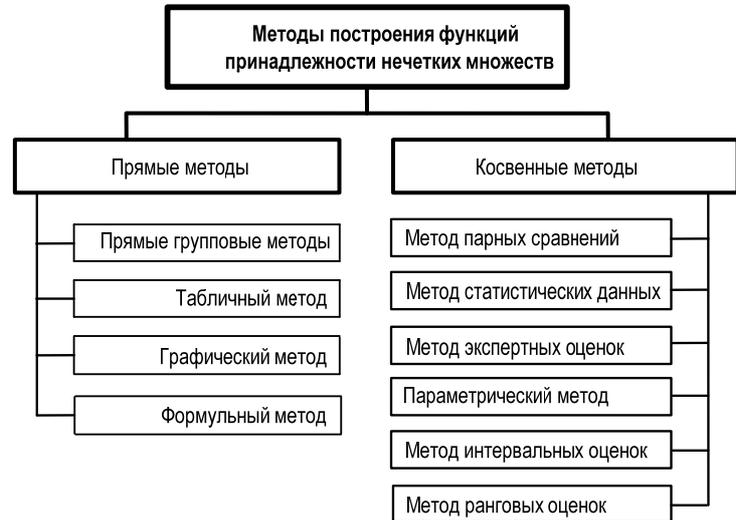


Рисунок 1 – Классификация методов построения функций принадлежности нечетких множеств

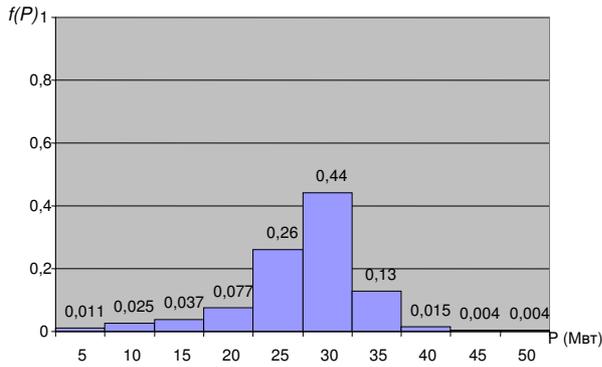


Рисунок 2 – Гистограмма плотности распределения активной мощности (P) для 12:00 часов

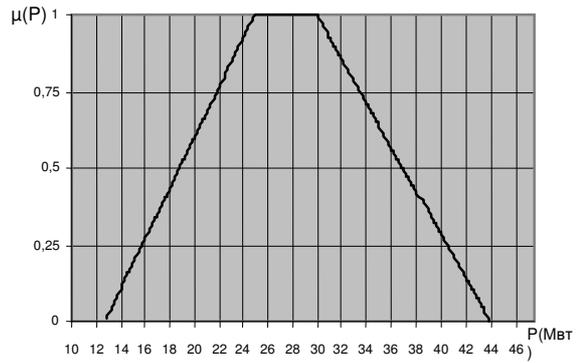


Рисунок 3 – Функция принадлежности нагрузки узла

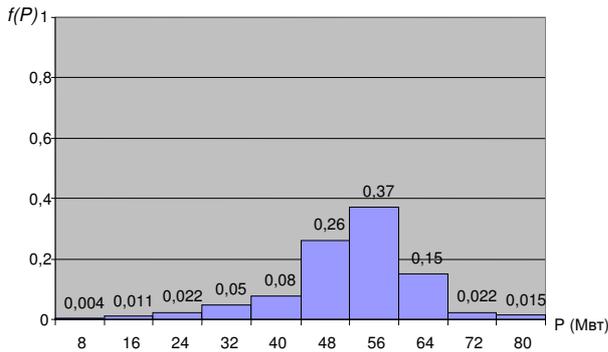


Рисунок 4 – Гистограмма плотности распределения активной мощности (P) для 20:00 часов

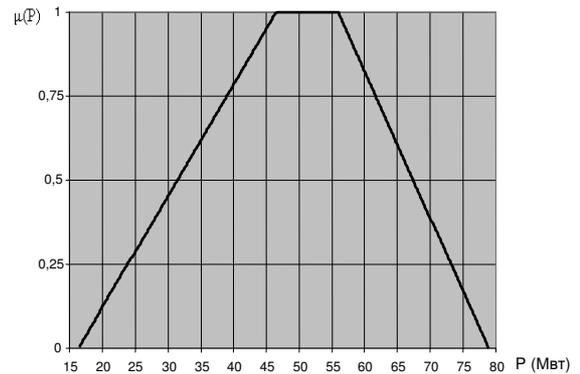


Рисунок 5 – Функция принадлежности нагрузки узла

Аналогично можно представить функцию принадлежности для реактивной мощности. В качестве статистических данных используются получасовые значения электрических нагрузок на полугодовом интервале времени, взятых из оперативно-измерительного комплекса (ОИК). В качестве схемы рассматривается фрагмент реальной распределительной сети 110 кВ, состоящая из трех источников питания, нескольких транзитных воздушных линий выполненных в виде кольца.

Для построения функций принадлежности будем использовать переход от вероятностно-статической модели к нечеткой модели в виде функций принадлежности, тогда $\mu(x)$ будет находиться в нормируемом интервале $[0,1]$. В статистической модели плотность распределения заменяется ее аналогом – гистограммой, при этом отношение $N_i/\max(N_i)$ будет стремиться $f(x)/\max f(x)$, как показано на рисунках 2 и 4. Построим функцию принадлежности следующим образом [3] и представим на рисунках 3 и 5:

$$\mu(x) = \frac{f(x)}{\max f(x)}, \quad (2)$$

где $f(x)$ – значение плотности распределения электрической нагрузки;

$\max f(x)$ – максимальное значение функции;

$\mu(x)$ – функция принадлежности.

Подобным образом можно построить функцию принадлежности для реактивной мощности.

Таким образом, анализ и планирование режимов в значительной степени связано с необходимостью переработки нечетко-определенной информации. Анализ и планирование режимов в этом случае следует рассматривать как особый этап диспетчерского управления, возникающий в результате временной декомпозиции этой сложной задачи, который неразрывно связан с появлением недостоверной исходной информации и, в частности, нечетко-определенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Богатырев, Л.Л.** Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем в условиях неопределенности / Л.Л. Богатырев, В.З. Манусов, Д. Содномдорж. -Улан-Батор: Изд-во Моск. гос. техн. ун-та, 1999. -348 с.

2 **Борисов, А.Н.** Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. -Рига: Знание, 1990. -184 с.

3 **Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта** / под ред. Д.А. Поспелова. -М.: Наука, 1986. -312 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нагрузка электроэнергетических систем; теория нечетких множеств*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Манусов Владимир Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГТУ»
Гиззатов Р.Р., аспирант ФГОУ ВПО «НГТУ»*

ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ЧАСТО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ

ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»
ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

**Г.Я. Иванов,
А.Ю. Кузнецов, П.А. Лисенков**

Дана краткая оценка результатов исследования регулировочных характеристик асинхронного электропривода в зоне повышенных значений электромагнитного момента.

При частотном способе регулирования скорости асинхронных электроприводов необходимо изменять не только частоту, но и амплитуду питающего напряжения. [1]

Энергетические показатели и механические характеристики электропривода зависят не только от соотношения частоты и амплитуды питающего напряжения, но и от несинусоидальной формы выходных напряжений инверторов и насыщения главной магнитной цепи электропривода. С практической точки зрения эти факторы позволяют точнее оценить энергетические характеристики электропривода, что немаловажно в диапазоне малых и средних по мощности электродвигателей, а также рассчитать механические воздействия на электродвигатель и передаточное устройство электропривода, сделать правильный выбор в системе токоограничения электропривода и коммутационной способности автономного инвертора напряжения в условиях изменения скорости и момента при различных законах частотного управления.

При регулировании скорости асинхронного двигателя (АД) ниже номинальной в частотно-регулируемых электроприводах, выпускаемых серийно, широко распространены законы частотного управления АД при постоянстве магнитного потокосцепления в статоре или роторе электродвигателя. Основными факторами в пользу выбора указанных законов управления являются – высокие значения перегрузочной способности по моменту, достаточно оптимальные энергетические показатели и простота технической реализации. Авторами проведены исследования регулировочных характеристик частотно-регулируемого АД типа 4АМХ90L4 мощностью 2,2 кВт и напряжением 380 В ($n_H = 1425 \text{ мин}^{-1}$) в зоне повышенных значений электромагнитного момента. Исследования проводились с учетом нелинейности кривой намагничивания для одного из наиболее распространенных на практике законов частотного управления: при постоянстве потокосцепления ротора ($e_2/\omega_1 = \psi_r = \text{Const}$). Хотя для получения более точного расчета, при учете нелинейности кривой намагничивания, вычисление регулировочных и энергетических характеристик существенно усложняется. Для закона управления ($e_2/\omega_1 = \psi_r = \text{Const}$) математическим описанием частотно-регулируемого идеализированного АД в установившемся режиме в общепринятой системе относительных единиц служит следующая система уравнений:

$$\psi_{mx} = \psi_r; \psi_{my} = -\ell_{\sigma r} \cdot i_{ry} = \beta \frac{\ell_{\sigma r} \cdot \psi_r}{R_r}; \psi_m = \sqrt{\psi_{mx}^2 + \psi_{my}^2}; i_m = \frac{1}{B} \text{tg} \frac{\psi_m}{A \cdot \ell_m}; i_{mx} = i_m \frac{\psi_{mx}}{\psi_m}; i_{my} = i_m \frac{\psi_{my}}{\psi_m};$$

$$i_{sx} = i_{ms}; i_{sy} = i_{my} - i_{ry}; U_{sx} = R_s \cdot i_{sx} - \omega_1 (\psi_{my} + \ell_{\sigma s} \cdot i_{sy}); U_{sy} = R_s \cdot i_{sy} - \omega_1 (\psi_{mx} + \ell_{\sigma s} \cdot i_{sx}); \quad (1)$$

$$U_s = \sqrt{U_{sx}^2 + U_{sy}^2}; M = \frac{3}{2} (\psi_{mx} \cdot i_{sy} - \psi_{my} \cdot i_{sx}),$$

где $i_{sx}, i_{sy}, i_{mx}, i_{my}$ – проекции векторов соответственно токов статора и намагничивания на оси ортогональной системы координат;
 i_{rx}, i_{ry} – проекции вектора напряжения статора;
 $\psi_m, \psi_{mx}, \psi_{my}$ – модуль и проекции вектора главного потокосцепления;
 ψ_r – модуль потокосцепления ротора;
 ω_1 – угловая частота тока статора;
 β – абсолютное скольжение;
 M – электромагнитный момент АД;
 $\ell_{\sigma s}, \ell_{\sigma r}, \ell_m, R_s, R_r$ – параметры Т-образной схемы замещения АД (индуктивности рассеяния статора и ротора, индуктивность намагничивания, активные сопротивления статора и ротора).

Для решения системы уравнений использовалась арктангенциальная аппроксимация кривой намагничивания с постоянными коэффициентами $A = 1,12$ и $B = 1,20$ [3]. Расчет переменных велся при варьировании абсолютного скольжения β от 0 до 0,2 о.е. с дискретностью шага в 0,005 о.е. и при фиксированных значениях частоты статора ω_1 (1; 0,5; 0,1 о.е.). Для расчета частоты вращения ротора ω_2 коэффициента мощности $\cos \varphi$, КПД АД использовались формулы [4]:

$$\omega_2 = \omega_1 - \beta; \cos \psi = \frac{U_{sx} i_{sy} - U_{sy} i_{sx}}{U_{sx} i_s}; \eta = \frac{M \omega_2}{U_{sx} i_{sy} - U_{sy} i_{sx}}. \quad (2)$$

В режиме постоянства потокосцепления ротора механические характеристики АД удобно рассчитывать по следующим уравнениям [2]:

$$\beta = \omega_1 - \omega_2; M = (\beta / \beta_{ном}) \psi_r^2. \quad (3)$$

На рисунке приведены в относительных единицах расчетные характеристики.

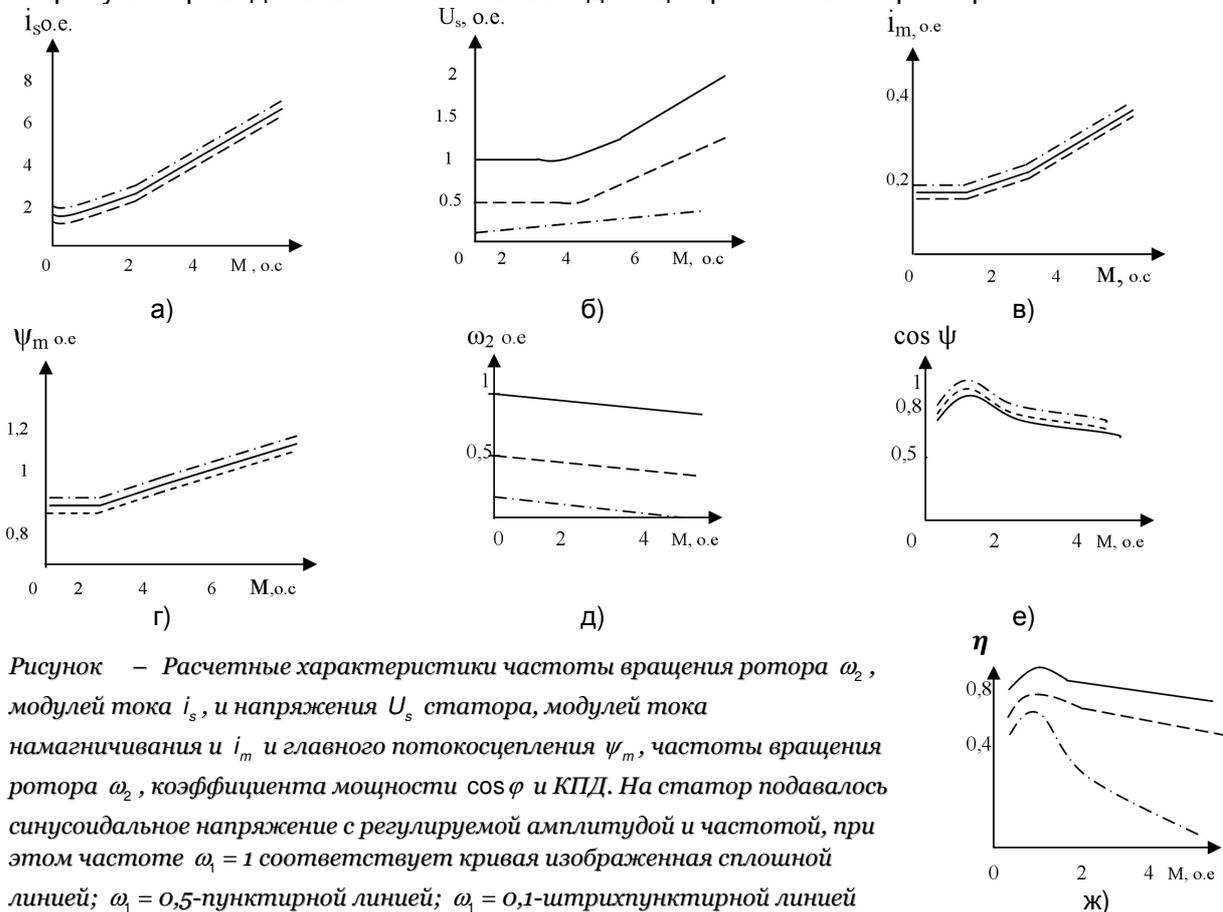


Рисунок – Расчетные характеристики частоты вращения ротора ω_2 , модулей тока i_s и напряжения U_s статора, модулей тока намагничивания и i_m и главного потокосцепления ψ_m , частоты вращения ротора ω_2 , коэффициента мощности $\cos \varphi$ и КПД. На статор подавалось синусоидальное напряжение с регулируемой амплитудой и частотой, при этом частоте $\omega_1 = 1$ соответствует кривая изображенная сплошной линией; $\omega_1 = 0,5$ – пунктирной линией; $\omega_1 = 0,1$ – штрихпунктирной линией

Результирующее падение напряжения на элементах $R_s, I_{\sigma s}, I_{\sigma r}$ компенсировалось регулированием напряжения по условию $e_2 = k\omega_1$.

Анализ этих кривых дает возможность отметить следующие особенности частотного регулирования АД средней мощности используемого для водоснабжения:

1 К особенностям приведенного выше математического описания электродвигателя относится то, что в качестве независимых переменных наряду со скоростью двигателя и абсолютным скольжением β принимается полное потокосцепление ротора ψ_r . Выбор ω_2, β, ψ_r , в качестве независимых величин при расчете характеристик позволяет исключить в цифровых алгоритмах деление на 0 при значении $\beta = 0$. В некоторых случаях для достижения этой цели вводится вспомогательная переменная [2]. Кроме того сочетание ω_2, β, ψ_2 дает возможность более эффективно решать задачи оптимального управления асинхронного электропривода при режиме $e_2/\omega_1 = \psi = \text{Const}$.

2 Управление АД при постоянстве потокосцепления ротора отличается однозначностью задания зависимости электромагнитного момента от амплитуды статорного тока двигателя, что позволяет в рабочем диапазоне частот ω_1 добиваться эффективного управления моментом путем токоограничения.

3 Как следует из системы уравнений (3) механические характеристики асинхронного электродвигателя аналогичны по виду характеристикам компенсированного двигателя постоянного тока независимого возбуждения с явно выраженным отсутствием максимального момента. Теоретически перегрузочная способность асинхронного двигателя неограниченна и достигается путем непрерывной комплексации напряжения на полном сопротивлении обмотки статора и индуктивном сопротивлении рассеяния обмотки ротора путем регулирования напряжения статора. На практике максимальное значение электромагнитного момента ограничено (2-7 о.е.) условиями механической прочности и перегревом обмоток.

4 Исследуемый закон управления благоприятен для создания высоких значений пусковых моментов АД, так как источник питания АД требует только необходимой высокой перегрузки по току, на практике обеспечивая при пусковой частоте форсирование статорного напряжения. При значении пускового момента $M = 5$ о.е. значение пусковой частоты статора ω_1 может достигать значительной величины: 0,1 от номинальной и более, т.е. при перегрузках энергетические показатели исследуемого электродвигателя достаточно высокие, что обусловлено снижением электрических потерь в двигателе и преобразователе частоты.

5 При работе в области средних значений электромагнитного момента ($M > 1,0-1,5$ о.е.) АД работает с насыщенной магнитной цепью, что характеризуется увеличением модулей главного потокосцепления и тока намагничивания.

В заключении хотелось бы отметить, что применение закона управления $e_2/\omega_1 = \psi_r = \text{Const}$ в области повышенных значений электромагнитного момента целесообразно при обеспечении водоснабжения из-за достаточно высокой перегрузочной способности по моменту значений коэффициента мощности и КПД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Булгаков, А.А.** Частотное управление асинхронными двигателями / А.А. Булгаков. - М.: Наука, 1966. -297 с.
 - 2 **Соколовский, Г.Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский. -М.: Академия, 2006. -262 с.
 - 3 **Моделирование асинхронных электроприводов с тиристорным управлением** / Л.П. Петров [и др]. -М.: Энергия, 1997. -200 с.
 - 4 **Волков, А.В.** Анализ и метод расчета пульсации электромагнитного момента частотно-регулируемого асинхронного двигателя / А.В. Волков // Техн. электродинамика. -1989. - №2. -С. 76-82.
 - 5 **Иванов, Г.Я.** Математическое моделирование процесса векторного управления асинхронным двигателем / Г.Я. Иванов, Б.В. Малоземов, А.Ю. Кузнецов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. / ГНУ ВИЭСХ. -М., 2006. -С. 380-386.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* характеристики асинхронного электропривода; часто изменяющаяся нагрузка
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Иванов Геннадий Яковлевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАУ»
 Кузнецов А.Ю., канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГТУ»

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ДЕПОВСКОГО РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

Ш.К. Исмаилов, О.В. Гателюк, Е.И. Селиванов, В.В. Бублик

Предложена методика для получения количественной оценки времени производственных операций в процессе деповского ремонта двигателей электровоза

Сетевое планирование и управление (СПУ) есть некоторая система методов планирования и управления производством различных работ путем применения сетевых графиков. Первоначально методы СПУ нашли применение в строительстве, но в дальнейшем они получили широкое распространение и в других областях производственной и ремонтной деятельности. Составление сетевых графиков применяется и при ремонте электровозов, но для организации ремонта отдельных узлов локомотивов, в том числе в процессе деповского ремонта тяговых электродвигателей (ТЭД) в объеме ТРЗ и СР методы СПУ практически не использовались. Для оптимизации процесса деповского ремонта методами СПУ необходимо знать время отдельных операций. Хотя это время выполнения и нормируется, но не является величиной постоянной. Традиционный же метод сетевого планирования и управления или метод критического пути (МКП) основан на предположении о постоянстве продолжительности каждой производственной операции, что для деповского ремонта узлов электровоза не имеет места. Для оценки среднего времени выполнения комплекса работ по ремонту ТЭД лучше использовать метод оценки и пересмотра проектов – метод ПЕРТ. Поскольку основным результатом использования обоих методов является нахождение критического пути, то для них используется общий термин «планирование последовательности выполнения работ методом критического пути (ПМКП)», или методы критического пути.

Метод ПЕРТ использует вероятностно-статистический подход к изучению временных параметров сетевых графиков. В процессе реального деповского ремонта магнитной системы, коллекторно-щеточного узла и т.д. тягового электродвигателя происходят случайные изменения времени выполнения отдельных операций, входящих в комплекс работ. Выполнение каждой из работ по ремонту любого узла, в том числе и КЩУ ТЭД и по деповскому ремонту в целом двигателя электровоза подвержено значительному количеству случайных воздействий. В данном случае установка определенного времени завершения ремонта двигателя электровоза должна быть заменена установлением возможных пределов времени деповского ремонта как каждого узла, так и двигателя целиком. Необходимо также знать и вероятности, связанные с каждым из них. В таком подходе есть определенная сложность для технологов, но именно он позволит надежно обосновать преимущества нового способа организации ремонта.

Метод ПЕРТ основывается на трех оценках времени исполнения каждой ремонтной операции: оптимистическое (минимальное), наиболее вероятное (формальное) время и пессимистическое (максимальное) время. Нахождение оценок времени выполнения работы осуществляется опросом исполнителей и экспертов. На их основании определяются параметры β -распределения, которое считается априорным для всех работ. Этот вывод основан на анализе большого статистического материала: хронометража времени реализации отдельных работ. Но если работа производится по новой технологии, то эксперт в оценках вышеназванных трех времен может ошибаться. В этом случае параметры β -распределения будут отличаться от истинных. Поэтому необходима разработка способов определения параметров β -распределения времени выполнения отдельной операции с использованием методов математической статистики. Пусть имеется выборка $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$; n измерений времени выполнения некоторой работы (n – объем выборки).

Получим соответствующие формулы для параметров β -распределения по данной выборке методом моментов. Известно, что плотность β -распределения на промежутке (0; 1)

имеет вид:

$$f_{\beta(a_1, a_2)}(x) = \begin{cases} 0, & x \notin (0, 1); \\ \frac{\Gamma(a_1 + a_2)}{\Gamma(a_1)\Gamma(a_2)} \cdot x^{a_1-1} \cdot (1-x)^{a_2-1}, & x \in (0, 1), \end{cases} \quad (1)$$

где $\Gamma(a_i)$ – гамма-функция, $i = 1, 2$.

Если β -распределение задано на промежутке $(a; b)$, то плотность β -распределения запишется так

$$f_{\beta(a_1, a_2)}(x) = \begin{cases} 0, & x \notin (a, b); \\ \frac{\Gamma(a_1 + a_2)}{\Gamma(a_1)\Gamma(a_2)} \left(\frac{x-a}{b-a}\right)^{a_1-1} \left(\frac{b-x}{b-a}\right)^{a_2-1}, & x \in (a, b). \end{cases} \quad (2)$$

С помощью преобразования вида

$$X_1 = (b-a)X + a, \quad (3)$$

исследование случайной величины X_1 распределения (2) сводится к исследованию случайной величины X с плотностью распределения (1). Выпишем теперь выражения для математического ожидания M и дисперсии D β -распределения, заданного на промежутке $(0; 1)$ и получим систему нелинейных уравнений для нахождения параметров β -распределения a_1 и a_2

$$\begin{cases} \frac{a_1}{a_1 + a_2} = M; \\ \frac{a_1 a_2}{(a_1 + a_2)^2 (a_1 + a_2 + 1)} = D. \end{cases} \quad (4)$$

Решим полученную систему уравнений

$$\begin{cases} a_1 = M \left(\frac{M(1-M)}{D} - 1 \right); \\ a_2 = (1-M) \left(\frac{M(1-M)}{D} - 1 \right). \end{cases} \quad (5)$$

Подставляя в формулы (5) оценки математического ожидания – выборочное среднее

$$\hat{x}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (6)$$

и дисперсии – выборочную дисперсию

$$\hat{D}_B = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_B)^2, \quad (7)$$

получим формулы для требуемых оценок параметров β -распределения по данной выборке:

$$\hat{a}_1 = \hat{x}_B \left(\frac{\hat{x}_B(1-\hat{x}_B)}{\hat{D}_B} - 1 \right); \hat{a}_2 = (1-\hat{x}_B) \left(\frac{\hat{x}_B(1-\hat{x}_B)}{\hat{D}_B} - 1 \right). \quad (8)$$

Если же случайная величина задана на промежутке $(a; b)$, то, во-первых, необходимо оценить сами параметры a и b , а во-вторых, исправить формулы (8):

$$\hat{a} = \hat{x}_{\min}(n) - \Delta; \hat{b} = \hat{x}_{\max}(n) + \Delta; \Delta = [\hat{x}_{\max}(n) - \hat{x}_{\min}(n)] / (n-1), \quad (9)$$

где $\hat{x}_{\min}(n)$, $\hat{x}_{\max}(n)$ – наименьшее и наибольшее значение в выборке.

$$\hat{a}_1 = \frac{(\hat{x}_B - \hat{a})}{(\hat{b} - \hat{a})} \left(\frac{(\hat{x}_B - \hat{a})(\hat{b} - \hat{x}_B)}{\hat{D}_B} - 1 \right); \hat{a}_2 = \frac{(\hat{b} - \hat{x}_B)}{(\hat{b} - \hat{a})} \left(\frac{(\hat{x}_B - \hat{a})(\hat{b} - \hat{x}_B)}{\hat{D}_B} - 1 \right). \quad (10)$$

Используя найденные оценки параметров β -распределения, можно теперь оценить необходимые для составления сетевого графика методом ПЕРТ временные параметры:

а) оптимистическое (минимальное) время

$$x_{\text{опт}} = \hat{a} = \hat{x}_{\min}(n) - \Delta; \quad (11)$$

б) пессимистическое (максимальное) время

$$x_{\text{песч}} = \hat{b} = \hat{x}_{\text{max}}(n) + \Delta; \quad (12)$$

в) наиболее вероятное (формальное) время выполнения любой технологической операции

$$x_{\text{наиб}} = \hat{a} + (\hat{b} - \hat{a}) \frac{\hat{a}_1 - 1}{\hat{a}_1 + \hat{a}_2 - 2}. \quad (13)$$

Формулы (11)-(13) вместе с оценками (5)-(10) позволяют на основании непосредственных измерений и статистических расчетов определить временные параметры сетевых графиков технологических операций по ремонту любого узла ТЭД и по деповскому ремонту в целом двигателя электровоза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: деповский ремонт; время производственных операций

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Исмаилов Ш.К., ГОУ ВПО «ОмГУПС»

Гателюк О.В., ГОУ ВПО «ОмГУПС»

Селиванов Е.И., ГОУ ВПО «ОмГУПС»

Бублик В.В., ГОУ ВПО «ОмГУПС»

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.В. Демин, А.И. Мозилов, Б.В. Палагушкин, А.А. Чураков

Показано влияние почвы на распространение поверхностных волн по анкерной петле. Обосновывается применимость метода поверхностных волн для диагностики состояния анкерных петель в реальных условиях.

Распространенность в России и за рубежом опор с оттяжками на линиях 220-500 кВ ставит задачу диагностики состояния данного типа опор. В частности особое внимание следует уделить проблеме диагностики анкерного крепления оттяжек. Данный узел находится под землей и недоступен для непосредственного визуального осмотра. Вскрытие же грунта является весьма трудоемкой и дорогостоящей операцией, требующей отключения линии и установки временных оттяжек. [1]

В настоящее время применяются некоторые способы косвенных оценок состояния узла крепления оттяжек электрических опор. При проектировании линий производятся вертикальные зондирования с определением удельного сопротивления грунта на различной глубине. Так или иначе, но прямой зависимости между коррозией металла и свойствами грунтовой среды пока не установлено.

Электромагнитные методы исследования состояния анкерного узла являются, на настоящий момент, наиболее перспективными. Основная сложность в этих методах связана с тем, что все измерения на низкой частоте (либо на постоянном токе) подвержены влиянию помех от действующей линии и чувствительны к неправильному (отличному от проектного) расположению U-образных болтов и искусственных заземлителей. Эти проблемы решаются переходом на измерения на высокой частоте. [2; 3] Так основная идея метода поверхностных волн заключается в следующем: в анкерной петле производится возбуждение от СВЧ генератора поверхностной стоячей волны, фиксируемой в момент резонанса, когда по длине анкерной петли укладывается целое число полуволн, и величина затухания которой определяется степенью коррозии поверхностного слоя анкерной петли.

Следует, однако, учитывать, что в реальных условиях анкерный узел окружен грунтом. Покажем, как наличие грунта будет влиять на распространение поверхностных волн.

При реальных измерениях коррозионного состояния поверхностного слоя исследуемых объектов приходится иметь дело с тройной системой: металл-диэлектрик-почва (рисунок 1). Металлический проводник диаметром a покрыт слоем диэлектрика толщиной t и характеризуется диэлектрической проницаемостью ϵ_k и тангенсом угла потерь $\text{tg} \delta$. Считаем, что на границе почва-коррозионный слой волны распространяются с одинаковой скоростью, чтобы удовлетворять граничным условиям [4].

Напряженность электрического поля

$$E_x = F(x) \exp(-ihz), \quad (1)$$

где h – искомый коэффициент распространения.

Для составляющей электрического поля записываем уравнение в следующем виде

$$\Delta E_x + k_0^2 E_x = 0. \quad (2)$$

Из (1) и (2) находим уравнение для $F(x)$

$$\frac{\partial^2 F(x)}{\partial x^2} + (k_1^2 - h^2) F(x) = 0. \quad (3)$$

Для поля с затухающей волной

$$k_1^2 - h^2 = -p^2; \quad (4)$$

$$h = \sqrt{k_1^2 + p^2}. \quad (5)$$

Таким образом:

$$E_x = A_1^{-px-ihz}; E_z = i \frac{p}{h} A_1^{-px-ihz}$$

Для определения h воспользуемся условием Леонтовича-Щукина на границе с проводником:

$$E_z = z_2 \cdot H_y; z_2 = \sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma_2}} \exp\left(\frac{j\pi}{4}\right); p = -i\omega \epsilon_k z_2,$$

или

$$p = \sqrt{\frac{k_1 \omega \epsilon_k}{\gamma_2}} \exp\left(-\frac{j\pi}{4}\right); h^2 = k_1^2 \left(1 - i \frac{\omega \epsilon_k}{\gamma_2}\right)$$

Для проводника покрытого диэлектрическим слоем и размещенного в почве диэлектрика получаем:

– в почве

$$E_{x1} = F_1(x) \exp(-ihz);$$

– в коррозионном слое

$$E_{x2} = F_2(x) \exp(-ihz).$$

Для полей в двух средах получаем уравнения:

$$\frac{\partial^2 F_1}{\partial x^2} + (k_1^2 - h^2) F_1 = 0; \frac{\partial^2 F_2}{\partial x^2} + (k_2^2 - h^2) F_2 = 0. \quad (6)$$

Поскольку фазовая скорость на границе почва-коррозионный слой меньше фазовой скорости в почве и больше, чем в коррозионном слое, то получаем:

$$h^2 - k_1^2 = p^2; k_2^2 - h^2 = q^2. \quad (7)$$

После вычислений получим:

$$E_{z1} = i \frac{p}{h} A_1 \exp(-px - ihz); E_{z2} = \frac{q}{h} (A_2 \exp(-iqx) - B_2 \exp(-iqx)) \exp(-ihz). \quad (8)$$

На поверхности проводника $x=0$, $A_2 = B_2$, $E_{z2} = 0$ следовательно:

$$E_{x2} = 2A_2 \cos(qx) \exp(-ihz); E_{z2} = 2i \frac{q}{h} A_2 \sin(qx) \exp(ihz). \quad (9)$$

Тангенциальная составляющая вектора E и нормальная составляющая вектора D на поверхности $x=t$ должны быть непрерывны:

$$E_{z1} = E_{z2}; \epsilon_i E_{x1} = \epsilon_k E_{x2}. \quad (10)$$

Подставив (8) и (9) в (10) получим

$$p A_1 \exp(-pt) = 2q \sin(qt); \epsilon_i A_1 \exp(-pt) = 2\epsilon_k A_2 \cos(qt). \quad (11)$$

Разделив в (11) первое уравнение на второе запишем – характеристическое уравнение

$$p = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_k} q \cdot \operatorname{tg}(qt)$$

Второе уравнение, связывающее p и q получим из уравнения (7)

$$p^2 + q^2 = k_2^2 - k_1^2$$

Для решения найденной системы представим уравнения следующим образом:

$$pt = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_k} qt \cdot \operatorname{tg}(qt); (pt)^2 + (qt)^2 = R^2; R = t \sqrt{k_2^2 - k_1^2}. \quad (12)$$

Полученную систему можно решить лишь графически. При $R < \pi$ имеется только одна точка пересечения кривых. Это означает, что при $R < \pi$ вдоль диэлектрического слоя может распространяться лишь одна волна. Двум точкам пересечения кривых при $2\pi > R > \pi$, то есть двум корням системы, соответствуют две волны, которые могут распространяться вдоль ди-

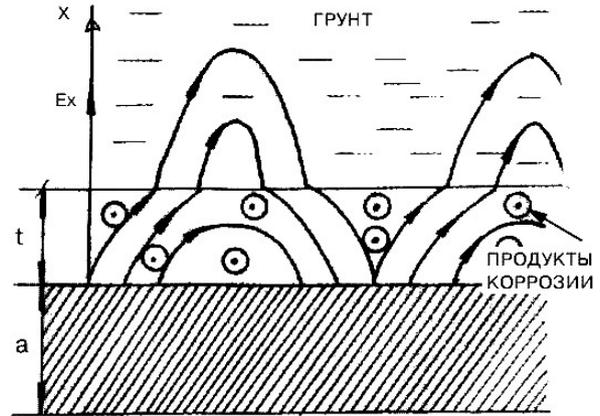


Рисунок 1 – Распространение поверхностной волны в системе «металл-диэлектрик-почва»

электрического слоя. Зная p и q легко найти связь между A_1 и A_2 из уравнения (8).

Из уравнения (8) следует, что вне диэлектрического слоя напряженность электрического поля уменьшается по экспоненциальному закону. Чем больше p , тем больше ослабление поля, поле как бы прижимается к поверхности диэлектрика. С увеличением p увеличивается также h и, следовательно, уменьшается фазовая скорость поверхностной волны.

Выводы. Поверхностная волна возникает и распространяется вдоль границ раздела разных сред: диэлектрик — проводник, или сред с разной оптической плотностью.

Чем больше затухание поверхностной волны в слое диэлектрика, тем меньше радиус распространения ее в почву. Поверхностная волна как бы «прилипает» к диэлектрику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Демин, Ю.В.** Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн.1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов ; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 1998. -209 с.

2 **Корогод, А.А.** Оценка коррозии анкерных креплений оттяжек опор ВЛ 330 кВ / А.А. Корогод, М.С. Микитинский, С.И. Морозов // Энергетик. -М., 1997. -№11. -С. 6-17.

3 **Мозилов, А.И.** Повышение долговечности подземных конструкций опор на оттяжках воздушных линий электропередачи: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Мозилов Александр Иванович. -Новосибирск, 2002. -149 с.

4 **Мозилов, А.И.** Влияние грунта на распространение поверхностных волн при определении коррозионного состояния U-образных болтов и анкерных петель опор ВЛ / А.И. Мозилов, Ю.В. Демин // Электроснабжение, энергосбережение, электрификация и автоматика предприятий и речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2001. -С. 186-190.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анкерная петля; распространение поверхностных волн

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Демин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Мозилов Александр Иванович, канд. техн. наук, соискатель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Чураков Александр Алексеевич, аспирант ФГОУ ВПО «НГАВТ»

РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.В. Демин, А.И. Мозилов, Б.В. Палагушкин, А.А. Чураков

Приводится расчет затухания поверхностной электромагнитной волны в металлическом проводнике, показана связь затухания с диаметром проводника.

Распространенность в России и за рубежом опор с оттяжками на линиях 220-500 кВ ставит задачу диагностики состояния данного типа опор. Необходимость этого вытекает из того факта, что аварии на подобных линиях приводят, как правило, к крупным убыткам. В частности особое внимание следует уделить проблеме диагностики анкерного крепления оттяжек. Так, с одной стороны данный узел находится под землей и недоступен для непосредственного визуального осмотра. Вскрытие же грунта является весьма трудоемкой и дорогостоящей операцией, требующей отключения линии и установки временных оттяжек. С другой стороны мировой опыт показывает, что коррозионное разрушение анкерной петли либо U-образного болта зачастую приводит к падению опор. Эти весьма неприятные для эксплуатации явления присущи, как показывает статистика, таким странам, как Россия, США, Мексика, Финляндия. Причиной аварий, как было установлено, являются коррозионные повреждения анкерных креплений оттяжек на опорах высоковольтных линий (220-500 кВ) [1].

В настоящее время применяются некоторые способы косвенных оценок состояния узла крепления оттяжек электрических опор. Визуальная проверка натяжения тросов крепления и различные способы исследования поверхности грунта вокруг опоры не затрагивают глубинных слоев, где находится обследуемый анкерный узел. При проектировании линий производятся вертикальные зондирования с определением удельного сопротивления грунта на различной глубине. Однако прямой зависимости между коррозией металла и свойствами грун-

товой среды пока не установлено.

Электромагнитные методы исследования состояния анкерного узла являются, на настоящий момент, наиболее перспективными. Основная сложность в этих методах связана с тем, что все измерения на низкой частоте (либо на постоянном токе) подвержены влиянию помех от действующей линии и чувствительны к не-

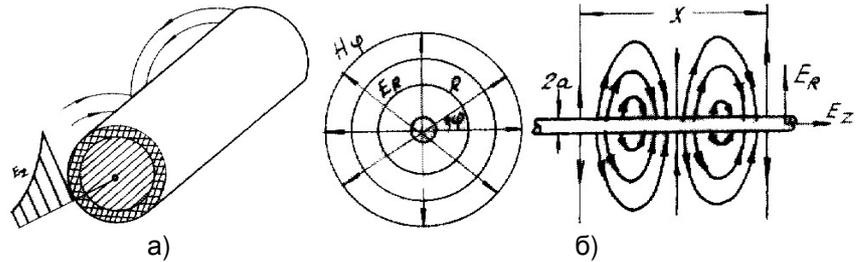


Рисунок 1 – Схематическое изображение эюры поверхностной волны (а) и составляющих напряженностей электромагнитного поля на поверхности проводника (б)

равильному (отличному от проектного) расположению U-образных болтов и искусственных заземлителей. Эти проблемы решаются переходом на измерения на высокой частоте [2; 3]. Так основная идея метода поверхностных волн заключается в следующем: в анкерной петле производится возбуждение от СВЧ генератора поверхностной стоячей волны, фиксируемой в момент резонанса, когда по длине анкерной петли укладывается целое число полуволн, и величина затухания которой определяется степенью коррозии поверхностного слоя анкерной петли.

Покажем, что электромагнитная волна будет распространяться по поверхности анкерной петли. Так же покажем влияние диаметра проводника на затухание поверхностной волны.

Расчет затухания поверхностной электромагнитной волны. По одиночному металлическому проводу распространяется электрическая волна типа E , эюра которой приведена на рисунке 1а. При распространении этой волны вдоль металлического проводника ток проводимости, текущий по нему, не возвращается обратно по второму проводнику, как это имеет место в двухпроводной линии, а замыкается токами смещения в окружающем проводник пространстве. Волны других типов распространяются, в основном, радиально E_r , но имеют и небольшую коаксиальную составляющую (рисунок 1б). При высокой проводимости проводника поверхностная волна будет создавать электромагнитное поле, занимающее пространство вокруг провода. По мере уменьшения проводимости (вследствие коррозии) напряженность поля внутри проводника будет возрастать.

Определим формулы для нахождения коэффициентов распространения и затухания электромагнитной волны внутри проводника и вне его:

– для поля внутри проводника

$$E_{z1} = A_0 I_0(k_1 r) \exp(-\gamma z); \quad (1)$$

$$E_{r1} = A_0 \frac{\gamma}{k_1} I_1(k_1 r) \exp(-\gamma z); \quad (2)$$

$$H_{\phi 1} = A_0 \frac{i\omega \epsilon_1}{k_1} I_1(k_1 r) \exp(-\gamma z); \quad (3)$$

– для поля в пространстве, окружающем проводник

$$E_{z2} = -C_0 H_0^{(1)}(ik_2 r) \exp(-\gamma z); \quad (4)$$

$$E_{r2} = C_0 i \frac{\gamma}{k_2} H_1^{(1)}(ik_2 r) \exp(-\gamma z); \quad (5)$$

$$H_{\phi 2} = -C_0 \frac{\omega \epsilon_{a2}}{k_2} H_1^{(1)}(ik_2 r) \exp(-\gamma z). \quad (6)$$

где

$$k_1^2 = \gamma^2 + \omega^2 \epsilon_1 \mu_{a1}; \quad (7)$$

$$k_2^2 = \gamma^2 + \omega^2 \epsilon_{a2} \mu_{a2}. \quad (8)$$

Для определения коэффициента распространения следует использовать граничные условия. На поверхности проводника при $r = a$:

$$E_{z1}(a) = E_{z2}(a), \quad H_{\phi 1}(a) = H_{\phi 2}(a).$$

Используя эти равенства и уравнения (1), (3), (4), (6) получаем:

$$\frac{k_2}{\varepsilon_{a2}} = \frac{H_0^{(1)}(ik_2 a)}{H_1^{(1)}(ik_2 a)} = \frac{k_1 I_0(k_1 a)}{i \varepsilon_1 I_1(k_1 a)}. \quad (9)$$

Из уравнений (7), (8) с учетом соотношения

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 \left(1 + \frac{\sigma}{i\omega \varepsilon_a} \right) = \varepsilon_a (1 + i \cdot \operatorname{tg} \delta),$$

можно получить $k_2^2 - k_1^2 = \omega^2 (\varepsilon_{a2} \mu_{a2} - \varepsilon_{a1} \mu_{a1}) - i\omega \mu_{a1} \sigma. \quad (10)$

Для получения практических результатов выражения необходимо упростить. Глубина проникновения δ_1 определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{q} \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_a \sigma}} = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi \sigma \mu_a \alpha}}, \quad (11)$$

где δ — толщина скин-слоя.

Глубина проникновения для железной анкерной петли приведена в таблице.

Таблица – Толщина скин-слоя

Частота	50 Гц	1 МГц	10 МГц	100 МГц	500 МГц	1 ГГц	2 ГГц	5 ГГц
Толщина слоя	23 мм	0,16 мм	50 мкм	16 мкм	7 мкм	5 мкм	3,5 мкм	2,2 мкм

При $k_1 a = 1$ функции Бесселя можно заменить их асимптотическим разложением, тогда выражение (9) можно записать

$$ha \frac{H_0^{(1)}(ha)}{H_1^{(1)}(ha)} = -\exp\left(i \frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^{3/2} \left(\frac{1}{\sigma z_g}\right)^{1/2} \frac{a}{\lambda^{3/2}}, \quad (12)$$

где $h = ik_2$;

z_g — волновое сопротивление свободного пространства, $z_g = 377$ Ом;

λ — длина волны.

Для значений $h_a < \pi/4$ функции Ганкеля можно записать первыми членами разложения в ряды и уравнение (12) можно представить в виде:

$$(ha)^2 \ln[-i(0,89ha)] = \exp\left(i \frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^{3/2} \left(\frac{1}{\sigma z_g}\right)^{1/2} \frac{a}{\lambda^{3/2}}; \quad (13)$$

$$\frac{\phi}{\operatorname{tg}(\phi - \pi/4)} = 2 \ln(0,89h_a). \quad (14)$$

При малых h_a , ϕ близко к $\pi/4$.

Приняв $\phi = \pi/4$ при $h_a \leq 0,1$, тогда ошибка при определении $h_a = 1,5\%$

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{(ha)^2}{ka} \sin \phi = 0,35 \frac{(ha)^2}{ka^2}. \quad (15)$$

В нашем случае в воздухе

$$h = \eta + i/x_0.$$

При больших значениях h_a уравнение можно упростить, используя асимптотические разложения функции Ганкеля:

$$h \left(1 + \frac{1}{2} \frac{1}{ih_a} \right) = \exp\left(i \frac{3\pi}{4}\right) \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^{3/2} \left(\frac{1}{\sigma z_g}\right) \quad (16)$$

Разделив на мнимые и действительные части получаем:

$$h \sin \frac{\phi}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^{3/2} \left(\frac{1}{\sigma z_g}\right); \quad (17)$$

$$\sin\left(\frac{\phi}{2} - \frac{\pi}{4}\right) = -\frac{\sqrt{2}}{4} \frac{1}{h_a}. \quad (18)$$

Граничное расстояние выражается соотношением:

$$x_0 = \sqrt{2} \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^{3/2} (\sigma z_g)^{1/2} \operatorname{tg} \frac{\phi}{2}. \quad (19)$$

Коэффициент затухания может быть определен как действительная часть коэффициента распространения γ

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{\sigma z_g} \cdot \frac{1}{1 - \text{ctg} \phi} \quad (20)$$

Выводы. Затухание поверхностной волны с увеличением частоты возрастает. Чем больше диаметр провода, тем меньше затухание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Демин, Ю.В.** Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн.1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 1998. -209 с.

2 **Корогод, А.А.** Оценка коррозии анкерных креплений оттяжек опор ВЛ 330 кВ / А.А. Корогод, М.С. Микитинский, С.И. Морозов // Энергетик. -М., 1997. -№11. -С. 6-17.

3 **Мозилов, А.И.** Повышение долговечности подземных конструкций опор на оттяжках воздушных линий электропередачи: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Мозилов Александр Иванович. -Новосибирск, 2002. -149 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: распространение поверхностных электромагнитных волн; анкерная петля

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Демин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГавТ»

Мозилов Александр Иванович, канд. техн. наук, соискатель ФГОУ ВПО «НГавТ»

Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГавТ»

Чураков А.А. ФГОУ ВПО «НГавТ»

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

ГОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

С.С. Сероштанов, Р.Ш. Аюпов

Согласно генеральной схеме и стратегической программе научно-технического развития ОАО «РЖД» до 2030 года одним из важнейших приоритетов является разработка и внедрение принципиально новых систем комплексной диагностики и мониторинга объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Основным звеном, и, как следствие, важнейшим объектом диагностирования и исследования, современных систем управления движением поездов являются рельсовые цепи (РЦ). Они выполняют функции первичного путевого датчика информации о состоянии рельсового пути, а также являются элементом обратной тяговой сети при пропуске обратного тягового тока [1].

Анализ исправности, безопасности функционирования, а также распространения сигнала по рельсовым линиям, в условиях функционального влияния множества факторов, изменяющихся с течением времени, предполагает разработку эффективного диагностического комплекса на основе современной микропроцессорной элементной базы с использованием специализированного, быстрого и точного математического аппарата.

В качестве такого математического аппарата для непрерывного диагностирования состояния РЦ, критерий дискретности времени измерений изложен ниже, авторами предлагается использование аппарата конформных отображений и алгоритмов цифровой обработки изображений.

Основным преимуществом математического аппарата конформных отображений для непрерывного диагностирования состояния рельсовых цепей является его универсальность к виду рельсовой цепи, а также наглядное номографическое представление изменения состояния в конкретный момент времени. В качестве критерия дискретности измерения рассматривается единичный, настраиваемый пользователем, интервал времени, для осуществления поиска постепенных отказов. Естественно, что с увеличением интервала времени нагрузка на вычислительные ресурсы диагностического комплекса уменьшается, но также уменьшается и вероятность фиксации внезапного отказа в конкретный момент времени. Поэтому в качестве дополнительного критерия вводится реакция системы на внезапный отказ, используя методы цифровой обработки изображений, с целью отслеживать его появление с интервалом времени надежного срабатывания путевого приемника. На данном этапе исследу-

дования становится очевидным, что диагностический комплекс должен представлять собой полноценную систему реального времени, как со стороны аппаратной части, так и со стороны реализации программного обеспечения. Для осуществления непрерывного контроля технического состояния каждой отдельной РЦ, необходимо иметь, как минимум, три информационных буфера: один для обслуживания процесса поиска постепенных отказов и два для обслуживания процесса поиска внезапных отказов.

Возвращаясь к аппарату конформных отображений, следует сделать важное замечание о том, что в качестве нагрузки рельсового четырехполюсника рассматривается область всевозможных значений с неотрицательной действительной частью комплексного сопротивления, представляющая правую полуплоскость комплексной плоскости [4]. В результате конформного преобразования правой полуплоскости получаем множество значений входного сопротивления, имеющих форму окружности или полуплоскости, лежащую в правой полуплоскости, что необходимо для создания базы номографических образов – шаблонов с общим решением для каждой конкретной РЦ, но для конкретного путевого приемника, решением является точка в области входного сопротивления, траекторию движения которой и необходимо отслеживать, сравнивая с шаблоном (рисунок 1).

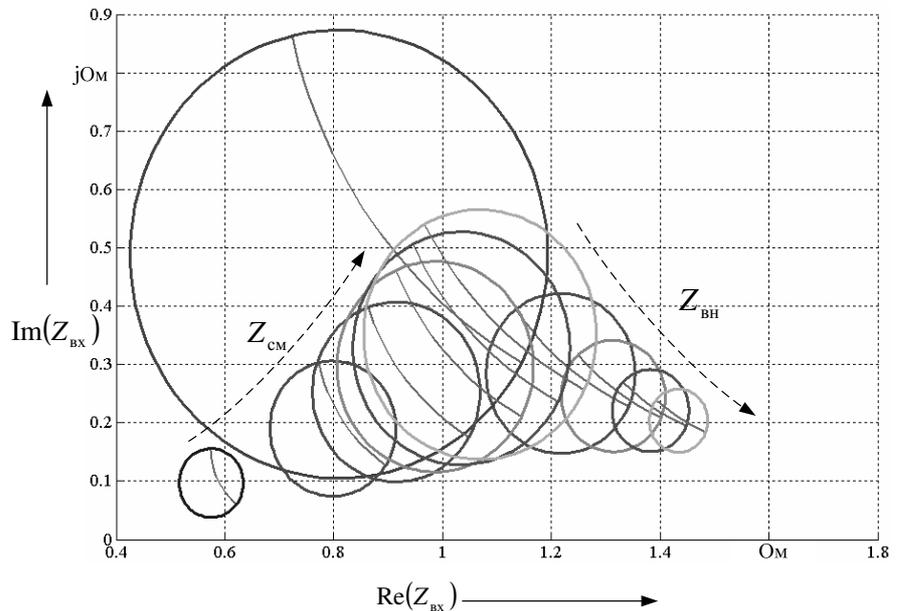


Рисунок 1 – Номографическое представление области общих решений для РЦ тональной частоты 480 Гц при сопротивлении изоляции 0,5 Ом·км и длине рельсовой линии 400 м, построенная с учетом изменения вносимого сопротивления от 1 до 5 Ом и длины обходной цепи от 0,4 до 2 км

Для обеспечения надежного и безопасного функционирования РЦ одним из условий является обеспечение нормативных требований при построении схем канализации обратного тягового тока (КОТТ) [2, 3]. Нарушение указанных требований может привести к невыполнению условий контрольного режима и, соответственно, катастрофическим последствиям. Однако схемы КОТТ обладают рядом, присущих нормативно-технической документации, недостатков: во-первых, проектирование и анализ данных схем проводится специалистами вручную, что приводит к ошибкам, допущенным при проектировании и не выявленным при эксплуатации, во-вторых, данные схемы представляют собой статическую картинку, но в реальных условиях схемы КОТТ обладают динамикой, что требует непрерывного диагностирования РЦ на предмет соответствия нормативным требованиям и выполнения контрольного режима работы.

Используя аппарат конформных отображений и систему Matlab [5], можно вычислить образы соответствующих окружностей, используя формулы (1) и (2).

Прямым $\text{Re}(\lambda \cdot z) = \alpha$, не проходящим через точку $z = -d/c$ ($\alpha \neq -\text{Re}(\lambda d/c)$), соответствуют окружности $|\omega - \omega_0| = \rho$.

С центрами в точках

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \alpha \cdot A \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{D} \cdot \bar{\lambda} + B \cdot \bar{C} \cdot \lambda}{2 \cdot \alpha \cdot |C|^2 + 2 \cdot \text{Re}(C \cdot \bar{D} \cdot \bar{\lambda})},$$

и радиусами

$$\rho = \left| \frac{A}{C} - \omega_0 \right| = \left| \frac{(A \cdot D - B \cdot C) \cdot \lambda}{2 \cdot \alpha \cdot |C|^2 + 2 \cdot \text{Re}(C \cdot \bar{D} \cdot \bar{\lambda})} \right|,$$

где λ, α – коэффициенты прямой;

$\bar{C}, \bar{D}, \bar{\lambda}$ – сопряженные комплексные величины.

Также необходимо отметить, что станционная обратная тяговая сеть, представляет собой достаточно сложную, разветвленную структуру, но имеет явное преимущество перед перегонной обратной тяговой сетью – точки измерения входных параметров напряжение и ток на выходе источника питания и напряжение на входе путевого приемника сосредоточены на посту электрической централизации, что облегчает снятие диагностической информации. Для перегонных сетей, с этой точки зрения, удобны системы с централизованным размещением аппаратуры.

Выводы:

1 Номограмма может быть использована, как наглядное и эффективное средство исследования функциональных зависимостей выходных электрических параметров рельсовых цепей от их внутренних (проводимость изоляции, изменение сопротивления токопроводящих и изолирующих стыков) и внешних (помехи электрического тягового подвижного состава, линий электропередач) параметров в широком диапазоне их изменения.

2 Графическое представление данных зависимостей позволяет оценить влияние отдельных параметров рельсового четырехполюсника на результат конформного отображения правой полуплоскости выходных значений на область входных.

3 Анализ рельсовой линии и определение ее параметров допускает номографическое решение, точность которого достаточна. Использование автоматической классификации состояний РЦ, как средства автоматизации расчетов и построения номограмм выгодно расширяет возможности исследования рельсовых линий в каждом из основных режимов работы, что, особенно, актуально для контрольного режима при анализе схем канализации обратного тягового тока, и сложных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Марквардт, К.Г.** Электроснабжение электрифицированных железных дорог / К.Г. Марквардт. -М.: Транспорт, 1982. -528 с.

2 **Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте.** (НТП СЦБ/МПС-99).

3 **Указание №1247/1545, шифр РЦ64. Проектирование двухниточных планов станций с электрическими рельсовыми цепями.** Изменение №1 410104-ТМП.

4 **Лаврентьев, М.А.** Методы теории функции комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. -М.: Наука, 1987. -688 с.

5 **Потемкин, В.Г.** Вычисления в среде MATLAB / В.Г. Потемкин. -М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2004. -720 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *рельсовые цепи; контроль технического состояния*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Сероштанов Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «ОмГУПС»
Аюпов Роман Шамильевич, преподаватель ГОУ ВПО «ОмГУПС»*

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СУДА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТХОДОВ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Д.С. Мизгирев

Описан вариант комплексного решения проблемы переработки вредных загрязняющих сточных вод и мусора в полезную тепловую энергию посредством генерации перспективного вида топлива – биогаза и сжигания его совместно с бытовыми отходами и нефтепродуктами на специальных плавучих перерабатывающих очистительных средствах.

В настоящее время в подавляющем большинстве малых населенных пунктов Российской Федерации отсутствуют станции очистки и обеззараживания сточных вод, а в некоторых даже единые канализационные системы. Это приводит к тому, что все стоки, в том числе и не обеззараженные фекальные, благодаря естественному уклону местности, осадкам и фильтрации через почву попадают в водосборы мелких ручьев и речек, зачастую это сопровождается спонтанными свалками бытового мусора. Далее происходит накопление стоков в прудах, озерах и неперенный их вынос в притоки крупных судоходных рек.

Благодаря этому с течением времени в малых водоемах сокращаются и полностью исчезают биологические ресурсы, вода становится полностью не пригодной для потребления, проявляется общее ухудшение экологического состояния прибрежных районов, ухудшается эстетическое восприятие природы.

На крупных же реках это приводит к образованию мест постоянной повышенной загрязненности у притоков.

Все эти выше обозначенные воды при попадании в крупный водоем значительно разбавляются и сносятся течением к различным водозаборным станциям крупных населенных пунктов и городов, стоящих на этих реках. Кроме того, они оказываются и на условно чистых плесах, откуда забираются проходящими судами в системы пресной и питьевой воды.

Таким образом, можно отметить общее ухудшение качества забираемой из рек воды, необходимость многоступенчатой очистки и обеззараживания ее, а также то, что далеко не всегда вода из водопровода соответствует всем предъявляемым к ней требованиям потребителей и даже регламентирующих документов по содержанию, болезнетворным микроорганизмам, вкусовым качествам, запаху, прозрачности и т.п.

Строительство мусороперерабатывающих и очистных сооружений в России сдерживается обычным недостатком финансовых средств в связи с высокой стоимостью постройки, сложностью выделения земельных участков и т.п. Особый вопрос – строительство очистных сооружений в малых и удаленных населенных пунктах по берегам рек. Здесь добавляются сложности с доставкой материалов и оборудования, строительством, обслуживанием и ремонтом, подбором кадров, снабжением энергией и теплом.

Выше обозначенные проблемы можно комплексно решить посредством переработки вредных загрязняющих сточных вод и мусора в полезную тепловую энергию посредством генерации перспективного вида топлива – биогаза и сжигания его и бытовых отходов на плавучих перерабатывающих средствах.

Основная задача нового судна – забирать и перерабатывать отходы, получая при этом как тепловую, так и электрическую энергии для технологических нужд, своего движения и береговых потребителей. Очищенная вода будет сбрасываться обратно в водоем или подаваться различным потребителям для технических нужд.

Станция состоит из двух функциональных комплексов: перерабатывающего и энергетического (рисунок 1) [1].

– Первый комплекс служит для предварительной подготовки эксплуатационных отходов к обработке с последующей их переработкой.

– В энергетический комплекс входит тепло- и электрогенерирующее устройства, в котором энергия получается за счет сжигания переработанных отходов в котлоагрегатах с последующим получением пара.

В соответствии с принятой в настоящее время классификацией, закрепленной между-

народными нормативными документами, из всех перечисленных видов судовых отходов по их агрегатному состоянию можно выделить две основные группы:

- 1 Жидкие отходы, в состав которых входят: сточные воды (СВ); нефтесодержащие воды (НВ); загрязненные воды, требующие специальной очистки (ЗВ).
- 2 Твердые отходы (сухой мусор).

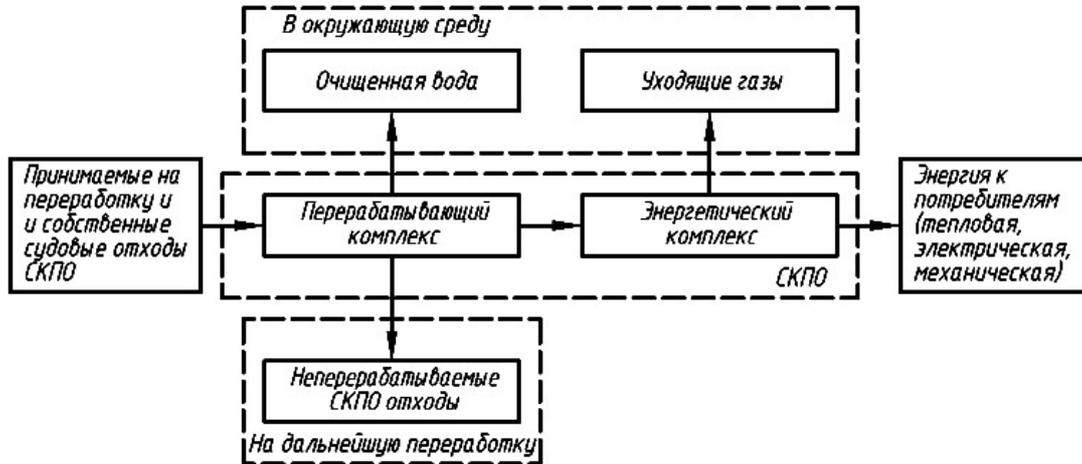


Рисунок 1 – Общая структурная схема специального судна

Результат достигается тем, что поступающие на переработку эксплуатационные отходы, проходят комплексную обработку особым образом [1] (рисунок 2).

Согласно статистическим данным, предоставленным ООО «Флот-сервис» объемы судовых отходов пассажирского флота на судоходном участке в районе города Н. Новгорода за период с 01.05.2007 г. по 01.08.2007 г. представлены в таблице 1.

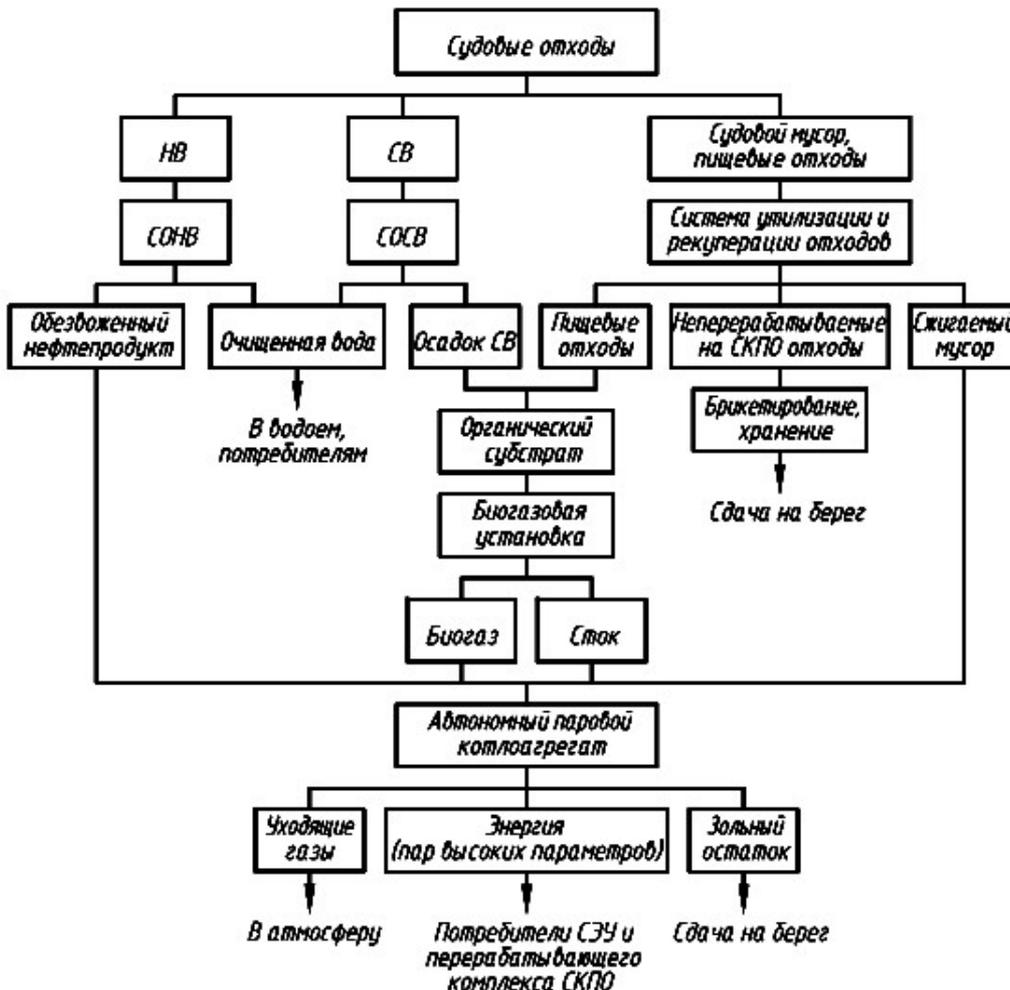


Рисунок 2 – Схема переработки основных видов эксплуатационных судовых отходов

ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 1 – Объемы судовых отходов пассажирского флота на судоходном участке в районе города Н. Новгорода

Наименование	Объемы отходов по видам		
	Подсланевые воды	Сточно-фекальные воды	Сухой мусор
Период с 01.05.2007.по 01.08.2007			
Сумма за период по видам отходов, т	406,00	4500,50	317,28
Максимальное значение, т/сут	8,60	95,37	5,62
Минимальное значение, т/сут	4,18	46,46	3,27
Среднее значение, т/сут	6,39	70,92	4,45
Среднее значение на 1 выход судна, т	2,32	25,72	1,81
Итого, за навигацию 2007 г, т	507,50	5625,63	396,60

Энергетические показатели различных видов судовых отходов, подлежащих переработке на станции, и продуктов их переработки, определенные на основе источников [2-8, 10], представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Энергетические показатели основных видов судовых отходов

Вид судовых отходов	Продукт переработки	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
Нефтедержавщие воды	Обезвоженный нефтепродукт	25934...36900
	Биогаз	20030...33558
Сточно-фекальные воды	Органический шлам	12355...18740
	Твердое топливо	4000...20850

Таким образом, исходя из представленных данных, в результате переработки различных видов отходов за 1 сутки на основе расчета [4-7, 9-11] можно получить следующие количества тепловой энергии (таблица 3).

Таблица 3 – Количества тепловой энергии, получаемые при переработке основных видов судовых отходов

Вид судовых отходов	Продукт переработки	Количества тепловой энергии, получаемые при переработке, в сутки	
		кДж	кВт·ч
Нефтедержавщие воды	Обезвоженный нефтепродукт	131285700	36468
	Биогаз	218052029	60570
Сточно-фекальные воды	Органический шлам	64852752	18014
	Твердое топливо	1614600	449
Итого по всем видам		415805081	155501

В качестве примера, рассмотрим суточное энергопотребление судна комплексной переработки отходов на базе самоходной очистительной станции (ОС) проекта 354К (таблица 4), определенное по характеристикам источника [11].

Таблица 4 – Суточное энергопотребление судна комплексной переработки отходов на базе самоходной очистительной станции (ОС) проекта 354К

Статья энергопотребления	Затраты теплоты по группам потребителей, кВт·ч
Судовая энергетическая установка:	
Главный двигатель	10105
Теплоснабжение	2954
Энергоснабжение	~4412
Потребители перерабатывающего комплекса	~60000
Итого	~77472

Сравнив итоговые значения данных таблицы 3 и 4 о генерируемой и потребляемой энергиях, можно сделать вывод о полной энергообеспеченности всех функциональных потребителей специального судна.

Высокая мобильность системы очистки и возможность применения станций необходимой производительности позволят при минимальных вложениях денежных средств получить максимальный экономический эффект у потребителя. Также ожидается неременное снижение затрат на капитальное строительство, так как для плавучей установки не требуется

выделение земельного участка.

В современных условиях перед речным флотом стоит задача получения максимальной прибыли: для этого необходимо увеличить объем перевозок грузов и пассажиров при снижении затрат на обслуживание флота. Следовательно, необходимо обновить речной флот, оснащая его экономичными и комфортабельными судами, обеспечить его инфраструктуру, чему и способствует разработка и реализация предлагаемого проекта.

Результатами реализации данного проекта станут следующие мероприятия:

1 Улучшение экологической обстановки прибрежных районов как крупных, так и мелких рек, общее повышение качества забираемой из рек воды.

2 Решение проблем энергоснабжения не только отдельных населенных пунктов, но и целых прибрежных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Заявка 021615 Российская Федерация. Мобильная станция комплексной переработки эксплуатационных судовых отходов с целью их последующей рекуперации / А.С. Курников, Д.С. Мизгирев. -№2007119837/20.

2 Курников, А.С. Концепция повышения экологической безопасности судна: монография / А.С. Курников. -Н. Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2002. -80 с.: ил.

3 Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд. В 2 кн. Кн.1 / В.И. Аксенов [и др.]. -М.: Теплотехник, 2005. -640 с.: ил.

4 Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. -М.: МГУ, 1996. -620 с.: ил.

5 Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. -М.: ГУП ЦПП, 1998. -72 с.

6 Стахов, Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов / Е.А. Стахов. -Л.: Недра, 1983. -263 с.: ил.

7 Зубрилов, С.П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С.П. Зубрилов, Ю.Г. Ищук, В.И. Косовский. -Л.: Судостроение, 1989. -256 с.

8 Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод / С.В. Яковлев [и др.]. -М.: Химия, 1999. -448 с.

9 Канализация: учеб. для вузов / С.В. Яковлев [и др.]. -5-е изд., перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1975. -632 с.: ил.

10 Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. и предисл. М.И. Серебряного. -М.: Колос, 1982. -148 с.: ил.

11 Каталог-справочник серийных речных судов. Т.8. -Л.: Судостроение, 1990. -288 с.: ил.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ресурсосберегающие суда; переработка эксплуатационных отходов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мизгирев Дмитрий Сергеевич, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

СОХРАНЕНИЕ ЧИСТОТЫ РЕК ОТ АНТРОПОГЕННОГО ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ – СОЦИАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

И.В. Клишин

Выполнен обзор экологической обстановки по загрязнению воды в р. Лена.

Вода – источник жизни на Земле. Миллиарды лет тому назад в холодном газопылевом облаке, из которого образовалась земля, уже в виде ледяной пыли содержалась вода. Перед водой преклонялись, о ней слагались легенды. У всех народов вода считалась колыбелью и источником жизни. К сожалению, мы зачастую слишком небрежно относимся к тому, что природа даёт нам даром. На сегодняшний день человек ещё не до конца осознал, что загрязняя природу, и воду, как её неотъемлемую часть, он практически не оставляет будущим поколениям возможности жить здоровой жизнью.

«Вода, – пишет в книге «Земля людей» известный французский писатель Антуан де

Сент Экзюпери, - тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что необходима для жизни; ты – сама жизнь. Ты наполняешь нас радостью, которую не объяснить нашими чувствами. С тобой возвращаются к нам силы, с которыми мы уже простились. По твоей милости в нас вновь начинают бурлить высохшие родники нашего сердца. Ты самое большое богатство на свете».

Жизнь человечества с древнейших времён тесно связана с водой. Вода – живая кровь природы, которая создаёт жизнь там, где её не было и поддерживает её, если она возможна. Вода обеспечивает жизнедеятельность и существование человека, широко используется в сельском хозяйстве, промышленности, энергетике, ядерной технике, водном транспорте, коммунальных системах, медицине, рыболовстве и т.д. Вода – обязательный компонент практически всех технологических промышленных и сельскохозяйственных процессов, производства продуктов питания.

Вода – жидкость без запаха, вкуса и цвета, её плотность 1 г/см³ при температуре 3,98 °С. При 0 °С превращается в лёд, при 100 °С в пар. Самое распространённое вещество в природе, гидросфера занимает 71% поверхности Земли. Без воды невозможно существование живых организмов (около 65% человеческого тела составляет вода).

В мире неуклонно растёт численность населения и такими же темпами увеличивается потребление воды, а запасы экономически доступной воды, наоборот уменьшаются. Уже сейчас, в условиях дефицита воды живёт более миллиарда землян. Директор Института водных проблем РАН В. Данилов-Данильян считает, что к 2025 году от недостатка влаги будут страдать уже 3 миллиарда человек или половина населения планеты. Помимо исторически засушливых Сахары и некоторых других африканских стран и Ближнего Востока в глобальный кризис водоснабжения окажутся втянутыми Индия и Китай, северная часть которого уже сейчас обезвожена и практически весь сток рек Хуанхэ и Хуайхэ изымается для сельского хозяйства и промышленности.

В перечне стран, в которых есть пока избыток воды, лидирует Россия, гидроресурсы которой превышают 97 тыс. км³. Однако, при пересчёте на одного жителя это всего 58 м³ в год, что в 15 раз меньше ресурсов Французской Гвианы и в 10 раз меньше, чем в Исландии.

Радикальная перестройка водного хозяйства и отношения к экологическому состоянию гидросферы в России неизбежны и, несомненно, пойдут по трём направлениям.

Первое – это водосбережение, применение таких технологий, которые позволят на единицу выпускаемой продукции затрачивать меньше воды. Всё это потребует новых капитальных вложений, но другого выхода нет. Второе – охрана гидроресурсов. Придётся сокращать сбросы сточных вод, применять более глубокую очистку использованной воды, предупреждать эксплуатационные и особенно аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, сделать более экологически безопасными дноуглубительные, выправительные и берегозащитные работы, включая защиту населённых пунктов от наводнений. И третье направление касается водоёмких производств. Они будут перемещаться туда, где расположены большие источники пресной воды. Россия находится в очень выгодном положении: перестройка мировой экономики сулит нам огромный спрос на нашу продукцию. Ведь такие отрасли, как энергетика, металлургия, химическая промышленность, у нас обеспечены не только сырьём, но и водными ресурсами. Водоёмкие технологии могут стать основой нашей экономики в пост-нефтяной период.

К сожалению, человек сам уничтожает жизнеобеспечивающие водные ресурсы, интенсивно загрязняя всю гидросферу: реки, подземные грунтовые воды, моря и океаны. Кроме того, нередко непродуманные действия по полному осушению рек, озёр и болот, которые служат источниками водного стока. Именно человек виноват и в безмерном загрязнении природных вод, что является варварством и бездушием в отношении не только потомков, но и нас самих, живущих на Земле. Уничтожается благословенное чудо природы – чистая пресная вода, которая превращается в отравленную и заражённую болезнетворными бактериями с яйцами гельминтов, отраву. Экотоксикология показывает убийственные для человечества масштабы поступления загрязняющих вредных веществ из загрязнённой водной среды в живые организмы.

По данным Всероссийского общества здравоохранения (ВОЗ), 85% всех заболеваний в мире передаётся с водой. Самым распространённым и опасным загрязнением вод и территорий является нефть и нефтепродукты.

За нефтью наиболее ядовитыми веществами, сбрасываемыми в воды рек, морей и мирового океана, являются тяжёлые металлы, особенно свинец, соединения которого входят в

состав противодетационных присадок к автомобильному бензину и попадает в воду в больших количествах с выхлопными газами им при разливе топлива. Даже в минимальных количествах повышение содержания свинца в крови человека [3] может вызвать отставание в умственном развитии детей, способствует заболеванию гипертонией, малокровием, нарушениям деятельности нервной системы.

Вредно и сверхнормативное загрязнение воды другими металлами. Загрязнённая вода негативно сказывается не только при её потреблении, но и путём поглощения вредных веществ при купании и умывании через кожу. Например, при попадании в воду фенола в ней образуется диоксин, который является особо опасным ядом даже в сверхмалых дозах.

В оценку загрязнённости рек по гидрохимическому составу входит количество растворённого в воде кислорода, что является одним из основных показателей экологического и санитарного состояния реки. По нему судят о доброкачественности воды, жизнеспособности водоёма и активности процессов самоочищения. Минимальное содержание растворённого в воде кислорода около 5 мг/л, является порогом, обеспечивающим нормальное существование и размножение рыб, а понижение содержания кислорода до 2 мг/л вызывает замор и массовую их гибель. Вредно и перенасыщение воды кислородом. Надо сказать, что пока недостаток кислорода на сибирских реках проявляется в основном при ледовом покрове. Так измерения содержания кислорода в Ленской воде Институтом биологии показало изменения его содержания в пределах от 8 до 14 мг/л, а среднее содержание было равно 10,3 мг/л.

В начале прошлого века люди, отвечающие за состоянием воды во многих развитых странах, осознали, что необходимо сделать местные источники воды безопасными для питья, купания и приготовления пищи. Они стали хлорировать воду. Хлор эффективно обезопасил воду от бактериологического загрязнения, но как оказалось позже, хлор, образуя соединения, превращается из защитника в медленного убийцу. При хлорировании природных вод образуются хлорсодержащие вещества – тригалометаны (хлороформ, хлорфенол и др.), обладающие канцерогенным и мутагенным действием, то есть, способны влиять на генетический аппарат человека. Поэтому во многих странах взамен хлорирования внедрено озонирование воды.

В ряде развитых стран мира хлорирование заменяют щадящими способами обеззараживания вод, в том числе использованием гипохлорида, который не даёт негативных побочных явлений. В Сибири этот реагент используется в Новосибирске, где он производится на заводе химконцентратов. На использование обеззараженной по новому воды переведен ряд районов города.

Но одно дело очистить воду, другое дело – вода должна усваиваться нашим организмом. Живой организм – это одушевлённая вода. Не зря слово «врач» переводилось в древности как «специалист по водолечению». Вода составляет основу нашего тела, состоящего из 75 триллионов клеток, которые плавают в межклеточной жидкости. Так, у человека массой 65 кг, содержится до 40 литров воды, из них внутри клеток около 25 л, в межклеточных пространствах и внеклеточных жидкостях – 15 л. Содержание воды несколько снижается с возрастом. Мы засыхаем, закисляемся и теряем внутриклеточную и внеклеточную жидкость. Как только в клетке нарушается водный баланс, она начинает стареть, окисляться и умирать. Постоянство внутренней среды организма, в том числе и содержание воды, является одним из основных условий его нормального состояния. Всё, что у нас в организме есть, записано на кристаллах воды. Вода обладает памятью, она – единственный структурный носитель в организме, и какую бы информацию она не получила до попадания в наш организм (хлорирование, кипячение и др.), эту информацию мы получаем вместе с водой. Отравленная вода тоже «помнит» обо всех ядовитых процессах, тяжёлых металлах, ядах, с которыми когда-то она была в контакте. При фильтрации эта информация не стирается. Попадая в организм, такая вода рано или поздно вызовет различные болезненные реакции.

Под эколого-эпидемиологическим качеством воды понимают характеристику состава и свойств воды, определяющую пригодность её для конкретных видов водопользования. На качество природных вод влияют естественные и антропогенные факторы.

К первым относят русловые переформирования, условия формирования поверхностного и подземного водных стоков, разнообразные природные катаклизмы стока и уровневого режима рек.

На экологическое качество природных вод существенно влияние высокой интенсивности русловых деформаций рек, что определяется большой шириной русла многих сибирских рек, распластанностью потока (соотношение ширины к глубине русла равно в среднем 625),

малой устойчивостью русловых форм и блужданием динамической оси потока в разные фазы гидрологического режима. Этому благоприятствуют нередкие такие факторы как мелкий состав донных отложений и легко размываемые уступы пойменных берегов и песчаных террас, особенно в местах выхода вечной мерзлоты.

Вертикальные русловые деформации заключаются в устойчивой тенденции медленного врезания русла в донные отложения, о чём свидетельствует, снижение кривых расхода воды по гидрологическим постам и ряд косвенных геоморфологических признаков, например, смещение островов вниз по течению. Врезание реки способствует отмиранию второстепенных и пойменных проток, так как последние врезаются медленнее, чем более многоводные судоходные рукава.

Русловые деформации наиболее ощутимо проявляются в перемещении главного течения из одного рукава в другой, искривлении и многорукавности русла. Наблюдения за изменениями гидрохимического состава рек, водохранилищ и озёр ведут органы Гидрометеослужбы, которые периодически издают соответствующую информацию.

Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия) ежегодно публикует правительственный Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории региона [4]. Изучение докладов за последнее десятилетие приводят к следующему заключению.

Классификация степени загрязнённости воды градации ВОЗ по следующей градации:

- 1-ый класс – «условно чистая»;
- 2-ой класс – «слабо загрязнённая»;
- 3-ий класс: разряд «а» – «загрязнённая»; разряд «б» – «очень загрязнённая»;
- 4-ый класс: разряд «а», «б» – «грязная»;
- 5-ый класс – «экстремально грязная».

Наблюдения за химическим составом и степенью загрязнённости поверхностных вод проводились на р. Лене в среднем и нижнем течении от р.п. Пеледуй на юго-западе до п.ст. Хабарова на севере. Из 16 учтённых в комплексной оценке веществ и показателей качества воды 13 относились к загрязняющим (вещества, по которым наблюдалось превышение допустимых нормативов). По качеству вода бассейна характеризовалась, в основном, 3 классом («очень загрязнённая») и 4 классом («грязная»). Характерными загрязняющими веществами бассейна являлись трудноокисляемые органические вещества (среднегодовая концентрация по бассейну составляла 1,5 ПДК), фенолы (3 ПДК), соединения меди (8 ПДК). Повторяемость случаев превышения ПДК этих веществ составляла 58-70%. Увеличилась повторяемость случаев превышения ПДК соединениями железа (от 46% до 54%).

Качество воды р. Лены в районе р.п. Пеледей – «очень загрязнённая». Из загрязняющих веществ доминировали соединения цинка и фенолы (86% превышений ПДК) и соединения меди (71% превышений ПДК). Их среднегодовые концентрации составляли: соединений меди – 7,5 ПДК, соединений цинка и фенолов – 4 ПДК. Максимальная концентрация цинка была близка к критерию высокого загрязнения – 9,6 ПДК. Критическим показателем загрязнённости воды были соединения меди, наибольшее значение которых достигало 21 ПДК.

Вода реки Лены у г. Ленска характеризовалась как «загрязнённая» и «очень загрязнённая». К критическим загрязняющим веществам относились соединения меди, средняя концентрация которых была 4,9-7,0 ПДК, максимальная – 20-22 ПДК, процент нарушения нормативных требований составлял 53,8%. Среднегодовое содержание фенолов изменялись от 1,6 до 1,9 ПДК.

Воды в зоне г. Покровск и п. Мохсоголлох загрязнены фенолами, соединениями меди и железа, которые являлись характерными загрязняющими веществами, содержание в воде реки этих ингредиентов превышало предельно допустимую норму в 57-86% отобранных проб воды.

Качество воды р. Лены у с. Табага ухудшилось, вода перешла в класс «грязных» вод. Этому способствовало увеличение содержания соединений железа и азота нитритного, среднегодовые (максимальные) концентрации которых возросли до 2,3 (12,1) ПДК и 1 (3,7) ПДК соответственно. К критическим показателям загрязнённости воды относились соединения меди, железа и азот нитритный. Для воды этого участка реки характерен повышенный уровень загрязнённости органическими веществами.

Столица Республики Саха (Якутия) г. Якутск является крупнейшим экономическим центром Республики, с подчинённой ему территорией 912 населённых пунктов и занимает площадь в 3600 км², где проживает 229 тыс. человек или 23% населения республики.

В ранжированном ряду, построенном сотрудниками института региональной экономики АН Республики Саха (Якутия) на основе комплекса факторов (производственная нагрузка, экологические и социальные последствия, уязвимость природных комплексов) отнесён к категории крайне напряжённой экологической ситуации.

Всего в Якутске зарегистрировано 80 первичных водопользователей. Около 70% населения пользуется централизованным водоснабжением, осуществляемым из р. Лена. Водоснабжение пригородных посёлков (Табага, Маган, Хатассы и Кангалассы), осуществляется главным образом из артезианских скважин.

Для г. Якутска проблемным является расположение городского водозабора, построенного в 1972 году у Даркылаха, в Адамовской протоке реки Лены, ниже г. Якутска. Водозабор в настоящее время модернизируется после крупной аварии, в результате которой забираемая вода не годилась не только для питья, но и для технических нужд, поскольку в ней твёрдые загрязнения, даже не считая взвешенных, составляли более половины объёма.

В Якутске действуют водозаборы подмерзлотных вод: п. Табага, Хатасский свинокотплекс, Якутская птицефабрика, домостроительный комбинат, Мархинский промышленный узел. Главным препятствием широкого использования подмерзлотных вод в хозяйственно-питьевых целях является их несоответствие по составу нормативным показателям. По химическому составу подземные воды характеризуются высоким уровнем минерализации, превышением ПДК по содержанию фтора, натрия, лития. Подземная подмерзлотная вода, добываемая на территории Якутска, не соответствует СанПиН 1.2.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» пригодна только для технических и хозяйственных нужд.

В п. Жатай приостановлено строительство биологических очистных сооружений канализации. Строительство данного объекта вёл Жатайский судоремонтно-судостроительный завод. В 1996 г. данный незавершённый объект передан на баланс администрации п. Жатай и дальше строительство приостановилось.

В п. Жатай действует очистная станция-судно «ОС-8», предназначенное для очистки и обработки подсланевых вод, принятых от судов. Станция состоит на балансе ОАО «Якутский речной порт» и является единственным природоохранным объектом, предназначенным для предотвращения загрязнения нефтепродуктами реки Лены от г. Олёкминска до п. Тикси. Станция построена в 1973 г., из-за износа обшивки днища с 1995 г. находится в «ограниченно годном» состоянии. Судно отработало нормативный срок службы (28 лет) и требует капитального ремонта и замены очистной установки на флотационную.

Согласно комплексной оценке вода реки Лены у г. Якутска оценивается как «грязная». Доминирующая из загрязняющих веществ являются соединения меди, среднегодовые концентрации которых достигали 6 ПДК, максимальные значения определялись в интервале 23-29. В створах «1 км выше и 2 км ниже г. Якутска» определяется как критическая. В 2006 г. в верхнем створе возросло до критического содержание в воде соединений железа, среднегодовая концентрация составляла 1,6 ПДК, максимальная 6,2 ПДК. В створе «1 км ниже п. Жатай» критическим показателем загрязнённости воды являлся азот нитритный, наибольшая величина которого превышала допустимый уровень более чем в 5 раз. В 2006 г. во всех створах реки повысилось содержание в воде фенолов (но среднегодовым значениям до 3-4 ПДК, по максимальным – до 8-16 ПДК) и соединениям марганца до 3 ПДК (среднегодовые концентрации) и 8-21 ПДК (максимальные значения).

Вода реки Лены у п. Жиганск оценивалась как «очень загрязнённая». Среднегодовое содержание характерных загрязняющих веществ в воде реки превышало ПДК: в 2 раза – соединений железа и органических веществ, в 2,5 раза – фенолов, в 11 раз – соединений меди.

Вода реки Алдан в районе г. Томмот по качеству характеризовалась как «грязная». В 2004-2006 г.г. отмечалась тенденция возрастания в воде данного участка реки соединений меди. Критическим показателем являлись и соединения ртути, максимальные концентрации которых достигали 2,9 ПДК.

Вода реки Яны у п. Юбилейная характеризовалась как «очень загрязнённая». В 2006 г. содержание в воде соединений железа достигало критического уровня: среднегодовая величина возросла почти в 3 раза до 6 ПДК, максимальная достигала 10 ПДК; превышение предельно допустимого норматива определялось в 100% проб воды. Характерной осталась загрязнённость воды органическими веществами в пределах 2-3 ПДК и нефтепродуктами

(54-77%).

Качество воды реки Яны у п. Нижнеянк ухудшилось и характеризовалось 4-м классом («грязная»). К критическим загрязняющим веществам воды относились соединения меди и железа, повторяемость случаев превышения нормативов которых составляла 83-100% от общего количества проб воды.

Качество воды бассейна реки Индигирка ухудшилось, вода оценивалась как «грязная». Наиболее характерными загрязняющими веществами воды бассейна остались соединения ртути и меди с повторяемостью случаев превышения ПДК 50-77%, их среднегодовые концентрации составляли 6 ПДК и 1,1 ПДК. Загрязнённость фенолами снизилась до 1,2 ПДК и соединениями цинка до значений менее 1 ПДК; органических веществ в пределах нормы. Дефицит растворённого в воде кислорода отмечался в 10% проб, минимальная концентрация составляла 5,23 мг/л.

Качество воды реки Колымы у г. Среднеколымска в 2006 г. снижалось до «а» 4-го класса («грязная»). Загрязнённость воды соединениями железа определялась как критическая, среднегодовой концентрации возросли до 1,3-3,4 ПДК, максимальные определялись в интервале 5-11 ПДК.

Класс качества воды реки Колымы у с. Колымское – разряда «грязная вода». Критическими показателями загрязнённости воды, концентрации которых соответственно достигали 6 (19) ПДК и 1 (3) ПДК. Содержание фенолов превышало допустимый уровень в 2,5 раза, соединений марганца в 1,3 раза.

Вода участка реки Колымы у п. Черский оценивалась как «очень загрязнённая». Критический уровень загрязнённости воды достигался по соединениям меди и железа.

По комплексу гидрохимических показателей вода реки Анабар у с. Саскылах соответствовала 4 классу качества и оценивалась как «грязная». Определяющей осталась загрязнённость воды водотока соединениями меди.

Подводя итоги оценки экологического состояния водных объектов бассейна р. Лены, считаем целесообразным отметить особенность, присущую только северным регионам. На территории Якутии, которая характеризуется многолетней мерзлотой и температурами поверхностных вод, в зимний период близкими к нулю, любые сточные воды оказывают стрессовое воздействие на водные экосистемы. Это связано с тем, что большинство очистных сооружений и систем водоотведения сбрасывают сточные воды, температура которых, как правило, значительно выше температуры водного объекта. Серьёзной проблемой в условиях вечной мерзлоты являются также аварийные утечки на трассах водоснабжения и канализации, которые способствуют заболачиванию урбанизированных территорий. Кроме того выход к берегам рек вечномёрзлых грунтов и своеобразие их разрушения с образованием глубоких ниш и обвалом больших блоков грунта берега с расположенными на них остатками промышленных и жилищно-бытовых объектов, служащими существенными источниками загрязнения, заставляет производить трудоёмкие и дорогие берегоукрепительные работы.

Какие значимые проблемы сохранения чистоты вод в реках стоят перед внутренним водным транспортом Сибири и Якутии?

Прежде всего, активно предупреждать и ликвидировать аварийные и технологические разливы нефти и нефтепродуктов с судов и причалов.

В повседневной эксплуатации флота нефтесодержащие воды скапливаются под сланями машинных отделений. Второй причиной образования нефтесодержащих вод на судах служат протечки воды из трубопроводов, запорной арматуры. Количество этих вод во многом зависит от технического состояния оборудования и от выполнения правил его эксплуатации. В настоящее время применяют как судовую, так и вне судовую очистку нефтесодержащих вод от нефтепродуктов, т.е их обрабатывают непосредственно на судах с использованием специального очистного оборудования или же передают на плавучие станции для последующей обработки. К сожалению, только треть судов оборудованы нормальными современными очистными системами.

Для профилактики предупреждения нефтяных загрязнений все судоходные организации должны иметь планы ЛАРН (ликвидации аварийных разливов нефти), согласованные с региональными службами министерства чрезвычайных ситуаций. Консультации по разработке ЛАРН и обучение работников водного транспорта выполнению этих планов осуществляет Новосибирская государственная академия водного транспорта, командирующая специалистов в самые отдалённые пункты работы флота [2].

На реке Оби у Новосибирска требуется срочный ввод в эксплуатацию канализационных

дюкеров, не раз разрушавшихся и выбрасывающих в реку большие объёмы опасных фекальных загрязнений. В настоящее время готовится траншея в скальном дне для укладки новых современных пластмассовых труб. Взрывные работы и уборку раздробленного камня осуществляет автор статьи. Новые дюкеры предупредят разливы нечистот при техническом устранении или навалах судов на эксплуатирующиеся подводные переходы.

На реке Лене стоит проблема реконструкции оградительных противопаводковых и ледозащитных дамб в Якутском речном порту и в Жатайском судостроительно-судоремонтном заводе. В настоящее время учёные НГАВТ совместно с Ленским государственным управлением водных путей и судоходства разрабатывают предложения по восстановлению разрушенных дамб на упомянутых объектах с учётом перестройки водозабора в Адамовской протоке. Задача весьма непростая, так как ограждение водозабора мешает нормальному транзитному судоходству, что может повлечь серьёзные аварийные повреждения как водозабора, так и проходящих судов.

В Адамовской протоке возле острова Пономарёв стабильно располагается массивный побочень сопоставленные русловые планы показывают его очень медленное сползание вниз по течению. По этим причинам вынос русловой самотечной линии в центр Адамовской протоки или, тем более, к острову Пономарёв, создаст аварийную ситуацию на заходе судов в Якутский речной порт. Кроме того, вряд ли этот вариант устранит перебои в работе водозабора из-за заиления и промерзания русла. Нереальным считаем предложение по увеличению водности Адамовской протоки путём регуляционных сооружений в Буорылакской протоке. Последняя слишком велика по водности и ширине русла, особенно в многоводные годы, и строительство в ней регуляционных сооружений обойдётся слишком дорого.

Более подробно существо предложений по природоохранным мероприятиям на судоходных реках Сибири и Якутии рассматриваются в подготавливаемой Новосибирской государственной академией водного транспорта монографии «Оградительные дамбы и подводные переходы трубопроводов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ботвинков, В.М.** Гидроэкология на внутренних водных путях / В.М. Ботвинков, В.В. Дегтярёв, В.А. Седых. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2002. -353 с.

2 **Курносков, А.Д.** Защита внутренних водных путей и прибрежного шельфа морей от загрязнения нефтью и нефтепродуктами / А.Д. Курносков. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2005. -248 с.

3 **Дегтярёв, В.В.** Охрана окружающей среды / В.В. Дегтярёв. -М.: Транспорт, 1989. - 208 с.

4 Государственные доклады о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) за 2001-2007 годы. - Якутск: Бичик.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вода; загрязнение поверхностных вод
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Клишин Игорь Валентинович ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БОНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОТОКА ВОДЫ В РАЙОНЕ УСТАНОВКИ НЕФТЕСБОРНОГО УСТРОЙСТВА

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

А.В. Якубов

В результате исследований получены экспериментальные зависимости, позволяющие уменьшить время машинного счета при CFD-моделировании процесса сбора нефти комплексом скиммер-бонное ограждение.

Проведение на судах технологических операций с нефтью и нефтесодержащими смесями достаточно часто сопровождается разливами, в результате которых происходит загрязнение акваторий. Внутренние водные пути весьма уязвимы к загрязнению нефтью, по-

сколько помимо негативного воздействия на гидробионты необходимо учитывать то, что реки и озера являются источниками пресной воды, которая после соответствующей подготовки используется в питьевых целях.

В настоящее время не существует универсальных технических средств для сбора нефти с поверхности воды. Выбор нефтесборного устройства (в последнее время такие устройства принято называть скиммерами) осуществляется на основании условий проведения операции ликвидации разлива нефти (ЛРН).

Одной из наиболее существенных особенностей эксплуатационного разлива нефти является высокая скорость течения в акватории (более 0,5 м/с). Общая протяженность участков со скоростями течения более 0,5 м/с составляет около 80% суммарной длины внутренних водных путей. При таких скоростях значительно осложняется проведение операций ЛРН. Боны, используемые для локализации нефтяного пятна, не способны справиться со своей функцией, и происходит унос нефти под нижнюю часть ограждения [1, 2]. Объясняется это турбулентными процессами, сопровождающимися отрывом и уносом неустойчивого слоя накопившейся нефти. Единственно возможным способом ликвидации последствий разлива в этих ситуациях является совместное использование бонового ограждения и сборного устройства такой высокой производительности, которая позволила бы удалять нефть перед фронтальной стенкой бона со скоростью большей или равной скорости ее притока. Эффективность такого сбора определяется гидродинамическими особенностями потока жидкостей и характеристиками нефтесборного устройства.

Существует три группы методов для изучения эффективности систем по сбору нефти: модельные, натурные испытания и численное моделирование. Недостатками модельных испытаний является неизбежность потери информации при пересчете результатов с моделей, выполненных в масштабе, на оборудование в натуральную величину, что существенно снижает точность, а также вызывает сложности при создании испытательных стендов для широкого диапазона скоростей и различной геометрии вводимых устройств.

Натурные испытания проводятся с нефтесборным оборудованием в истинную величину и предполагают либо разлив нефти в опытных бассейнах больших размеров (например, американский исследовательский центр OHMSETT с бассейном размерами 203×20×3,35 м [3]), либо разлив ее имитатора в природных объектах (реки, озера). В обоих случаях чрезвычайно высокими будут материальные затраты при тестировании нефтесборного оборудования с различными характеристиками.

Численное моделирование (или CFD-моделирование) является наиболее доступным методом исследования, к которому в последнее время часто прибегают при решении многих других задач гидродинамики (обтекание корпусов судов, движение жидкости в трубопроводе, процессы теплопереноса и массопереноса). Исследуемый объект при численном моделировании, называемым также виртуальным моделированием, вводится в расчетную область в натуральную величину. Основными преимуществами данного метода являются контролируемые и воспроизводимые условия проведения эксперимента, а также доступность с позиций материальных затрат по сравнению с физическим моделированием. Недостатком численного моделирования является большая длительность времени проведения расчетов.

В данной работе для моделирования процессов, происходящих при локализации и сборе нефти, была использована программа «FlowVision 2.4.1» российской фирмы «Тесис». При CFD-моделировании совместной работы бонового ограждения и скиммера возникает необходимость детального разбиения свободной поверхности расчетной сеткой перед боновым ограждением в окрестности нефтесборного устройства. Решение задачи без разбиения на этапы может потребовать несколько лет непрерывного счета на персональной ЭВМ. Если оценить воздействие бона на структуру потока и далее произвести учет его влияния на процесс сбора нефти, то можно уменьшить время вычислений.

Для исследования гидродинамических особенностей потока жидкости перед боновым ограждением был разработан виртуальный испытательный стенд. Геометрия бона вводилась в расчетную область в виде вертикальной жесткой стенки, перпендикулярно которой направлялся поток жидкости, что является наихудшим вариантом с позиций удержания нефти в пределах ограждения.

В основе работы стенда лежит математическое описание движения вязкой жидкости со свободной поверхностью, включающее уравнения Навье-Стокса, уравнения к-ε модели турбулентности, уравнение переноса «концентрации жидкости в газе» (функция заполнения VOF) для аппроксимации свободной поверхности и уравнение диффузионного переноса

скалярной величины (закон сохранения массы).

Предварительные расчеты показали, что картина обтекания бона является симметричной, поэтому появилась возможность уменьшить вдвое область моделирования рассечением по плоскости симметрии и установкой соответствующего граничного условия. Общий вид расчетной области, расстановка граничных условий и ориентация системы координат представлены на рисунке 1.

Для изучения особенностей структуры потока, обтекающего бон, расчетная область отсекалась продольной вертикальной плоскостью, в которой производилось построение векторного поля скоростей (рисунок 2), а также графиков зависимости алгебраических проекций вектора скорости частиц жидкости на оси системы координат от расстояния перед боновым ограждением (рисунок 3) для поверхностного потока. Эксперимент проводился для скоростей 0,5 м/с, 1,0 м/с и 1,5 м/с. Последнее значение соответствует наиболее вероятной максимальной скорости течения на внутренних водных путях.

Из векторной алгебры известно, что направление вектора и его модуль в трехмерном пространстве можно определить, если известны проекции на оси системы координат. Проведенные эксперименты свидетельствуют о том, что расстояние, на котором сказывается влияние бона на структуру набегающего потока зависит от скорости течения и составляет восемь осадок бона для скорости течения 1,5 м/с, шесть осадок для скорости течения 1,0 м/с и пять осадок – для 0,5 м/с.

Разрыв графиков алгебраических проекций вектора скорости при прохождении оси абсцисс через стенку бона связан с наличием стенки на пути следования потока с условием непротекания. Переход проекции V_x в отрицательную область после бона обусловлен образованием зоны возвратного течения позади преграды. Анализ векторного поля скоростей поверхностного потока, а также полученные зависимости позволяют выделить участок перед бон, на котором происходит уменьшение скорости по мере приближения к его фронтальной части. В этой зоне поток одинаково направлен с осью OX, и модуль вектора скорости частиц жидкости определяется преимущественно проекцией V_x , на долю V_y и V_z приходится в сумме не более 3% от V_x .

Расчет характеристик в программном комплексе «FlowVision» производится в каждой ячейке сетки, далее при представлении результатов для пользователя выводится среднее значение исследуемой характеристики в указанных ячейках. Для аналитического описания полученных графических зависимостей использовалась демонстрационная версия программы «FindGraph 1.923», в которой реализован метод наименьших квадратов для получе-

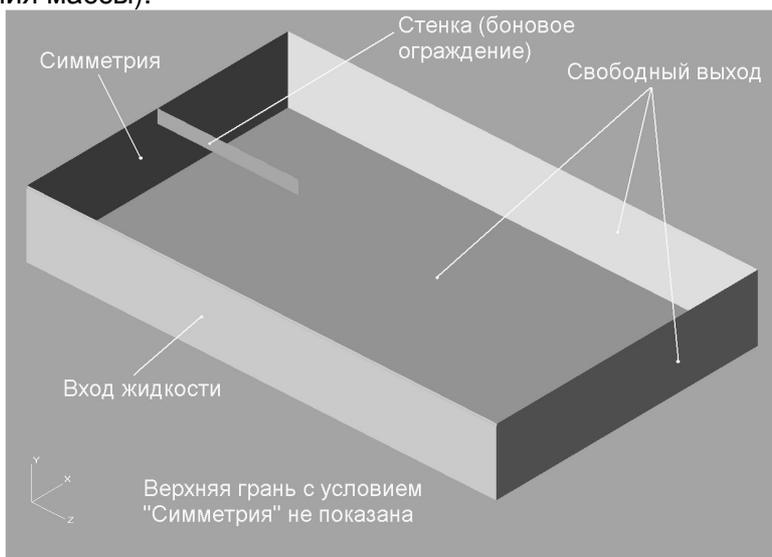


Рисунок 1 – Общий вид расчетной области, граничные условия

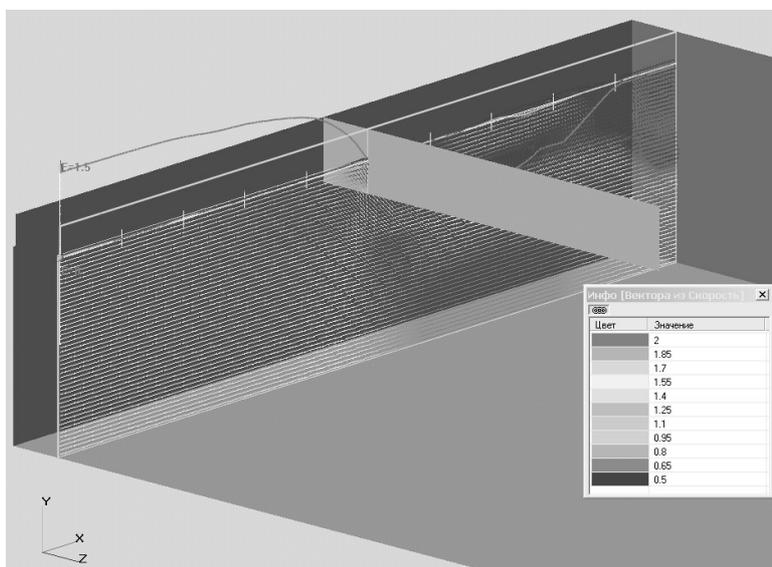


Рисунок 2 – Слои визуализации для оценки структуры потока

ния аналитического выражения нелинейных функций.

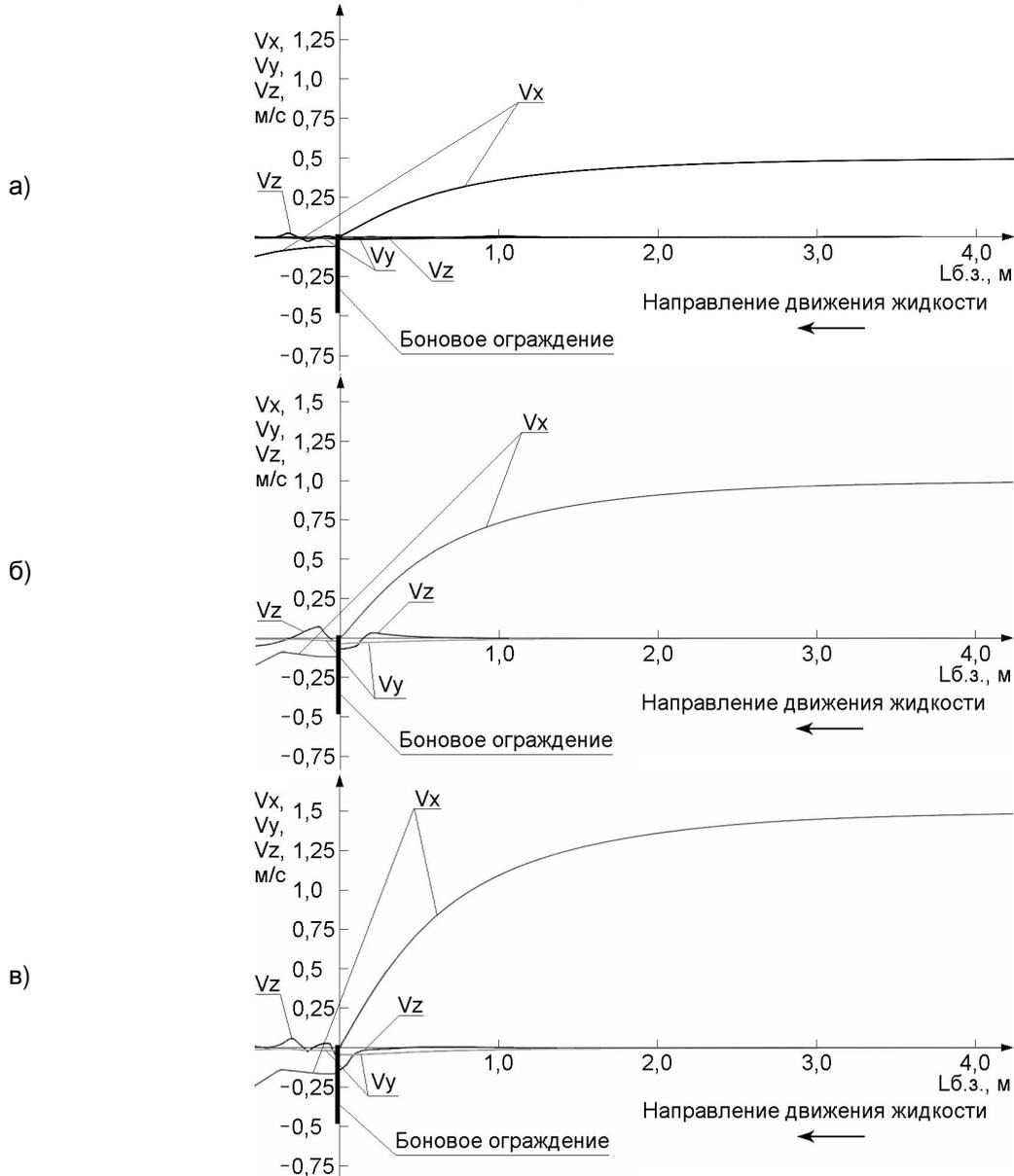


Рисунок 3 – Графики зависимости алгебраических проекций вектора скорости набегающего потока жидкости на оси системы координат от расстояния перед боновым ограждением: а) скорость течения 0,5 м/с; б) скорость течения 1,0 м/с, в) скорость течения 1,5 м/с

Наиболее удачным вариантом аналитического описания полученных графиков алгебраических проекций вектора скорости V_x является экспоненциальная зависимость. В общем случае выражение для определения V_x набегающего на бон поверхностного потока воды, м/с, можно записать в следующем виде:

$$V_x = a[1 - \exp(-b \cdot L_{б.з.})], \quad (1),$$

где a, b – константы, определяемые в FindGraph для данного значения скорости течения жидкости в водоеме;

$L_{б.з.}$ – расстояние перед боновым ограждением, м.

Полученные значения коэффициента a для рассматриваемых случаев очень близки к скорости течения в водоеме $V_{теч}$. Одной из особенностей программы «FindGraph» является возможность при «фиксированном» значении коэффициентов найти величину достоверности аппроксимации R^2 .

На значительном удалении от бонового ограждения, за пределами зоны его влияния, значение V_x будет равно $V_{теч}$. Поскольку разница между найденным в «FindGraph 1.923» коэффициентом a и скоростью течения в водоеме $V_{теч}$ составляет не более 1 %, для упроще-

ния записи выражения (1) было решено «зафиксировать» a равным $V_{\text{теч}}$ и определить R^2 . Результаты представлены в таблице.

Таблица – Значение величины достоверности аппроксимации R^2 при аналитическом описании функции V_x поверхностного потока жидкости в виде (1).

Скорость течения в водоеме $V_{\text{теч}}$, м/с	Коэффициенты		Величина достоверности аппроксимации, R^2
	a	b	
0,5	0,5	1,2597	0,9989
1,0	1,0	1,3239	0,9991
1,5	1,5	1,3040	0,9992

Высокие значения R^2 позволяют записать выражение (1) в виде

$$V_x = V_{\text{теч}} [1 - \exp(-b \cdot L_{\text{г.з}})], \quad (2),$$

где $V_{\text{теч}}$ – скорость течения жидкости в водоеме, м/с.

Найденная аналитическая зависимость (2), позволяет проводить дальнейшие исследования по оптимизации характеристик нефтесборного устройства в расчетной области значительно уменьшенных размеров, отказавшись от введения в нее геометрии бонового ограждения, а учет его влияния производить граничным условием входа жидкости. Таким образом становится возможным снизить в несколько раз время расчета на персональной ЭВМ характеристик, определяющих эффективность нефтесборного устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Кормак, Д.** Борьба с загрязнением моря нефтью и химическими веществами: пер. с англ. / Д. Кормак. -М.: Транспорт, 1989. -365 с.

2 **Нунупаров, С.М.** Предотвращение загрязнения моря с судов: учеб. пособие для вузов / С.М. Нунупаров. -М.: Транспорт, 1985. -288 с.

3 Режим доступа: www.ohmsett.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтесборное устройство; разливы нефти

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Якубов Артем Валерьевич, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

РАЗДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕФТЯНОЙ СМЕСИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ С СУДОВ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

М.В. Игонина, В.Л. Этин

Предложена схема разделения водонефтяной смеси, образующейся при ликвидации эксплуатационных разливов нефти с судов с помощью судового проточного сорбционного аппарата.

В настоящее время по внутренним водным путям (ВВП) России осуществляется транспортировка, перегрузка и хранение более 30 млн. т нефти. Судовой ход проходит по рекам и водохранилищам, которые имеют рыбохозяйственное значение и являются источниками водоснабжения населения многих жилых поселков и городов.

Операции с нефтепродуктами относятся к тем областям человеческой деятельности, где наибольшее внимание уделяется безопасности (в том числе экологической) проводимых работ. Но даже новейшие технологии не в состоянии полностью исключить утечки и аварии с разливами нефти при перевозке, перегрузке и хранении нефтепродуктов и нефтеотходов.

По статистике на внутренних водных путях до 80% разливов нефти с судов и других объектов водного транспорта не превышают 10 т. Такие разливы, согласно «Положению по расследованию, классификации и учету транспортных происшествий на внутренних водных путях РФ» (утв. Приказом №221 от 29.12.2003 г.), классифицируются как «эксплуатационные происшествия» (в дальнейшем «эксплуатационные разливы») и могут быть устранены силами экипажа.

В настоящее время технология ликвидации эксплуатационного разлива нефти (ЛЭРН) силами экипажа подразумевает локализацию пятна боновыми ограждениями, нанесение

сорбента в зону разлива и сбор насыщенного нефтью сорбента. Однако эта технология имеет ряд недостатков и в реальных погодных условиях малоэффективна. Существует масса трудностей, связанная с подачей сорбента на пятно и последующим его сбором. Как показывает практика, в ветреную погоду невозможно нанести сорбент равномерно на пятно, а волнение и течение не позволяют полностью его собрать, что практически сводит к нулю эффективность данного метода на ВВП в условиях быстрых течений.

Альтернативой данному способу борьбы с эксплуатационными разливами нефти является использование высокопроизводительных нефтесборных устройств и прием собираемой водонефтяной смеси на борт судна, с которого произошла утечка. Однако объем собранной водонефтяной смеси в несколько раз (до 10 раз) превышает объем пролитой нефти. Поэтому на судах, где вероятность эксплуатационного разлива достаточно высока, для применения этого способа требуется установка дополнительных емкостей в корпусе судна. Однако размещение таких цистерн на небольших речных судах, используемых, например, в качестве бункеровщиков, просто невозможно, так как приводит к существенному снижению грузоподъемности судна (до 30%) и связанным с этим экономическим потерям.

Выходом из данной ситуации может служить разделение водонефтяной смеси непосредственно на судне в момент ее сбора с поверхности водоема и одновременным сбросом очищенной воды за борт, а выделенной нефти в сборную цистерну на судне [1].

Однако использование существующих судовых сепараторов нефтесодержащих подсланевых вод для разделения водонефтяной смеси, образующейся в условиях ЛЭРН малоэффективно, так как они имеют большие габариты или низкую производительность из-за применения сложной многоступенчатой технологии, предназначенной для разделения многокомпонентной по составу и низкоконцентрированной по нефти подсланевой водонефтяной смеси.

В отличие от судовых подсланевых вод, водонефтяная смесь, образующаяся при ЛЭРН, имеет большее содержание нефти, однако это уже не смесь нефтепродуктов с разными свойствами, а смесь относительно чистой заборной воды и конкретного вида нефтепродукта. В связи с этим, согласно существующей классификации методов разделения водонефтяной смеси [2] в зависимости от содержания в ней нефти, авторами данной статьи предложена схема разделения ВНС, образующейся при ЛЭРН на судне (рис. 1). Основным отличием предложенной схемы от схемы, существующей в настоящее время, является наличие судового аппарата для разделения водонефтяной смеси.

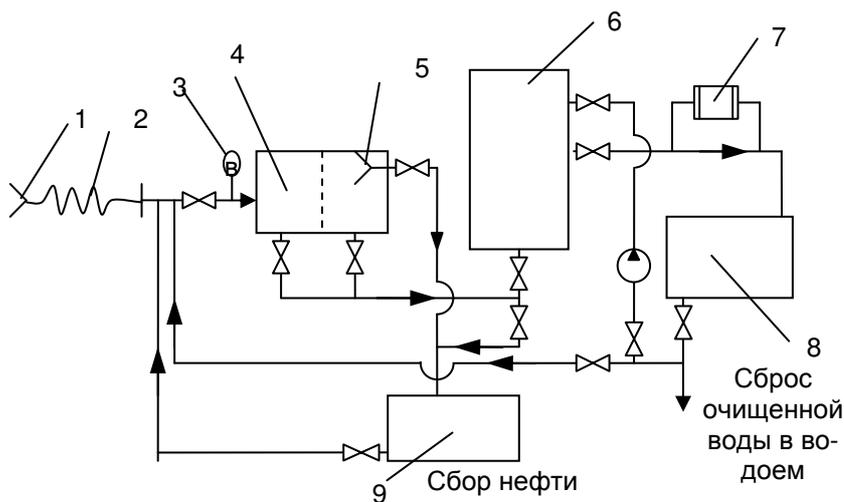


Рисунок 1 – Принципиальная схема разделения ВНС: 1-скиммер; 2-гибкий шланг; 3-вакуумметр; 4-вакуум-баллон; 5-отвод всплывшей нефти в сборную емкость; 6-аппарат для разделения ВНС; 7-сигнализатор нефтесодержания; 8-емкость сбора чистой воды; 9-емкость для сбора нефтешлама

Забор нефти с поверхности воды производится вакуумным способом с помощью всасывающей насадки. Нефть, а также захваченная насадкой вода поступают в вакуум-баллон, работающий от судовой системы сжатого воздуха, который для интенсификации процесса сбора нефти может быть выполнен двухкамерным, непрерывного действия. При этом одна секция работает на забор нефти с поверхности воды, а другая – на напорную подачу смеси в очистное устройство, что позволяет избежать использования насосов для подачи смеси в аппарат. В вакуум-баллоне происходит первичное расслоение нефти и воды [3], так что верхний слой нефти может быть сразу удален в емкость для сбора нефти. Нижний слой воды, насыщенный эмульгированной нефтью, подается в сорбционный аппарат для отделения нефти и глубокой очистки воды до норм сброса.

Аппарат для разделения смеси представляет собой фильтр (или группу фильтров – в зависимости от требуемой производительности) с сорбционной загрузкой, в качестве которой могут быть использованы известные эластичные полимерные сорбенты. Кроме того, авторами доказана возможность использования для этих целей более дешевых материалов в виде отходов текстильного синтепона и высокоэластичного поролонна.

Проведенные исследования позволили обосновать способ регенерации сорбента. Он представляет собой двукратный отжим внутри фильтра с промежуточной промывкой количеством воды, равным объему пор сорбента.

Такой сорбционный фильтр для разделения высококонцентрированной ВНС работает по принципу «губки», впитывая нефть в режиме фильтрации и отдавая ее при отжиме. Поскольку входные концентрации нефти и скорость фильтрации смеси высоки, то, как показали экспериментальные исследования, фильтроцикл такого аппарата будет измеряться не в сутках, и не в часах, как у обычных фильтров, а в минутах. Поэтому его можно назвать «короткоцикловым».

В соответствии с предложенной схемой разработана методика проектирования подобных судовых проточных аппаратов для разделения водонефтяной смеси, образующейся при ЛЭРН, которая была использована при подготовке технической документации по оснащению бункеровщика проекта Р-135 комплектом по борьбе с разливами нефти в соответствии с Правилами Российского Речного Регистра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Этин, В.Л.** Проблема разделения водонефтяной смеси, образующейся при ликвидации разливов нефти на внутренних водных путях / В.Л. Этин, М.В. Игонина // Развитие транспорта в регионах России: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 5 марта 2007 г. - Киров, 2007. -С. 87-89.

2 **Жигульский, В.А.** Теоретическое обоснование технологии переработки смеси воды и нефтепродуктов при ликвидации аварийных разливов / В.А. Жигульский, В.И. Решняк // Материалы конференции НГАШ-2006. -Мурманск, 2006. -С. 157-159.

3 **Брусельницкий, Ю.М.** Судовые устройства очистки трюмно-балластных вод от нефтепродуктов / Ю.М. Брусельницкий. -Л.: Судостроение, 1966. -201 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разделение водонефтяной смеси; ликвидация разлива нефти
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Игонина М.В. аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»
Этин В.Л., докт. техн. наук, профессор ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

МИКРОКЛИМАТ В КАБИНЕ ЛОКОМОТИВА

ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

**А.М. Худоногов, Д.В. Коноваленко, Д.А. Оленцевич,
В.В. Сидоров, Е.М. Лыткина**

Предложены новый метод и средство повышения работоспособности локомотивных бригад путём ионизации воздуха в кабине локомотива биологически активными веществами

Анализ причин отстранения от рейсов работников локомотивных бригад по итогам предрейсовых медицинских осмотров (ПРМО), проведенный Российской Медицинской Академией Последипломного образования (РМАПО) [1] за 20 летний период (1986-2006 гг.) показал, что на протяжении этого срока основными причинами отстранения от рейсов работников локомотивных бригад являлись заболевания органов дыхания и болезни системы кровообращения. Среди болезней органов дыхания преобладали грипп и острые респираторные заболевания (ОРЗ) (более 40 % всех случаев отстранения). Однако в приведенной статистике не указаны причины возникновения этих заболеваний.

Проблема управления состоянием здоровья локомотивных бригад по своей значимости в настоящее время занимает ведущее положение в ОАО «РЖД». Ежегодные убытки компании в результате отстранения от рейсов работников локомотивных бригад исчисляются огромными суммами.

Одной из существенных причин возникновения заболеваний органов дыхания и болез-

ней системы кровообращения (более 80% всех случаев отстранения по этим видам заболеваний) следует считать неудовлетворительный микроклимат в кабине машиниста.

При создании локомотивов нового поколения в России этой проблеме стали уделять больше внимания. Было принято специальное Постановление от 30 мая 2003 г. №112 «Санитарные правила по проектированию, изготовлению и реконструкции локомотивов и специального подвижного состава железнодорожного транспорта. СП 2.5. 1336-03», в которых изложены основные требования к параметрам микроклимата в кабинах управления локомотивом и специального подвижного состава. В этих требованиях регламентируются следующие параметры микроклимата: температура воздуха; перепад температур воздуха по вертикали; перепад температур воздуха по горизонтали; температура пола; температура стен; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха. Безусловно, поддержание оптимального температурно-влажностного режима в кабине машиниста при помощи специальных систем микроклимата позволят значительно снизить уровень заболеваний и отстранения от рейсов работников локомотивных бригад. Однако наряду с физическими свойствами окружающей среды в кабине управления локомотивом на физиологическое состояние машиниста большее влияние оказывает химический состав воздуха.

В 1928 г профессором Б.П. Токиным были открыты фитонциды. Фитонциды – один из важнейших регуляторов химического состава воздуха. Они повышают содержание в нем отрицательных ионов (например, в лесу их содержание в 5-10 раз выше, чем в воздухе больших городов), благоприятно действующих на человека, и снижают количество вредных положительных ионов. Фитонциды увеличивают биологическую активность кислорода воздуха. Но этим роль фитонцидов не ограничивается: они также способствуют оседанию пылевых частиц, уменьшают электрический показатель загрязненности воздуха и обезвреживают присутствующие в нем микроорганизмы. Современная наука доказала, что летучие фитонциды могут усваиваться легкими, они являются поставщиками необходимых для организма витаминopodobных и гормоноподобных веществ, а также компонентов, идущих на построение биологических комплексов. Современная наука точно определила состав воздуха. Выяснилось, что ценность воздуха определяет не только процентное содержание в нем кислорода, углекислоты, азота, других газов и их соотношение. Содержание в свежем воздухе небольших, порой незначительных включений аэроионов, фитонцидов и других биологически активных веществ очень важно для самочувствия, настроения, работоспособности человека, и для его здоровья. Уже доказано, что нехватка чистого воздуха, вернее, нехватка биологически активных компонентов и фитонцидов отрицательно сказывается на сопротивляемости организма человека.

В естественных условиях лиственные и особенно хвойные деревья выделяют фитонциды. Один гектар соснового бора выделяет в атмосферу за сутки около 5 кг летучих фитонцидов, снижая количество микрофлоры в воздухе. Поэтому в хвойных лесах (особенно в кедровниках), вне зависимости от географической широты и близости населённых пунктов, воздух практически стерилен (содержит лишь около 100-300 бактериальных клеток на 1 м³), что представляет интерес для гигиенистов, курортологов, специалистов по охране здоровья широких кругов населения. Ученые Института леса и древесины Сибирского отделения АН СССР изучали фитонцидные свойства различных типов лесов сибирской тайги [2]. Выявлено, что наибольшая фитонцидная активность наблюдается у деревьев хвойных пород в июле-августе. Было также установлено, что этот процесс зависит от времени суток, освещенности, температуры окружающего воздуха и других факторов. Самая высокая активность наблюдается с 13 до 15 часов дня. Как известно, этот период времени совпадает с наиболее высокой прозрачностью атмосферы для солнечного излучения и наиболее высокой интенсивностью потока излучения на поверхности Земли.

В годовом ходе максимум суммарной и прямой радиации на горизонтальную поверхность в большей части территории Иркутской области приходится на июль. Интенсивность солнечного излучения колеблется в летний период от 0,5 до 0,8 кВт/м². При этом наиболее высокие показатели по интенсивности излучения наблюдаются в высокогорных районах Восточного Саяна и на побережье оз. Байкал. Именно в этих зонах воздух обладает наиболее целебными качествами. В настоящее время проводятся исследования по созданию технологии и техники заготовки фитонцидов, полученных в естественных условиях. Работы эти находятся в начальной стадии.

Освоение искусственных технологий получения фитонцидов из отходов переработки древесины при помощи управляемого электромагнитного излучения инфракрасного диапа-

зона были начаты в 70-е годы прошлого века [3]. С экологических позиций надо было изыскать такие принципы, методы и средства для выбора сырья растительного происхождения, выделения из него фитонцидов, которые могли бы имитировать процесс выделения фитонцидов в естественных условиях. А, как известно, в естественной солнечной радиации 90% занимает электромагнитное излучение инфракрасного диапазона. Этим и был в основном обусловлен выбор искусственного источника электромагнитного излучения.

На рисунке приведен прибор ИК-АЭРОФИТ, изготовленный нами в лабораторных условиях Иргупс. Прибор состоит из трёх основных узлов. Инфракрасного (ИК) излучателя, камеры для размещения растительного материала и системы вентиляции. Этот прибор позволяет имитировать природный фитоорганический фон леса в кабине машиниста. В зависимости от исходного растительного материала помещённого в камеру ИК-АЭРОФИТа в кабине машиниста можно имитировать природный фитоорганический фон кедрового бора, соснового бора, пихтового бора, елового бора, смешанного леса и другой природный фон.



Рисунок – Прибор ИК-АЭРОФИТ

ОАО «РЖД», лишившись ВНИИЖГ, потеряло свою научно-практическую структуру, которая могла бы осуществлять координацию исследований по внедрению этого метода и средства для оздоровления и повышения работоспособности работников локомотивных бригад. Необходимость в создании или восстановлении такой структуры очевидна с целью повышения безопасности движения поездов в «звене человек» путем внедрения новых методов и средств повышения работоспособности локомотивных бригад.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Алпаев, Д.В.** Анализ причин отстранения от рейсов работников локомотивных бригад по итогам предрейсовых медицинских осмотров. Безопасность движения поездов / Д.В. Алпаев // Труды VIII научно-практической конференции. -М., 2007. -Ч.2. -С. X-2.

2 **Фитонциды. Эксперимент. Исследования, вопросы теории и практики.** -К., 1975. -С. 81-84.

3 **Худоногов, А.М.** Интенсификация процесса выделения фитонцидов из растительного сырья / А.М. Худоногов // Вестн. сельскохоз. науки. -1991. -№8. -С. 124-125.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроклимат в кабине локомотива; ионизация воздуха

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Худоногов Анатолий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ГОУ ВПО «Иргупс»

Коноваленко Даниил Викторович, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «Иргупс»

Оленцевич Дмитрий Андреевич, аспирант ГОУ ВПО «Иргупс»

Лыткина Екатерина Михайловна, инженер ГОУ ВПО «Иргупс»

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЯ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»

В.Г. Ляпин

Сформулированы принципы создания системы электродов для электротехнологических применений и измерения электромагнитных свойств растительных объектов, к которым подведение электрического воздействия к внешней физической границе и отведение электрической реакции осуществляется без электрического зондирования их внутренних составных частей. Рассматриваемые объек-

ты относятся к классу пассивных двухполюсников.

Систематизация методов и техники электрического воздействия на растительные объекты (РО) весьма затруднительна и существуют различные подходы к классификации многообразной и разнотипной электровоздействующей аппаратуры (ЭВА), например: по типу используемого тока (постоянный, переменный); по физическим факторам, с помощью которых осуществляется воздействие на РО (таблица); по эффекту воздействия (механическое, тепловое, физико-химическое, информационное и т.д.). Однако наиболее общим классификационным признаком ЭВА является функциональное действие: для электротехнологических применений (ЭТП) – вид подводимого технологического напряжения U_m к обрабатываемым РО; для измерения свойств РО – вид контролируемого сигнала. По режимам работы ЭВА используются на постоянном и переменном токе, низкочастотные и высокочастотные, низковольтные и высоковольтные, подключаемые при снятых токовых нагрузках и пр. Обобщенная структурная схема для всего многообразия методических и аппаратных средств электрического воздействия на РО представлена на рисунке 1, эквивалентная схема электрода и межконтактной связи – на рисунке 2.

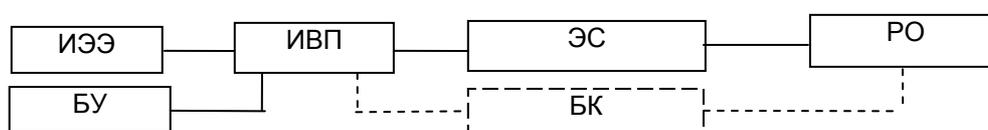


Рисунок 1 – Структурная схема ЭВА на РО: ИЭЭ-источник электрической энергии; ИВП-источник вторичного питания; БУ-блок управления; БК-блок контроля; ЭС-электродная система; РО-растительный объект

Именно контактные устройства, устройства сопряжения, средства согласования и передачи воздействия или электродные системы (ЭС) имеют особое значение для подведения электрического воздействия в РО и отведения электрической реакции. Основная цель работы – сформулировать принципы создания ЭС для ЭТП и измерения электромагнитных свойств РО, построенной на современной элементной базе и использующей в качестве среды передачи управляющих команд и сигналов обратной связи (контроль) каналы информационного обмена. В данном контексте под РО понимается целостный организм, система органов, отдельный орган, ткань, клеточная система, отдельная клетка к которым возможны подведение электрического воздействия к внешней физической границе этих объектов и отведение электрической реакции без электрического зондирования каких либо их внутренних составных частей. В определенном смысле рассматриваемые РО относятся к классу пассивных двухполюсников (см. рисунок 1 и 2).

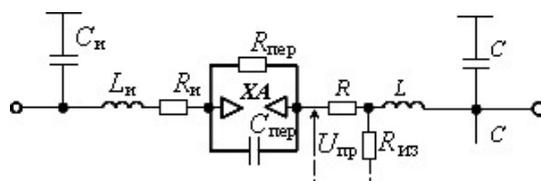


Рисунок 2 – Эквивалентная схема электрода и межконтактной связи: R_u, L_u, C_u - активная составляющая сопротивления, индуктивность и паразитная емкость цепи РО относительно земли; C - паразитная емкость контактного элемента (КЭ); $R_{из}, U_{из}$ - сопротивление изоляции и испытательное напряжение между КЭ; $R_{пер}, C_{пер}$ - переходное сопротивление и межконтактная емкость между КЭ и контактной зоной РО; L, R - индуктивность и активное сопротивление КЭ

Классификация электрического воздействия на РО по характеристикам физического фактора, представлена в таблице.

Источник действующего фактора ЭВА, роль которого выполняет ИВП (см. рисунок 1), является промежуточным звеном между ИЭЭ – основным источником питания или сетью и ЭС, отличающейся от традиционных коммутирующих [1] устройств (соединителей, переключателей, реле и т.п.) принципом работы, конструкцией, основными параметрами и условиями эксплуатации, при которых «подключение» необходимо осуществлять к РО, как правило, не предусматривающим присоединение методами пайки, сварки, накрутки, обжима объекта

и др. В рассматриваемых ЭС, как и в контактных устройствах для контроля изделий микроэлектроники [2], контактные элементы (КЭ) ХА (см. рисунок 2) многократно механически соприкасаются и электрически «подключаются» к меняющимся контактным зонам РО, в результате которых изменяются электрические и конструктивные параметры ЭС и ее элементов.

Таблица – Классификация электрического воздействия на РО

Основной фактор, действующий на РО	Ввод фактора в РО	Характеристика фактора	Режим действия фактора
Электрический ток	Контактно через электроды	Постоянный ток	Непрерывный
		Импульсы одной полярности	Импульсный
		Переменный ток низкой и средней частоты	Непрерывный, импульсный
		Переменный ток высокой и сверхвысокой частоты	
Электромагнитное поле (ЭМП)	Без электродного контакта	Постоянное электрическое поле	Непрерывное
		Электрическая составляющая ЭМП	Непрерывное, импульсное
		Магнитное поле постоянное или переменной низкой частоты	
		Магнитная составляющая поля индукции	
		ЭМП индукции	
		ЭМП излучения	

Для технологических [3, 4] и измерительных [5, 6] применений используется большое количество электродов и ЭС различных видов, типов, параметров и конструкций, которые позволяют подводить напряжение к РО и регистрировать потенциал, ток, сопротивление. Некоторые типы ЭС для ЭТП приведены в [3, 4, 7, 8]. Измерительные КЭ можно дифференцировать по способу крепления (на прижимах, с помощью пластырей, в виде клипс и прищепок и пр.). Кроме того КЭ классифицируются по характеру и величине контактного усилия, климатическим и механическим воздействиям, конструктивному исполнению (пластинчатые, стержневые, струнные, тросовые, цилиндрические, конусные, многозондовые и пр.), форме зоны соприкосновения (точечные, сферические, полусферические, линейные, линейно-конусные, со срезанными кромками, многоточечные, в виде плоскости с насечкой и др.), виду коммутационных соединений с ИВП (монтажный провод соединен с КЭ с помощью пайки, сварки и др.), электрическим параметрам. С точки зрения уточнения требований можно классифицировать КЭ по степени проводимости: проводящие (обратимые, пористые, металлические), с низкой проводимостью (резистивные, резистивно-ёмкостные), непроводящие (со структурой МПД, ёмкостные).

Установлено, что работа ЭТК сопровождается разрядами статического электричества, коммутациями токов в индуктивных цепях, переходными процессами в цепях высокого напряжения, короной на электродах, искровыми пробоями в ЭС, воспламенением изоляции (рисунок 3). Возникающие вышеперечисленные явления приводят к структурным и химическим изменениям в поверхностных слоях электродов. Поэтому обеспечение надежности работы, исключение электрического пробоя между электродами выполняются ограничением напряженности ЭМП в ЭС, плотности тока на электродах и надлежащим выбором материала электродов.

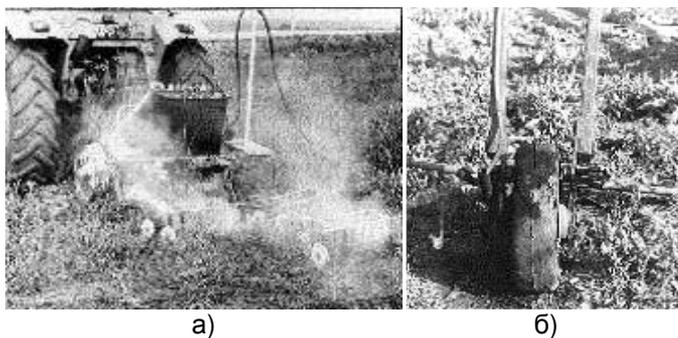


Рисунок 3 – Задымление и воспламенение ЭС с копирующими поверхность почвы пластинчатыми (а) и стержневыми (б) электродами

Итак, оптимальное взаимодействие РО с ЭМП – основное звено функциональной цепочки ЭВА. Определяющими для ЭС ЭВА являются вольтамперные характеристики, улучшение которых обусловлено рациональным выбором соотношений геометрии ЭС, их массогабаритных показателей. Характерным условием работы электродов ЭВА является их износ вследствие электрохимической коррозии металлов, что требует анализа, учета и исследования их прочностных и надежностных показателей. Подвижные ЭС должны обладать уни-

кальными техническими свойствами: высокой коррозионной устойчивостью, прочностными, электропроводящими свойствами, высокой устойчивостью к истиранию.

Функциональное совершенство и надежность информационного и электротехнологического оборудования в значительной мере определяется работой ЭС. Исходя из задач технического прогресса необходимо разработать теоретические основы конструирования ЭС, устойчивых к механическим воздействиям и отличающихся электромагнитной совместимостью, «коммутационными» возможностями и быстродействием, сформулировать принципы конструирования. Необходимо также разработать модели ЭС, учитывающие процессы, происходящие во время «коммутации», и применять их при проектировании на моделях. Поэтому одно из направлений работ в области электротехнологии и электробиологии – создание моделей среды распространения ЭМП между электродами как базы для инженерных расчетов, разработки аппаратов и оборудования. Учитывая многообразие конструкций ЭС для технологических и информационных применений необходимо обеспечить единую конструктивную базу принимаемых технических решений в целях унификации основных узлов, которая должна охватывать весь класс однотипных ЭС.

Составные элементы ЭС должны быть рассчитаны и сконструированы таким образом, чтобы их технические характеристики в условиях нормальной эксплуатации отвечали требованиям надежности и безопасности для людей и окружающей среды. При проектировании ЭС важными являются: выбор расположения и количества электродов; обеспечение требуемого переходного сопротивления и межконтактной емкости между КЭ и контактной зоной РО; выбор типа электродов, проводников и прочих конструктивов, их материалов, формы и размеров. К требованиям к качеству электродов, которые должны обеспечить длительный срок их эксплуатации и стабильность технических параметров относятся: достаточная механическая прочность материала, используемого для электродов, проводников, зажимов и изоляторов; электрическая и термическая устойчивость к токам, протекающим через них в РО и почву; высокая коррозионная стойкость в различных средах (РО, почвы, осадки и пр.). При выборе электродов для ЭТП должны учитываться: контактные и коррозионные свойства материала электрода; продолжительность протекания тока и его амплитудное значение; электрические и физические параметры РО, почвы и окружающей среды. Для ЭТП размеры электродов зависят от технологического тока и времени его протекания, для измерений основную роль играют параметры тока. Электроды и проводники ЭТП должны быть изготовлены из материала устойчивого к коррозии, такого как медь, омедненная гальванизованным способом, или нержавеющая сталь. Материал, используемый для электродов, должен быть электрохимически совместимым с материалом соединительных элементов и должен обладать устойчивостью к коррозии в коррозионной атмосфере и влаге.

Итак, ЭС – это совокупность КЭ, определенным образом связанных между собой и ИВП, предназначенных в электротехнологии для подвода U_m к обрабатываемой биосреде, в электробиологии – для снятия информации с контролируемого БО. Параметрами ЭС являются: число фаз, форма, размеры, число и материал электродов, расположение (топология) электродов и расстояние между ними, электрическая схема соединения («звезда», «треугольник», смешанное соединение и т.п.). При расчете ЭС определяют их геометрические параметры, обеспечивающие выделение в обрабатываемой биосреде заданной мощности и исключающие возможность ненормальных режимов. В [9] выражение (7)

$$-\oint_S \bar{P} dS = \int_V \gamma E^2 dV + 2j\omega \int_V \left(\frac{\mu H^2}{2} + \frac{\varepsilon E^2}{2} \right) dV,$$

следует трактовать как уравнение энергетического баланса ЭС ЭТК. Здесь левая часть – это мощность или энергия в единицу времени, доставляемая в виде потока вектора Пойнтинга \bar{P} внутрь объема V БО через замкнутую поверхность S . Правая часть описывает комплексную мощность источников энергии в объеме V или энергию, расходуемую в единицу времени внутри объема. Первое слагаемое в правой части – это мощность джоулевых потерь в биообъеме V , которая и обеспечивает технологический эффект электрокультивации.

При заданном U_m ИВП, т.е. напряжении между электродами, мощность ЭС ЭТК определяется сопротивлением фазы z_ϕ , которое представляет собой комплексное сопротивление биосреды и приэлектродного пространства между электродами, образующими фазу, а также сопротивление электрода z_3 . Общую мощность трехфазной ЭС при соединении треугольником S_Δ (рисунок 4) или звездой S_Y можно рассчитать по формулам

$$S_{\Delta} = \frac{3U_n^2}{(z_{\phi} + z_s)} \text{ или } S_{\gamma} = \sqrt{\frac{3U_n^2}{(z_{\phi} + z_s)}},$$

где U_n – линейное выходное напряжение ИВП.

Для сложных ЭС зависимость $(z_{\phi} + z_s)$ от геометрических параметров выразить трудно. Размеры электродов, обеспечивающие необходимое значение $(z_{\phi} + z_s)$, могут быть рассчитаны, если известно аналитическое описание электромагнитного поля (ЭМП) между электродами, а также параметры, характеризующие в пространстве и во времени электрофизические свойства биосреды. Очевидно, что ЭМП в ЭС многомерное и весьма сложное. Аналитически описать ЭМП в сравнительно простом виде можно лишь для ограниченного числа случаев, когда есть возможность без больших погрешностей заменить реальные многомерные поля двумерными плоскопараллельными.

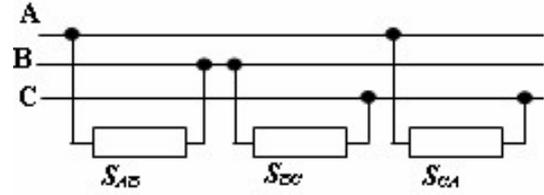


Рисунок 4 – Схема включения нагрузки ЭТК (S_{AB} , S_{BC} , S_{CA} - приэлектродное пространство, почва, ткани наземной и корневой систем растений) на линейные напряжения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Контактные системы** / В.В. Осташевичус [и др.]. -Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1987. -279 с.
 - 2 **Шабанов, А.А.** Контактные устройства для контроля изделий микроэлектроники / А.А. Шабанов, Р.Р. Хамидуллин. -М.: Радио и связь, 1985. -128 с.
 - 3 **Современные энергосберегающие электротехнологии** / Ю.И. Блинов [и др.]. -СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. -548 с.
 - 4 **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология / Л.А. Баранов, В.А. Захаров. -М.: Колос, 2006. -344 с.
 - 5 **Попечителев, Е.П.** Электрофизиологическая и фотоэлектрическая медицинская техника / Е.П. Попечителев, Н.А. Корневский. -М.: Высш. шк., 2002. -470 с.
 - 6 **Орлов, Ю.Н.** Электроды для измерения биоэлектрических потенциалов: учеб. пособие / Ю.Н. Орлов; под ред. И.С. Щукина. -М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. -224 с.
 - 7 **Ляпин, В.Г.** Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. -Новосибирск, 2000. -106 с.
 - 8 **Ляпин, В.Г.** Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью в приложениях / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. -Новосибирск, 2000. -240 с.
 - 9 **Ляпин, В.Г.** Поглощение электромагнитной энергии в растительной ткани / В.Г. Ляпин, А.И. Инкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2002. -№11. -С. 6-8.
- КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Электроды; свойства растительных объектов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Ляпин Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАУ»

К СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ В РАСТЕНИЯХ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ

ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»

В.Г. Ляпин

Описано действие электромагнитного поля электротехнологической установки на растения и факторы (воздействия), непосредственно повреждающие клеточные структуры. Выявлены специфичность реакции биологических систем растения при электрическом повреждении: прекращение и возобновление функционирования, частичное разрушение и восстановление структуры, гибель.

Тенденцией развития современных электротехнологий является продвижение в эту сферу электроники, повышение надежности и технологичности оборудования при уменьше-

нии веса и габаритов, рост требований к уровню преобразуемой мощности. Этому способствует прогресс твердотельной технологии, который привел к созданию новых типов электронных приборов и к возможности проектирования схем и систем в полупроводниковом и гибридно-интегральном исполнении. При этом анализ и синтез разрабатываемых электротехнологий [1, 2], а также устройств и систем на их основе (электротехнологических установок – ЭТУ), должны быть более детальными и точными. Необходимость учета большого числа факторов обусловленных спецификой электротехнологий и большая сложность ЭТУ (рисунок 1) порождают проблему разработки методологической, математической и программной основы их эффективного и качественного проектирования.

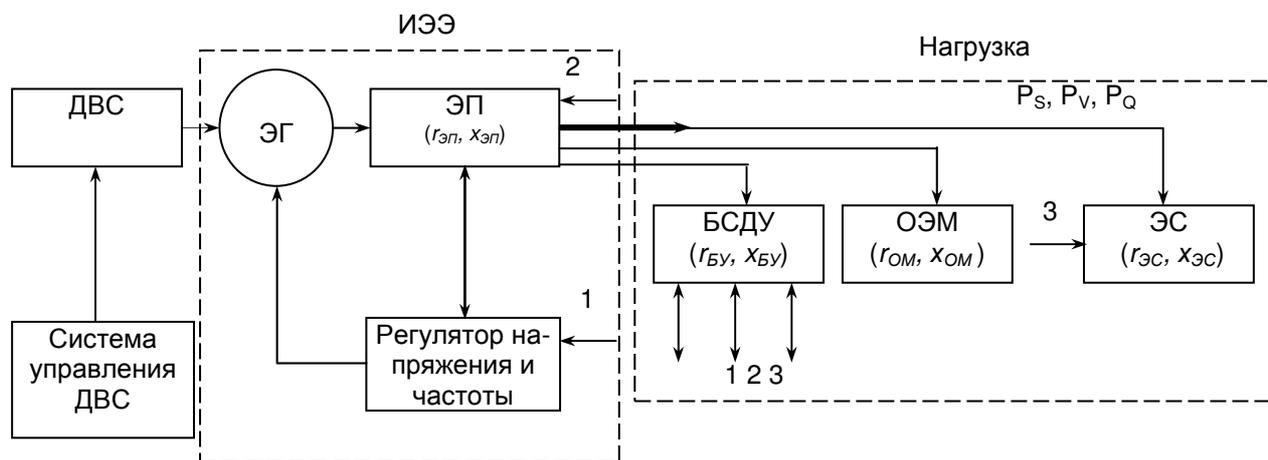


Рисунок 1 – Структурная схема мобильной ЭТУ: ДВС-двигатель внутреннего сгорания; ИЭЭ-источник электрической энергии; ЭГ-электрический генератор; ЭП-электропреобразователь; БСДУ-бортовая система диагностики и управления; ОЭМ-отбор электрической мощности; ЭС-электродная система

Постановка задачи. Известно, что основное внимание в борьбе с нежелательной растительностью агроценозов, обочин полей и дорог, прибрежных территорий и др. уделяется преимущественно трем группам интегрированных мероприятий – предупредительным (профилактическим), истребительным и специальным, соответственно, и интеграции предупредительных, агротехнических, фитоценологических, биологических, химических и других методов снижения численности и вредоносности этих растений (в таблице 1 приведены методы снижения численности и вредоносности сорной растительности в системах земледелия). Реализуются эти мероприятия посредством физических, механических, химических, биологических, фитоценологических, экологических, организационно-хозяйственных и комплексных мер борьбы с нежелательными растениями.

Примерами эффективного фитоценологического средства являются севооборот, основанный на принципах плодосмена, а также биологическое заглушение сорняков сортами и гибридами за счет опережения по темпам развития, мощности роста и синтезу органического вещества. Примером применения физического метода является повышение температуры в штабеле навоза, которое ведет к утрате жизнеспособности семян и корневищ. Очистка семян от сорняков на семяочистительных машинах также связана с физическими процессами, так как учитывает физические свойства семян.

Одним из электрофизических способов, оказывающих структурно-функциональные изменения в биологических тканях при воздействии электромагнитного поля (ЭМП), является использование электрического тока для уничтожения нежелательной растительности - электрокультивация [3, 4], цель которой, как и других мер в защите растений - снизить численность вредных объектов, одновременно защитив культуру и полезные организмы, не в ущерб генетическим ресурсам и биологическому разнообразию. Электрокультивация должна учитывать метеорологические процессы (температуру, влажность и др.), физико-химические свойства почвы и растений, а ЭТУ в зависимости от вида, типа и своего назначения обязана обеспечивать в течение своего технологического цикла основные агротехнические показатели процесса борьбы с нежелательной растительностью.

В системе «ИЭЭ-нагрузка» ЭТУ (см. рисунок 1) [2, 3] используются устройства различного функционального назначения (согласующие, корректирующие, частотно-разделительные,

фильтрующие и др.), которые наряду с выполнением своих функций должны обеспечивать передачу максимальной мощности P_s, P_v, P_o в объект обработки – растительные ткани. Задача согласования ИЭЭ и нагрузки, ЭП и объекта обработки в ЭМП ЭС является сложной в теоретическом плане, но ее решение представляет большую практическую значимость, так как позволяет обеспечить оптимальное построение ЭП и ЭС на этапе проектирования, т.е. с минимальными затратами, за счет наилучшего построения и использования внутренней структуры электрооборудования и электронных устройств ЭТУ.

Таблица 1 – Классификация методов снижения численности и вредоносности сорняков

Группа мероприятий	Цель мероприятий	Меры (методы, способы) борьбы	Характеристика
Предупредительные (профилактические)	Предотвращение ввоза карантинных сорняков, распространения сорняков на полях транспортными и уборочными агрегатами, с посевным материалом и удобрениями	Организационно-хозяйственные	Планирование защиты культур на основе прогноза видового и количественного состава сорняков, разработка технологических карт, приобретение средств защиты растений, обучение кадров, организация учета засоренности и т.д.
Истребительные	Уничтожение сорняков	Физические	Мера связана с физическими процессами и учитывает физические свойства, т.е изменение физических условий среды обитания растений
		Агротехнические	Задачу подавления сорняков выполняют боронование, культивация и др. приемы обработки почвы
		Фитоценологические	Повышение конкурентоспособности культуры в агрофитоценозе
		Биологические	Борьба с сорняками посредством насекомых, бактерий и др. фитофагов и фитопатогенов
		Химические	Применение гербицидов
Специальные	Снижение вредоносности особо опасных и карантинных сорняков	Экологические	Посредством ухудшения условий среды обитания растений

Кроме того, в настоящее время развитие энергетики и электротехнологий, радиотехники и информационных технологий привело к существенному электромагнитному загрязнению окружающей среды. Биологические системы (БС) подвергаются воздействию ЭМП, источниками которых служат электроэнергетические и электротехнологические установки, телевизионные и радиовещательные станции, линии электропередач, бытовая техника, мониторы компьютеров, радары, ЭМП спутникового телевидения, системы мобильной связи и др. Выяснение влияния факторов внешней электромагнитной среды на механизмы структурно-функциональных изменений и адаптации биологического организма, представляют стержневую проблему биологии, биофизики, электротехнологий. Выявленные закономерности реакции БС разного уровня организации при воздействии исследуемых электромагнитных факторов могут быть использованы для разработки новых технологий управления этими системами в разных сферах, в частности стимулирующее или угнетающее действие ЭМП - для целей управления внутриклеточными процессами и кинетикой клеточных популяций в биотехнологических производствах, сельском хозяйстве, включая и защиту растений. Создание электрического макета системы «ЭТУ-растение-почва» позволит проводить измерения и моделирование различных видов электрических повреждений без реальной электрокультивации, поэтому целью работы является теоретико-экспериментальный анализ системных процессов в растительном организме при электромагнитном воздействии и управлении биологическими процессами.

Аналитические исследования. Механизмы действия ЭМП на БС разного уровня организации (ДНК, белки, мембраны, клетки, ткани [5]) сложны и разнообразны, они зависят от природы полей (переменной или постоянной). По характеру факторов, вызывающих повреждение растений, ЭМП ЭТУ можно отнести как вещественно-энергетический, физический (термический), биогенный (он же биотический), информационный, химический, комплексный. Основные механизмы включают в себя ядерно-магнитный резонанс в тканях, подвергнутых

воздействию ЭМП и влияние на состояние спина электронов и их переходов. Кроме того, предполагается, что ЭМП могут воздействовать на глико- и липопротеидные структуры клеточных мембран или оказывать влияние на мембранные рецепторы и ионоселективные внутриклеточные каналы. В электрокультивации в основном приходится сталкиваться с организмами, являющимися кумулятивными приемниками. Степень реакции БС таких биообъектов зависит от совокупности ряда физических факторов: различной спектральной чувствительности к ЭМП; объемной (Дж/м^3) или поверхностной (Дж/м^2) плотности энергии, т.е. от произведения времени-воздействия и облученности (экспозиции – объемной или поверхностной); спектрального состава ЭМП и др.

Известно [5-8], что структурные и функциональные свойства различных БС растения обусловлены многими факторами, в частности разнообразием липидного состава, локализацией и особенностями метаболизма компонентов клеток. В механизмах адаптации и устойчивости к ЭМП определенная роль отводится липидам различных тканей организма и в особенности, принимающим участие как в структурно-функциональной организации клеточных мембран, так и в индукции метаболического ответа. Непосредственное измерение электрофизических свойств БС растения связано со многими трудностями (сложный эксперимент, большие затраты ресурсов и времени и т.п.), а аналитический расчет этих свойств на базе теорий не всегда возможен.

Зависимость электрофизических свойств или биологической активности от структуры растительной ткани, имеющая экспериментальные подтверждения, трудно выражается в количественной форме. Однако в определенных условиях достаточны и приближенные оценки свойства растительных тканей, которые получаются на основе корреляционного соотношения структура-свойство, т.е. уравнения $y = f(x)$, связывающее значения свойства y с количественными характеристиками структуры x . В качестве набора величин x_1, x_2, x_3 могут быть использованы разнообразные характеристики, которые определяются по структуре клеток, тканей или, например, молекулярной структуре – молекулярный вес, число атомов определенного типа, заряды, энергии молекулярных орбиталей и т.п. Вид функциональной зависимости выбирается на основе знаний о механизме свойства растительной ткани.

В работах [3, 4] предложена физическая интерпретация и количественная мера электрического повреждения БС растения, установлено, что степень повреждения ткани зависит как от ее структуры, так и от природы ЭМП (частотная дисперсия). В теоретическом плане осуществлены систематизация, классификация и типологизация информации, отражающей сущность (механизм, кинетику и параметры) электробиофизических процессов повреждения БС в ЭМП с учетом их свойств. Появились работы, в которых показывается, что на становление теории электрического повреждения БС в значительной степени оказывают влияние фундаментальные исследования, полученные в теории ЭМП, деформационной поляризации, биофизики, электроматериаловедения.

Известно, что на химическом уровне БС представляют собой совокупность атомов и молекул, находящихся в определенной взаимосвязи и все их свойства определяются прочностью связей внешних электронов атомов (или молекул) со своими ядрами (совокупностью ядер). Эта энергия имеет электрическую природу и составляет порядка 10 эВ, т.е. структурные элементы БС имеют ограниченную прочность – некоторый предельный уровень устойчивости. Конечная прочность атомов и молекул обнаруживается в деформации их электронных оболочек в результате воздействия на них внешних возмущающих факторов, к которым в первую очередь относятся механические, тепловые и электромагнитные поля. Из этих физических полей ЭМП имеет единую с атомами и молекулами электрическую природу и явление, связанное с возмущением электронных оболочек атомов и молекул электрическим или электромагнитным полем, которое имеет для БС всеобщий и фундаментальный характер и обнаруживается в виде отклика БС на внешнее ЭМП с напряженностью E .

Здесь необходимо учитывать, что электромагнитная гибель растения является достаточно протяженным во времени процессом, который состоит из следующих этапов (рисунок 2): прекращение функционирования БС как целого, при этом многие ее органы и клетки продолжают работать и разрушение их структур еще не началось; частичное разрушение структуры растительного организма, после которого возможно ее восстановление и возобновление функционирования; гибель - полный, необратимый распад (разложение) биологической структуры [4].

Итак [4-8], нарушение жизнедеятельности растительного организма при воздействии

внешних факторов, в т.ч. и ЭМП связано с изменением функционирования клеток (таблица 2). Основные изменения в клетках при электрическом повреждении следующие [5-9]: слущивание клеток, нарушение межклеточных контактов, денатурация белков, плавление ДНК, пероксидация липидов, инактивация определенных ферментов и рецепторов, повреждение клеточных структур свободными радикалами, нарушение возбудимости, спонтанная возбудимость, осмотический дисбаланс, набухание клеток. При этом нарушение функций одних клеток может быть первопричиной развития патологии в целом, тогда как состояние других клеток может быть нарушенным вследствие неблагоприятных изменений в растительном организме, связанных с развитием патологического процесса. Например, при температурном факторе ЭМП происходит нарушение функционирования, а затем и гибель клеток вследствие острого недостатка кислорода. В результате того, что часть БС не участвует в росте и развитии растения, нарушается процесс фотосинтеза и снабжение организма питательными веществами и водой, которые могут привести к перестройке и нарушению функций клеток других БС. При интоксикациях первично повреждаются клетки проводящих тканей, а нарушение их функционирования сопровождается отравлением других клеток растительного организма продуктами метаболизма.



Рисунок 2 – Основные изменения в растительном организме при электрическом повреждении

Первично или вторично повреждение клеток, оно неблагоприятно отражается на состоянии растения и по возможности ликвидируется, но когда ЭТУ воздействует на растения, то ее ЭМП вызывает структурные превращения и функциональные изменения в них, которые и являются целью технологического процесса электрокультивации. Используя методологию электрического повреждения БС можно обеспечить прекращение функционирования нежелательной растительности и, наоборот, защиту клеток культуры от нарушения их функций. Одной из задач теории электрического повреждения и электрокультивации является выяснение последовательности событий от момента воздействия повреждающего фактора ЭМП на ту или иную БС растения до момента реализации этого повреждения, проявляющиеся в нарушении функционирования и развитии патологии клеток, органов, тканей и целого организма. Полученные данные позволяют приступить к этапу разработки в ЭТУ систем распознавания растений и повреждения их структур, выполняющих функции выживания.

Таблица 2 – Факторы (воздействия) ЭМП, непосредственно повреждающие клеточные структуры

Повреждающий фактор	Примеры повреждающего действия и повреждаемые структуры
Механическое воздействие	Слущивание клеток, нарушение межклеточных контактов
Высокая температура	Денатурация белков, плавление ДНК, пероксидация липидов
Действие токсинов	Инактивация определенных ферментов и рецепторов
Ультрафиолетовая радиация	Фотохимическое повреждение нуклеиновых кислот, белков и липидов мембран
Недостаток кислорода (гипоксия)	Повреждение клеточных структур вследствие недостатка АТФ
Избыток кислородных радикалов (оксидативный стресс)	Повреждение клеточных структур свободными радикалами
Недостаточность антиоксидантов	
Ионизирующая радиация	
Изменение ионного состава в окружающей среде	Нарушение возбудимости, спонтанная возбудимость, осмотический дисбаланс, набухание клеток

Таким образом, электромагнитное повреждение клетки, как БС, выражается в определенном нарушении ее структуры и функций. При этом различные повреждающие факторы вызывают неодинаковые специфические первичные нарушения в клеточных структурах [5]. Нарушение функционирования клетки, вызванное недостатком кислорода, действием токсинов или радиации и др. факторами ЭМП, может вначале и не привести к ее повреждению, так как при восстановлении нормальных окружающих условий, клетка вновь вернется в со-

стояние, близкое к исходному. Повреждением называют ухудшение функционирования клетки, которое сохраняется после удаления повреждающего фактора. Серьезное электрическое повреждение клетки может привести к развитию процессов, приводящих к ее гибели – это связано с включением специального механизма апоптоза – запрограммированной смерти клетки.

Теория и расчет процессов при электрокультивации связаны с дискуссионными и трудными вопросами, посвященными чувствительности, сигнальной роли и др. проблемам [10-12] БС растения. Если на повреждающий фактор, каким он не был бы извне, реакция БС одинакова, то правомерно воспользоваться известными фактами, отражающими специфические особенности раздражителей не электромагнитной природы. Итак, последующие реакции БС растения в ответ на ЭМП ЭТУ связаны с неспецифическим повышением активности эндогенных оксидантов и определяют всю феноменологию дальнейшей адаптации. В частности, эндогенные оксиданты могут приводить к повреждению различных структур в клетке (мембран, белков, ДНК) и в этом случае уровень электрического повреждения может не зависеть от совокупности физических факторов ЭМП, а определяться активностью неспецифических адаптационных клеточных реакций, но это справедливо только для определенного диапазона воздействия стресс-фактора. Начиная с некоторого уровня, воздействующий фактор ЭТУ может сам приводить к экзогенному повреждению БС, как в случае воздействия тепловых уровней ЭМП высокой частоты или средних доз ионизирующего излучения. Известно, что кроме повышения эффективности репарации и восстановления жизненно важных БС (ДНК, мембраны, белки), в клетке происходят и другие изменения: повышается уровень энергетического обеспечения внутриклеточных процессов, изменяется экспрессия белков, регулирующих межклеточные взаимодействия, в том числе активность кальциевых, потенциалзависимых каналов. На уровне клетки указанные выше адаптационные реакции субклеточного уровня реализуются в ускорении клеточного цикла, повышении их выживаемости и специализированной функции. На системном уровне такие изменения обозначают как повышение эффективности процессов поддержания клеточного гомеостаза в органе или системе, в частности более эффективное использование покоящихся клеток – задержка их деления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Баранов, Л.А.** Светотехника и электротехнология / Л.А. Баранов, В.А. Захаров. -М.: КолосС, 2006. -344 с.
- 2 **Современные энергосберегающие электротехнологии** / Ю.И. Блинов [и др.]. -СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. -548 с.
- 3 **Ляпин, В.Г.** Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. -Новосибирск, 2000. - 106 с.
- 4 **Ляпин, В.Г.** Структурно-функциональные изменения сорных растений при их повреждении электрическим током / В.Г. Ляпин, А.В. Боженков, В.Ф. Котьяшкина; под общ. ред. В.Г. Ляпина; Новосиб. гос. аграр. ун-т. -Новосибирск, 2001. -127 с.
- 5 **Миронова, Г.А.** Конденсированное состояние вещества: от структурных единиц до живой материи: в 2 т. / Г.А. Миронова. -М.: Изд-во МГУ, 2004-2006. -Т.1. -2004. -532 с.; Т.2. - 2006. -840 с.
- 6 **Физиология растений:** учеб. для студентов вузов / Н.Д. Алехина [и др.]; под ред. И.П. Ермакова. -2-е изд., испр. -М.: Академия, 2007. -640 с.
- 7 **Рубин, А.Б.** Биофизика: в 2т.: учебник / А.Б. Рубин. -3-е изд. -М.: Изд-во МГУ: Наука, 2004. -Т.1: Теоретическая биофизика. -448 с.; Т.2: Биофизика клеточных процессов. -469 с.
- 8 **Шарова, Е.И.** Клеточная стенка растений / Е.И. Шарова. -СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. -156 с.
- 9 **Белик, Д.В.** Контрактивная биоэлектрокинетика. Аспекты лечебного применения физиовоздействий: науч. изд. / Д.В. Белик, К.Д. Белик. -Новосибирск: Сиб. кн. изд-во, 2005. - 304 с.
- 10 **Пятыгин, С.С.** Роль абиотических и биотических факторов в генерации потенциала действия у высших растений / С.С. Пятыгин // Успехи современной биологии. -2008. -№1. - С. 89-94.
- 11 **Пятыгин, С.С.** Сигнальная роль потенциала действия у высших растений / С.С. Пя-

тыгин, В.А. Опритов, В.А. Воденев // Физиология растений. -2008. -№2. -С. 312-319.

12 **Гамалей, Ю.В.** Клеточные системы высших растений / Ю.В. Гамалей // Физиология растений. -2008. -№2. -С. 300-311.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структурно-функциональные изменения; электрические повреждения растений
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Ляпин Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАУ»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРВ-КИРЛИАНА НА ПРАКТИКЕ

Учреждение РАН «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Л.А. Пшеницын

Выполнен обзор применения метода ГРВ-Кирилиана в реальных условиях.

«Изучая тонкие энергии, убеждаетесь, что не только главные группы явлений заслуживают ближайшего внимания, но и малые нити напряжения дают мощные следствия» (Агни йога, 371).

Представления о сиянии вокруг живых организмов идут из древних времен и имеются у всех народов на всех континентах. Характер свечения может быть связан с таксономическими, генетическими различиями организмов или отдельных органов, а также факторами внешней среды. Пророки лицезрели Бога, окруженного сиянием. Биоэнергия воспринимается многими людьми различными ощущениями: тепловыми или зрительными видениями ауры. Эти ощущения для большинства людей лежат за пределами обычного восприятия. Характер свечения может быть связан со здоровьем и психологическим состоянием человека, так как различается по окраске и форме. Ясновидцы, способные видеть свечение вокруг организма, извлекали из своих наблюдений определенные представления о состоянии, закономерностях происходящих изменений, связь их с природными воздействиями и т.д. Одни видели ауру (нимб) цветной, другие – в виде голубоватого ореола. В природе подобное свечение проявляется при определенных условиях. Так, например, однажды дочь К. Линнея в жаркий душный вечер заметила сияние настурции, которое появлялось над лепестками, как легкое пламя. Она поднесла свечу, и пламя охватило пространство вокруг растения, а растение оказалось неповрежденным. Подобный эффект часто наблюдается у цветков ясенца, над красными цветками пеларгонии и у других видов. Подобные видения, как правило, имели место в затемненном помещении со слабым боковым освещением. Созданы приборы (тепловизоры), фиксирующие тепловое поле человека или какого-либо другого объекта исследования. Существует много приемов и методов, позволяющих почувствовать и показать то, что лежит за пределами наших обычных ощущений.

Тепловое поле человека отражает характерные особенности организма. На этом основана диагностика заболеваний. Кроме теплового поля широчайший диапазон спектра занимают электромагнитные поля организма. Физической аурой всех биологических объектов является вся совокупность физических полей и излучений, формируемых в организме и в окружающем пространстве. Совокупность всех полей дает сложную динамическую картину и представляет собой информационное поле. С информационными полями связаны все жизненные процессы, все разнообразие живого. Замечательная организация живой материи зависит от энергии информационных полей.

Методы, основанные на электромагнитных взаимодействиях, расширяют возможности познания окружающего нас мира и самих себя. Так, к существующим способам визуализации и фотографирования (оптическим, с использованием инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских, ультразвуковых излучений и др.) прибавился еще один – визуализации и фотографирования посредством газового разряда (ГРВ и ГРФ).

История развития ГРФ берет начало со второй половины 18 века, когда в 1777 г. немецкому ученому Г.Ч. Лихтенбергу впервые удалось получить изображение скользящих искровых каналов разряда. Изобретение светочувствительной фотопленки позволило документально фиксировать такие фигуры, давая возможность детально изучать динамику их развития. Работы в этом направлении вел фотограф-любитель В. Манюшко. Он получал различные изображения монет и электродов, окруженных скользящими искровыми каналами разрядной формы. Новым этапом развития ГРВ стали работы белорусского ученого Я.О. Наркевича-Йодко, который наряду с изображениями металлических предметов впервые получил

изображение объектов живой природы. В 1889 г. он демонстрировал снимки монет, листьев растений, пальцев рук человека и т. д. Он посвятил свои работы исследованиям в области психических и физических явлений в человеческом организме. Внимательно изучал действие электрического тока на здоровый и больной организм и различные психические состояния его. Было замечено, что разным болезненным и душевным состояниям человека соответствуют определенные конфигурации излучений, пробегающие по поверхности кожи при пропускании через нее электрической искры, что позволяет различать эти состояния. Наибольшего успеха он достиг в исследовании воздействия электричества, в том числе и атмосферного, на растения и другие живые организмы. В дальнейшем исследования в этом направлении проводил чешский исследователь Б. Навратила, а также С. Гратт и И. Шлеммер, профессор МГУ Г.В. Спивак. К середине 20 века был накоплен значительный материал, полученный методом ГРФ с различных объектов живой природы от микроорганизмов до человека. Лишь в конце 30х годов метод ГРВ, ГРФ был заново усовершенствован и использован супругами С.Д. Кирлиан и В.К. Кирлиан. Усовершенствованная методика оказалась достаточно совершенной, что позволило непосредственно наблюдать через разрядно-оптические системы за картиной газоразрядного свечения, регистрировать на кино- и видеоаппаратуре явление и улавливать объемную картину протекающего разряда. Газовый разряд – основной источник свечения.

Принципиальная схема ГРВ, ГРФ осталась прежней и представляется двумя электродами, диэлектриком, объектом исследования и высокочастотным генератором электрического тока. Между электродами помещается исследуемый объект и фотопленка, расположенная эмульсионным слоем к объекту. В качестве электрода может служить любая проводящая электричество поверхность. В качестве второго электрода используется металлический стержень, установленный перпендикулярно плоскости. От генератора на электроды подается напряжение и по мере увеличения амплитуды напряжения между электродами возникает разность электрических потенциалов, т.е. увеличивается напряженность электрического поля вдоль поверхности плоского электрода. Электроны воздуха двигаются по силовым линиям электрического поля. Возникает электрический ток, который очень мал при атмосферном давлении. При увеличении напряжения ток скачкообразно возрастает во много раз. Энергия электронов становится достаточной для ионизации молекул воздуха. Ионы существенно тяжелее электронов и при используемых в ГРВ напряжениях остаются неподвижными, образуя на поверхности положительно заряженные разрядные каналы. К этим каналам движутся близлежащие электроны, ионизируя молекулы. Электронно-ионные лавины пронизывают исследуемый объект и фотопленку. В узком зазоре между электродами происходит яркий газовый разряд-стример, который регистрируется визуально или на фотопленке. Полученные изображения характеризуют распределение полей (аура) биологического объекта, то есть его свойств и состояния, связанных с процессами взаимодействия с окружающим миром. Визуализация связана с протеканием электрического тока, поэтому объект оказывается включенным в электрическую цепь. Объектом может служить любой предмет, проводящий электричество, например, палец человека, который служит электродом. Если стержень электрода положительно заряжен, то электроны движутся к стержню, и возникает электрический ток. При отрицательном заряде на стержне электроны движутся в противоположном направлении. Картина свечения в целом не меняется, но проявляется слабее. Спектр излучения поверхностного разряда в воздухе состоит из молекулярных полос N, CO, CO₂, O₂. Основная часть спектра лежит в области ближнего ультрафиолета. Для ГРВ используется ток, не превышающий единиц микроампер. Используемые частоты 1000 Гц позволяют фиксировать неизменную картину.

В настоящее время различают несколько типов проявления разряда: скользящий, лавинный (возможны их комбинации) и вакуумный. Скользящий проявляется по поверхности диэлектрика, лавинный развивается в его узком зазоре. Если оптический, ультрафиолетовый, рентгеновский и другие способы фотографирования осуществляются в строго определенных диапазонах длин волн электромагнитного спектра, то метод ГРВ, ГРФ позволяет получать изображения объекта или информацию об его состоянии во всех диапазонах электромагнитных волн, включая звуковые.

Новое поколение приборов серии «Корона» позволяет объективно тестировать и фиксировать проявления стримеров непосредственно на экране компьютера в разнообразии его цветов, количественно оценивать параметры изображений, чтобы отслеживать динамику процессов, протекающих в организме. Квалифицированные программы открывают широкие

возможности исследований в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, биологии и других областях науки. Безграничные возможности метода показал в своих разработках серб Н. Тесло на живых объектах, которому удалось воссоздать фантом – отсутствующую часть органа. Немецкий исследователь П. Мандель по стримерам пальцев рук составил специальную таблицу, с помощью которой можно установить точный диагноз заболеваний. Наш соотечественник К. Коротков ведет исследования на границе между живой и мертвой материей, внося вклад в криминалистику. Метод ГРВ нашел широкое применение при выявлении скрытых дефектов: трещин, раковин, вмятин и других у отдельных механизмов двигателей, которые применяются на разных видах транспорта; обнаруживать заболевания растений, животных и человека, изучать механизмы опыления растений и так далее.

Широкий спектр частот электромагнитного поля, действующего через пигментную систему организмов, дает интересные результаты. Это особенно ярко проявляется посредством наблюдений цветовых изменений живых объектов. Электромагнитная и цветовая природа света проявляются единым целым. В природе, как и при ГРВ, организм выступает в качестве приемника и передатчика протекающего тока, параметры которого зависят от электрического потенциала и взаимодействия с электромагнитным полем Земли. Земля несет отрицательный заряд (средняя поверхностная плотность равна – $1,15 \cdot 10^{-9}$ Кл/м², заряд всей Земли – $5,7 \cdot 10^5$ Кл), а ионосфера – генератор положительных ионов, благодаря солнечному ветру, состоящему из ядер Н, He, С, О, которые проникают через магнитосферу планеты. Разность потенциалов создает статическое торсионное поле, вызывающее излучение, связанное с вращением Земли и Солнца, которые представляют собой сферические магниты, вырабатывающие электричество.

В глобальном плане, Земля и ионосфера - электроды, разделяющиеся диэлектриком – атмосферой. Со времени образования на Земле атмосферы существуют электрические поля между Землей и ионосферой. В электрических полях каждый предмет живой и неживой природы поляризован в разной степени. Когда напряженность электрического поля достаточна для интенсивной ионизации воздуха, то иногда в темноте наблюдается коронирование, т.е. электрическое свечение предметов, известное под названием «огни святого Эльма». В таком резервуаре электрической энергии зародилась и развивается жизнь на Земле. Растения в отличие от животных постоянно прикреплены к почве корневой системой, Они являются постоянными посредниками обмена электрической энергии между Землей и атмосферой, обеспечивающими передвижение катионов и анионов с ксилемными и флоэмными токами растворов, состоящих из соединений химических элементов. Различия электростатических полей по высоте привело к почечным вариациям организма и различиям его клеточного строения, так как каждая клетка, каждая молекула представлены диполями. Это обеспечивает активное поглощение питательных веществ из почвы и атмосферы и осуществляет обмен веществ.

Поскольку биологические объекты представляют более сложные структуры, чем механические, то им уделено в работе основное внимание. Методом ГРВ-Кирлиана на металлических моделях и разных объектах было установлено, что энергетические потоки в неживой и живой природе зависят от массы, формы и электропроводности объектов исследования, что отражает рисунок короны, форму и расположение стримеров. Нами проанализированы результаты взаимодействия энергетических потоков среды с различными природными объектами, которые получены методом ГРВ (рисунок 1-9). Фотографии выполнены С.Л. Лопатиным.

Так, у цинерарии морской (*Cineraria maritima* L.) - растения из семейства Asteraceae (рисунок 1) – листья опушенные. Цветение зимнее или весеннее. Требует открытого солнечного пространства. Родина – Канарские острова. Стримеры расположены по периферии листа и проявляются на концах сосудистых пучков, обеспечивая обменные процессы растения.

Крапива двудомная (*Urtica dioica*) – распространенное многолетнее растение из семейства Urticaceae (ри-



Рисунок 1 – Цинерария морская (негатив)

сунок 2). Высота достигает 1,5 м, произрастает в умеренном поясе по лесным опушкам, пустырям, оврагам, у жилья. Листья цельные, по краям зубчатые, со жгучими волосками. С внешней стороны зубчиков листьев наблюдаются узкие стримеры, с внутренней они слабо проявляются или отсутствуют совсем. На нижнем листе справа с внутренней стороны листа отчетливо видно дугообразно развернутые стримеры, показывающие, что одноименные заряды отталкиваются и подавляют ионизацию воздуха вблизи друг друга. Между растениями популяций и видов благодаря этому явлению создаются конкурентные и симбиотические взаимоотношения. Изменением атмосферного электрического поля меняются электролитические потоки в организме. Информационные поля, включающие электромагнитные, гравитационные и другие, в природе влияют на формирование организмов, способы и механизмы их размножения, обеспечивая постоянство видов и изменение их соотношения в биоценозах.

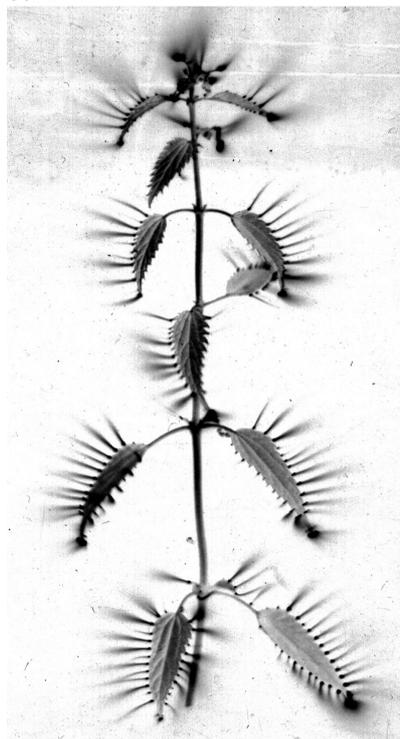


Рисунок 2 – Крапива
двудомная (негатив)



Рисунок 3 – Эспарцет
песчаный (негатив)

Эспарцет песчаный (рисунок 3) (*Onobrychis tanaitica* (Kit.) DC.) из семейства Fabaceae распространен в южных районах Европы и Азии. Растет на остепненных лугах и южных склонах, в разреженных березовых лесах. Стебли прямостоячие, цветочная кисть на длинном цветоносе. Венчик красноватрозовый с темными полосками. На корнях микоризные клубеньки, содержащие двойные симбионты – грибы и азотфиксирующие бактерии, которые обогащают почву азотом. Коронирование наблюдается не на всех цветках. При удалении светящихся цветков стримеры появлялись на соседних. Это доказывает, что энергия, поступающая в организм растения, дозирована и характерна для каждого вида. Поэтому цветение цветков в соцветиях происходит не

одновременно, а растянуто по времени.

Прострел широкоцветный (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.) из семейства Ranunculaceae (рисунок 4) – травянистый многолетник, произрастает в умеренном, субтропическом и частично холодном поясах северного полушария. Растет на остепненных лугах, в сухих сосновых борах, по их опушкам. Цветет в ранний весенний период, опыляется насекомыми. Цветки крупные, фиолетовой или белой окраски. Стеблевые листья сомкнуты у основания в колокольчатую мутовку под соцветием, которая сильно коронирует. Интенсивно окрашенные цветки сильнее коронируют, так как пигменты растения и цветка сильнее улавливают солнечные лучи, особенно коротковолновую часть их спектра, несущую больше энергии. Это сопровождается их раннеспелостью и продвижением в более северные районы. Пигментация цветков свидетельствует о внеядерных цитоплазматических факторах, которые влияют на изменчивость качественно-количественных признаков растений в различных экологических условиях.

Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) – травянистый многолетник из семейства Convallariaceae (рисунок 5), распространенный в умеренном поясе, растет на светлых опушках тенистых лиственных лесов. Растение имеет горизонтальное ползучее корневище, широкоовальные листья. Полиморфный вид с белыми колокольчатыми цветками. Кисть однобочная, короткая. Не только соцветие, но и цветонос дает мощную корону кистевого разряда. Это, вероятно, обусловлено приспособлением вида произрастать под пологом тенистых лиственных лесов в условиях повышенной напряженности электрического поля. С интенсивностью свечения растений, вызванной условиями произрастания, связаны и целебные свой-

ства вида.

Лилейник гибридный (*Нemerocallis hybrida* L.) из семейства Liliaceae (рисунок 6) – невзыскательное зимостойкое растение с крупными оранжевыми цветками, распространенное в умеренном климате. Цветет в мае-июне. Наблюдаются стримеры, отходящие от сегментов венчика, рыльца пестика и отсутствуют у пыльников. Применив индикаторы зарядов наряду с методом ГРВ, установили, что рыльце пестика заряжено отрицательно, а вызревшая пыльца – положительно. С этим явлением связаны генетические механизмы опыления растений. Так, если пыльца и рыльца пестика имеют одноименные

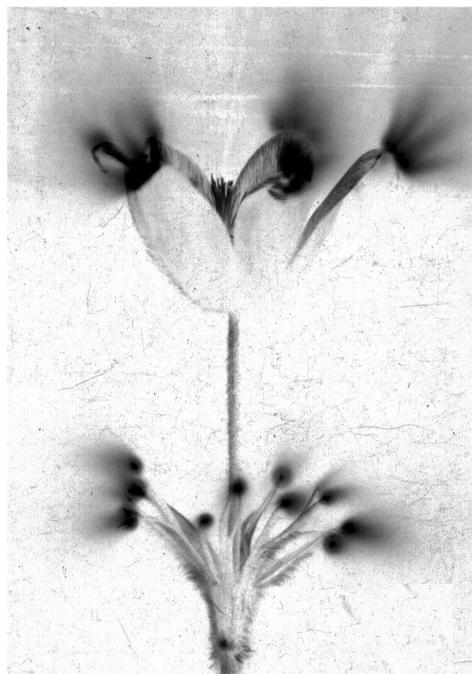


Рисунок 4 – Прострел широкоцветный (негатив)

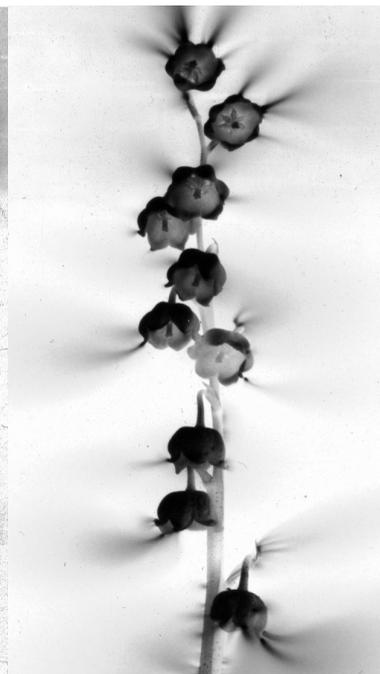


Рисунок 5 – Ландыш майский (негатив)



Рисунок 6 – Лилейник гибридный (негатив)

заряды (соответственно одноименные S-аллели у ветроопыляемых перекрестников), то опыления цветков не происходит. Рост пыльцевой трубки блокируется секреторными выделениями рыльца или столбика – гликопротеинами при попадании пыльцы на рыльце пестика. При вызревании пыльцы меняется потенциал заряда. Опыление, сингамия и образование семян осуществляются при разноименных зарядах пыльцы и рыльца (при разных S-аллелях) благодаря кутиназе и другим гидролитическим ферментам. У насекомоопыляемых видов потенциал заряда цветка и отдельных его частей меняется под влиянием насекомого-опылителя. У авто- и аллогамных видов растений половое размножение осуществ-

ляется благодаря разнице электрических потенциалов пыльцы и пестика, которая обеспечивается электромагнитными полями Земли и атмосферы, а также температурным режимом, который влияет на величину и активность физиологически активных и других веществ, нарабатываемых в условиях произрастания растений.

На рисунке 6 показана модель часовни, купол и крест которой напоминают семенную камеру, столбик и рыльце растений. Отмечена аналогия их свечения. В верхней части креста видим мощное свечение, как и у рыльца пестика, создающее эгрегор. Возможно, в

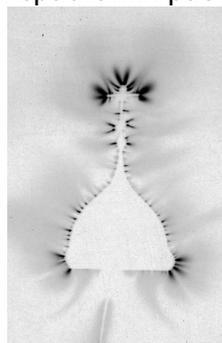


Рисунок 6 – Модель часовни (негатив)

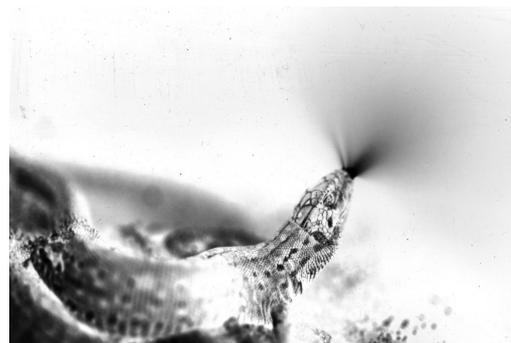


Рисунок 7 – Ящерница Saurra (негатив)

этом и заключается таинство Великой субботы.

На рисунке 7 показано каскадное свечение изо рта ящерицы (*Saurra*) из подотряда чешуйчатых. Эта картина может свидетельствовать о том, что наши предки могли созерцать такое свечение и сохранили свои наблюдения для нас в былинах и сказаниях об огнедышащих драконах и змеях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод ГРВ-Кирилиан, применение на практике

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Пшеницын Леонид Андреевич, младший научный сотрудник «ИЦиГ СО РАН»

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Т.А. Михеева

Отмечается актуальность проблемы повышения экологической и санитарно-гигиенической безопасности процессов тепловой резки металла. Описаны некоторые технологии аспирации образующихся при тепловой резке вредных веществ. Предложен способ обратного водоснабжения раскройных столов машин тепловой резки и комплексной очистки оборотной воды от механических и газообразных загрязнений.

Вопросы ресурсосбережения и повышения экологической безопасности производственных процессов в судостроении являются частью темы «глобального экологического кризиса» и поиска путей выхода из него. Эмиссии, образующиеся в результате выполнения производственных процессов при постройке судов, оказывают негативное воздействие не только на окружающую природную, но и на производственную среды. В полной мере это относится к заготовительному производству в корпусообработывающих цехах (КОЦ) судостроительных предприятий, особенно к тепловой резке металлов.

Процесс механизированной тепловой резки характеризуется образованием больших объёмов высокодисперсной пыли, вредных газов (преимущественно NO_x , CO_x , HF и др.), оксидов железа и легирующих элементов, входящих в состав раскраиваемого проката, брызг расплавленного металла, интенсивным тепловым и световым излучением, пониженной относительной влажностью воздуха рабочей зоны. Для аспирации образующихся эмиссий и нейтрализации прочих вредных и опасных производственных факторов в настоящее время применяют ряд способов, по классификации [1] относящихся к пассивным методам защиты окружающей среды. Одним из наиболее распространённых способов является использование средств вытяжной вентиляции. На производстве наибольшее применение получили стационарные отсосы секционного типа с ручным и автоматическим переключением клапанов, встраиваемые в столы раскройных машин. В случае невозможности использования таких систем применяют переносные местные вытяжные устройства и средства общеобменной вентиляции.

Менее распространённым, но более эффективным способом аспирации является применение систем орошения в виде водяной завесы вокруг зоны реза с использованием резаков-плазматронов особой конструкции.

При реализации и того, и другого способов, операторы раскройных машин вынуждены дополнительно использовать изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания [2]. Применяемые в современных КОЦ системы аспирации, как правило, не предполагают глубокой очистки пылегазовых потоков перед их отводом в атмосферу. Кроме того, используемые методы аспирации являются весьма энергоёмкими. Это также является сдерживающим фактором для расширения использования их в производстве. Таким образом, и с экологической и с санитарно-гигиенической, и с экономической точек зрения процесс тепловой резки металла остаётся опасным для здоровья, а пассивные методы защиты окружающей среды не обеспечивают существенного повышения уровня экологической безопасности процесса тепловой резки. По этой причине активные методы защиты среды, предполагающие локализацию и нейтрализацию эмиссий непосредственно в местах их образования, являются более перспективными.

Исходя из этого, технология механизированной тепловой резки в настоящее время усовершенствована за счёт применения «водяного» раскройного стола [3]. Данная технология

допускает три различных варианта её использования: резка над водой, резка на воде, резка под водой.

Наиболее перспективным с точки зрения экологии является второй вариант – резка на воде. Сущность технологического процесса при этом не изменяется, но уменьшается зона термического влияния, уменьшаются тепловые деформации разрезаемого листа, снижается уровень шума. Большинство вредных и токсичных веществ улавливаются и нейтрализуются водяной ванной. Определённый интерес при осуществлении резки на воде вызывает распределение температур на различных расстояниях от зоны реза. Графическая модель распределения температур, представленная на рисунке, была разработана на основании проведённых исследований [4].

При разработке модели автор исходил из того, что температура воды при плазменной резке в поддоне раскройного стола не одинакова по её объёму. В зоне реза она максимальна и резко уменьшается к периферии.

Модель предусматривает четыре температурные зоны с различным агрегатным состоянием среды.

Первая зона характеризуется высокой температурой среды ($\approx 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$), ограниченным объёмом, отсутствием потерь теплоты и рассеивания образующихся вредных веществ. Обмен с окружающей средой здесь затруднён. Агрегатное состояние среды – насыщенный перегретый водяной пар с содержанием большого количества твёрдых оксидов – побочных продуктов резки.

Для второй зоны характерно резкое снижение температуры среды (до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) и большой контакт с окружающей средой. Распределение концентраций вредных веществ в основном происходит за счёт диффузии. В этой зоне продолжается расщепление молекулы воды H_2O , при этом образуется атомарный водород. Кроме того, в этой зоне создаются условия для образования вредных химических элементов высокой валентности за счёт окисления образующихся вредных веществ низкой валентности (например, NO_2 за счёт окисления NO). В этой зоне происходит образование газовой фазы вредных веществ и насыщенного водяного пара.

В третьей зоне происходит дальнейшее значительное снижение температуры среды (до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$) за счёт увеличения интенсивности движения водной среды в поддоне водяного стола и повышения степени её обновления. Это приводит к образованию насыщенного водяного пара с содержащимися в нём газообразными продуктами химических реакций.

Четвёртой зоне свойственна сравнительно низкая температура воды (до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$), которая приближается к фоновой температуре воды в поддоне водяного стола ($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$). В этой зоне вода содержит вредные вещества в газообразном состоянии. Происходит постоянное перемешивание её за счёт диффузионного взаимодействия с общим объёмом ванны.

Однако глубокие теоретические исследования проходящих в водной ванне сопутствующих процессов не проводились. Таким образом, научная база для дальнейшего совершенствования данной технологии на сегодня отсутствует. В связи с этим автором выполнен комплекс соответствующих теоретических исследований.

Во всех перечисленных температурных зонах происходят химические реакции, нейтрализующие большую часть образующихся вредных веществ. Степень нейтрализации находится в прямой зависимости от объёма ванны раскройного стола машин тепловой резки

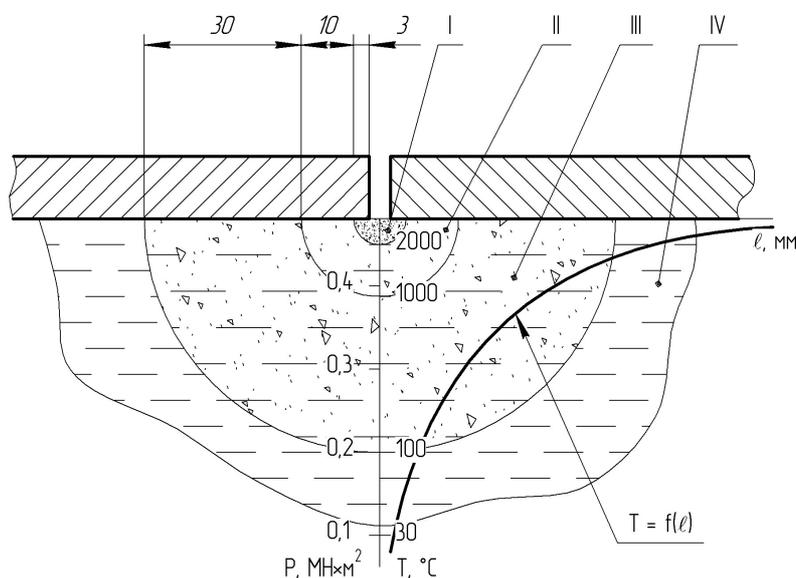


Рисунок – Графическая модель распределения температур на различных расстояниях от зоны реза с характеристикой агрегатного состояния среды по зонам

(МТР). При температуре плазмы 6000-16000 °С создаются условия для развития реакций окисления, науглероживания, азотирования и др. Эти реакции в основном провоцируются взаимодействием с водой при высоких температурах. В результате такого взаимодействия образуются окисленные формы металлов, оксиды кремния, марганца и фосфора в виде твёрдых нерастворимых в воде соединений и аэрозолей. В общем случае процесс окисления осуществляется по реакции вида



где Э – химические элементы – компоненты судостроительной стали нормальной и повышенной прочности, включающие Fe, Cr, Ni, Cu, Ti, V, Al, Si, Mn, P;

Э_xO_y – соединения, полученные при взаимодействии с водой (Fe₂O₃, Cr₂O₃, NiO, CuO, TiO₂, VO₂, Al₂O₃, SiO₂, Mn₂O₃, P₄O₆).

Учитывая незначительное содержание в стали оксидов Cr₂O₃, NiO, CuO, TiO₂, VO₂, Al₂O₃, SiO₂, P₄O₆ [5], при исследовании ими можно пренебречь. Оксиды железа и марганца (Fe₂O₃, Mn₂O₃), образующиеся в водной фазе при термической резке, нерастворимы в воде и могут быть в дальнейшем отфильтрованы на сетчатом фильтре или в гидроциклоне.

В соответствии с рекомендациями [5] и исходя из процентного содержания химических элементов в судостроительной стали нормальной и повышенной прочности, доминирующими загрязнителями при плазменной резке на водяном столе являются оксиды железа и марганца: Fe₂O₃ и Mn₂O₃. Помимо твёрдых оксидов при плазменной резке образуются газообразные оксиды (аэрозоли) CO, SO₂ и NO_x в пересчёте на NO₂. Используя данные [6] о количестве образующихся при плазменной резке вредных веществ с учётом длины и толщины разрезаемого металла, автор получил (таблица) следующие значения валовых выбросов по основным компонентам (усреднено для наиболее часто применяемых в судостроении марок сталей).

Результаты расчётов подтвердили зависимость между количеством образующихся валовых выделений аэрозоля и толщиной разрезаемых листов. На основании данных таблицы можно заключить, что в сварочном аэрозоле могут находиться все окисленные компоненты, имеющие как газообразную, так и твёрдую агрегатные формы (в виде мелкодисперсных частиц). С учётом того, что количество аэрозоля от общего валового выброса составляет примерно 40%, то разницу в массах можно считать поглощённой водной фазой. Поэтому, можно вычислить массы компонентов валовых выбросов загрязняющих веществ, перешедших в воду поддона водяного стола.

Таблица – Усреднённые валовые значения образования вредных веществ при плазменной резке судостроительных сталей нормальной и повышенной прочности на водяном раскройном столе, г/пог. м

Химическое соединение	Толщина стали, мм					
	5	8	10	12	15	20
Оксид углерода, CO	0,65	1,10	1,40	1,70	2,09	2,50
Оксид азота, NO _x	2,80	5,20	6,80	8,40	10,70	14,00
Оксид серы, SO ₂	0,33	0,55	0,70	0,85	1,05	1,25
Оксид марганца, Mn ₂ O ₃	0,05	0,09	0,12	0,15	0,20	0,30
Оксид железа, Fe ₂ O ₃	1,12	1,41	1,58	1,73	1,94	2,24
Общее количество валовых выбросов загрязняющих веществ	4,95	8,35	10,60	12,83	15,98	20,29
Количество сварочного аэрозоля [1]	1,73	3,15	4,1	5,05	6,67	10,00
Массовая доля сварочного аэрозоля от общего количества валовых выбросов загрязняющих веществ, %	35,0	38,0	39,0	40,0	42,0	49,0

Рассмотрим химические реакции указанных в таблице соединений. Оксид углерода CO, попадая в воду, превращается в диоксид углерода CO₂, который при дальнейшем взаимодействии с водой превращается в угольную кислоту слабой концентрации. При взаимодействии с водой H₂CO₃ нейтрализуется только частично.

В присутствии воздуха образующийся оксид азота немедленно окисляется в диоксид азота, так что NO₂ в конечном итоге полностью переходит в азотную кислоту HNO₃. При взаимодействии монооксида и диоксида азота получается токсичная жидкость тёмно-синего цвета N₂O₃, которая требует дальнейшей нейтрализации. Диоксид серы SO₂, взаимодейст-

вуд с водой, образует слабую сернистую кислоту H_2SO_3 , являющуюся непрочным соединением. При поглощении кислорода из воздуха, сернистая кислота окисляется до серной кислоты H_2SO_4 . В случае доступа в зону резки кислорода воздуха происходит окисление диоксида серы до триоксида SO_3 , который при реакции с водой также образует серную кислоту. Сернистая кислота в водной среде вступает в реакцию с диоксидом азота. Результатом этой реакции так же является серная кислота.

Таким образом, в водный объём раскройного стола поступают только три химических соединения, требующих нейтрализации: H_2SO_4 , N_2O_3 и H_2CO_3 . Эти соединения эффективно нейтрализуются гидратом кальция $Ca(OH)_2$, который является достаточно доступным и недорогим реагентом.

Полученные в результате нейтрализации вещества $CaSO_4$, $Ca(NO_2)_2$, $CaCO_3$ выпадают в осадок, так же как и оксиды железа и марганца (Fe_2O_3 , Mn_2O_3), и легко удаляются известными способами.

Другим важным фактором для открытых систем является определённые гигиенические требования [7], которые можно выполнить с помощью сильного окислителя, например, озона. Таким образом, система оборотного водоснабжения как минимум должна состоять из поддона водяного стола определённого объёма; сетчатого фильтра; насоса; реакционной ёмкости нейтрализации кислот H_2SO_4 , N_2O_3 и H_2CO_3 ; озонатора; смесителя озона с водой. Для повышения санитарно-гигиенической надёжности процесса обработки воды можно ввести установку ультрафиолетовых лучей, которая служит для финишной обработки воды. Совместное применение процессов озонирования и ультрафиолетового излучения позволяет уменьшить количество озона с одновременным повышением эффекта обеззараживания. Подобные совместные окислительные процессы получили название – активированные окислительные технологии.

Таким образом, при внедрении предлагаемой технологии водоснабжения раскройных столов машин тепловой резки в КОЦ судостроительных предприятий появляется реальная возможность при минимальных капитальных затратах обеспечить наибольшую экологическую безопасность процесса механизированной тепловой резки металла. Применение оборотных систем водоснабжения позволяет сократить расход воды на производственные нужды в 7-10 раз, исключить залповые сбросы загрязнённых сточных вод, снизить нагрузку на городские очистные сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Акимова, Т.А.** Экология. Природа-Человек-Техника: учеб. для вузов / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. -343 с.

2 **Норкин, Ю.И.** Условия труда при поверхностной резке сталей / Ю.И. Норкин, М.И. Пашкова // Технология судостроения. -1985. -№5.

3 **Григорьев, Л.Н.** Очистка от пыли аспирационных выбросов плазменно-резательных машин / Л.Н. Григорьев, С.П. Пасечник, А.И. Торф // Технология судостроения. -1986. -№5.

4 **Бурмистров, Е.Г.** Обеспечение экологической безопасности судостроительного производства: проблемы и перспективы: монография / Е.Г. Бурмистров. -Н.Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2007. -190 с.

5 **Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания.** Т.2, Ч.1, 5. Корпус. Материалы и сварка / Рос. реч. регистр. -М.: Судостроение, 2002. -394 с.

6 **Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте:** учеб. пособие / под ред. Н.И. Зубрева, Н.А. Шарповой; УМК МПС России. -1999. -592 с.

7 **Гигиенические требования к охране поверхностных вод:** СанПиН 2.15.980–00.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологическая безопасность; плазменная резка

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Михеева Татьяна Александровна, аспирант ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ТРУДОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ РАБОТНИКА»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.С. Овсянников, Л.А. Псинькова

Трудовой потенциал на рынке труда выступает в качестве товара, продавцом которого является работник, а покупателем – работодатель. Имеется много определений этой важнейшей экономической категории, однако они грешат многими неточностями, неполны и не отражают современные реалии социально-экономического партнерства работника и предпринимателя. В статье сделана попытка дать более полное и всеобъемлющее определение трудового потенциала.

В настоящее время в России завершается процесс перехода от плановой экономики к более цивилизованным рыночным отношениям, идет смена экономического уклада жизни страны от социалистического – к капиталистическому и т.п.

Однако, предстоит еще сделать очень многое, в частности, реформировать трудовые отношения между работником и работодателем по следующим направлениям: ликвидировать иждивенческое уравнильное экономическое мышление и внедрить новый подход к оплате и стимулированию труда; разработать новые прогрессивные рыночные формы и системы оплаты труда для работников; повысить социальную защищенность трудящихся в виде гарантий, трудовых договоров и социальных пакетов от диктата и произвола отдельных работодателей, повысить степень участия рядовых работников в управлении предприятием и жизни трудового коллектива; оптимизировать размер оплаты труда между различными категориями работников в организации и сделать рациональным разрыв в уровне оплаты труда руководителей и основной массы работников в соответствии с демократическими принципами управления организации и соблюдением норм Всеобщей Декларации Прав Человека ООН и т.д.

На рынке труда продавцом является работник (наемник), а покупателем – работодатель (предприниматель, руководитель, менеджер). Товаром же на рынке выступают потенциальные способности работников к труду, их опыт и знания, навыки и умения совершать трудовые операции на конкретном рабочем месте, профессионализм и квалификация, стаж работы и уровень образования, личностные качества и т.д.

Из характеристики товара рынка труда следует, что этот товар имеет специфическую особенность и резко отличается от характеристик товаров других рынков, например рынков товарно-материальных ценностей, финансовых ресурсов, ценных бумаг и кредитов, он носит виртуальный характер, его нельзя складировать и накапливать на будущее в буквальном смысле этого слова как, например, это можно производить с товарами, деньгами, валютными накоплениями и т.п.

В силу этой специфики товара рынка труда в нашей стране в настоящее время наблюдается определенная путаница в определении сущности и содержания этого товара, его экономического смысла и даже термина, определяющего его понятие.

При социализме потенциальные способности к труду трудящихся определяли термином «рабочая сила» или «рабочие руки», «кадры», «трудовые ресурсы» и т.п., что не в полной мере отражало сущность трудового товара, да и в этом в командно-административной экономике не было необходимости. Например, понятие «рабочая сила» характеризовало в большей степени работников умственного труда, инженерно-технических работников производственных предприятий; «рабочие руки» – работников физического труда, рабочих основного и вспомогательного производства, а также разнорабочих малоквалифицированного труда; «трудовые ресурсы» – определяло годность части населения страны в дееспособном состоянии и трудоспособном возрасте к совершению производительного труда на работе на производстве; «кадры» – насчитывало общую потребность и списочную численность и состав работников по их категориям в организации.

Поэтому назрела насущная необходимость уточнить понятие трудового товара, его социально-экономический смысл и сам термин, наиболее адекватно отражающий требования рынка труда к социально-экономическому партнерству между работниками и работодателями.

В последние годы в экономической практике России появился термин «трудовой потен-

циал работника», призванный придти на смену устаревшим социалистическим определениям.

Термин «трудовой потенциал работника» в российском экономическом обиходе появился в конце 1990-2002 гг. в лексиконе и публичных выступлениях отечественных политических деятелей: Е. Гайдара, Г. Явлинского, И. Хакамада и др., видимо взятые, как переводной, из экономической практики и научных трудов ученых Западной Европы и Северной Америки.

Однако, он во многом повторяет старые концепции и делает большой упор только на уровень образования и стаж работы работника, забывая огромную совокупность личностных качеств, мотивов трудовой деятельности и других характеристик работника, что в рыночных отношениях играет огромную роль в эффективности и производительности его труда.

Исходя из этого трудовой потенциал работника (далее ТП) можно представить как:

$$ТП = ТП_{\text{ПРОФ}} + ТП_{\text{ЛИЧН}}$$

где $ТП_{\text{ПРОФ}}$ – часть трудового потенциала, оценивающая профессионализм работника, его квалификацию, деловые качества, знания и умения, опыт работы и т.п. Эта часть ТП документально подтверждается дипломами об образовании и трудовой книжкой работника.

$ТП_{\text{ЛИЧН}}$ – часть трудового потенциала, оценивающая личностные качества работника, его «ядро личности», «ЭГО».

Эта часть ТП до настоящего времени мало учитывалась при приеме работника на работу, хотя она играет огромную роль в формировании трудового поведения работника в трудовом коллективе (позитивное или негативное и даже девиантное поведение).

Таким образом, в статье предлагается расширить социально-экономический смысл содержания термина ТП и дать ему более полное определение.

Трудовой потенциал – это совокупность психологических и физиологических параметров работника (ПФП), формирующая его трудовое поведение и определяющая эффективность его производственной деятельности, его индивидуальной производительности труда.

Трудовой потенциал работника – это часть потенциала личности, задействованная в труде, востребованная для выполнения трудовых функций на конкретном рабочем месте [1].

Потенциал личности – это совокупность природных данных индивидуума, на основе которых определяется роль и место человека в обществе [1].

Потенциал охватывает все способности человека, данные ему от рождения, доставшиеся ему от предков по наследству из генофонда и проявляющиеся в повседневной жизни и в трудовой деятельности, в частности. Как правило, в труде в среднем реализуется не более 75% всего потенциала человека, поскольку трудовые функции требуют в большинстве случаев от работников проявления только тех качеств, которые необходимы на конкретном рабочем месте и ограничиваются должностными инструкциями.

Потенциал личности оценивает природные способности субъекта, индивидуума, одной личности. Совокупность людей с разными потенциалами, проживающими на определённой территории, регионе, стране, государстве образуют человеческий материал (ресурсы, население).

Человеческий материал – это усреднённое множество потенциалов всех людей, образующих нацию, этнос, и определяющее менталитет этого сложного конгломерата жителей, другими словами – население государства, региона, конкретной административной единицы страны [1].

Трудовые потенциалы работников, сведенные в сложную синтетическую сумму, представляют собой трудовой потенциал всего трудового коллектива в целом и характеризуют уровень его производительности труда.

Потенциал личности богаче трудового потенциала по своему содержанию, так как многие черты и способности человека на предприятии прямо не используются, не подпадают под действие должностных инструкций, однако косвенно всё же влияют на индивидуальную производительность труда работника путём повышения его универсальности и разносторонности [1].

Очень хорошо, если на рабочем месте работник полностью реализует свои способности и его человеческий потенциал равняется трудовому. Это обстоятельство характерно для большинства работников умственного, творческого труда, в меньшей степени оно существует для лиц физического труда, простых исполнителей. Зная трудовой потенциал каждого работника предприятия, администрация может составить совокупную оценку общего трудо-

вого потенциала всего трудового коллектива предприятия, который определяется как сложный синтетический показатель кадров.

Таким образом, очевидно, что чем богаче потенциал личности (человека), тем полнее и весомее трудовой потенциал работника; чем выше качество человеческого материала (населения страны), тем эффективнее деятельность персонала организаций (всех кадров страны).

К сожалению, качество населения Российской Федерации за прошедший XX век значительно снизилось, что подтверждается ухудшением объективных показателей, характеризующих психическое и физическое здоровье нации.

Причиной этой неблагоприятной тенденции является тяжелые условия жизнеобеспечения населения страны в XX веке, которые ухудшили генофонд нации. За этот век Россия пережила три большие войны, три волны эмиграции, три волны политических репрессий, в ходе которых жертвами становились наиболее креативные и пассионарные слои населения, которые просто были уничтожены и не дали многочисленного потомства. Другие, не самые лучшие представители граждан России по признаку их слабой активности и пассивности уцелели в большей степени и, следовательно, их потомки в настоящее время составляют большинство. По разным оценкам доля первых в современном обществе оценивается примерно 20-25%, удельный вес вторых, соответственно – 75-80%, что во многом делает проблематичным качественный отбор и пополнение контингента персонала отечественных организаций.

Таким образом, ТП работника можно представить и в другом виде

$$ТП = T_{\text{пп}} + T_{\text{фпп}},$$

где $T_{\text{пп}}$ – психологические параметры трудового потенциала;

$T_{\text{фпп}}$ – физиологические параметры трудового потенциала [1].

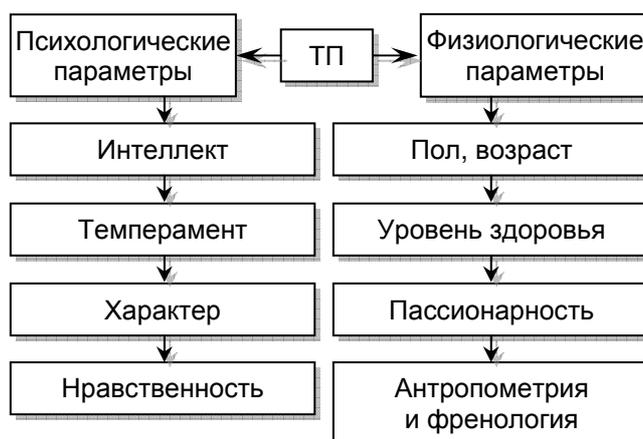


Рисунок 1 – классификация психофизиологических параметров (ПФП)

Указанные параметры представляют собой совокупность черт личности человека, определяющих в конечном счете его роль и место в обществе, трудовом коллективе, семье и других социально-общественных институтах и экономико-политических образованиях.

Эти параметры через систему показателей делают возможным оценить количественно и качественно личность работника, его пригодность к ведению определенного вида деятельности и прежде всего определить его роль и место в производственном процессе, сформировать трудовое поведение.

Психологические параметры предопределяют способность работника к выполнению преимущественно умственного труда и с этой целью могут быть представлены в несколько упрощенном виде, как совокупный продукт умственной деятельности с затратами нервной, психической энергии.

К ним относятся:

- Интеллектуальные способности (память, аналитические способности; воображение, интуиция);
- Темперамент (холерик, сангвиник, флегматик, меланхолик);
- Характер (чистоплотность, подражательная завистливость, злонамеренная завистливость);

– Нравственность (честность, уровень общей культуры).

Физиологические параметры работника определяют его соответствие на выполнение преимущественно физической работы, в том числе ручного, простого труда, а также тяжелого и интенсивного, совершаемого в неблагоприятных условиях вредности и опасности производства с большими затратами мускульной энергии. К ним относятся [1]:

- Половая принадлежность (мужчина, женщина);
- Возраст (16-30 лет, 30-50 лет, 50-55 – женщины, 50-60 – мужчины);
- Здоровье (практически здоров, инвалид III группы, инвалид II группы, инвалид I группы);
- Пассионарность (пассионарный, гармонический, субпассионарный человек);
- Антропологические данные и френология (рост, вес, телосложение, тип внешности).

В конечном итоге ПФП – это количественные и качественные показатели, описывающие биохимическую энергию работника. Природа человека конкретно выражается в бесконечном сочетании между собой всех составляющих ПФП человека и порождает бесконечное множество людей, так непохожих друг на друга и в то же время имеющих общие социально-биологические корни.

В процессе жизни человека, с ростом трудового стажа работника, могут изменяться его ПФП. С возрастом и развитием процесса старения они, как правило, ухудшаются, что в большей степени относится к физиологической группе параметров: снижению уровня здоровья, уменьшению показателя индивидуальной производительности труда, работоспособности, выносливости и т.п. Некоторые элементы психологических параметров, наоборот, с ходом времени у работников способны улучшаться: например, нравственные, моральные качества личности могут развиваться в лучшую сторону; может наблюдаться рост интеллекта в части повышения уровня образования и квалификации по специальности, общей культуры и социальной терпимости в общении с другими людьми и т.п.

Представленный в предлагаемом виде ТП позволяет более полно оценить потенциальные возможности к труду работника при приеме его на работу, при проведении аттестации персонала, планировании его карьеры и разработки планов повышения квалификации, при «чистке» кадров, увольнении и т.п.

На базе разработанного ТП можно предложить уточненное резюме работника, которое он заполняет для проведения собеседования с работодателем (рисунок 2) [1].



Рисунок 2 – Вид уточненного резюме

Предложенная и уточненная по форме и содержанию трактовка термина «трудовой потенциал работника» и разработанная более полная форма резюме позволяют повысить эффективность работы с персоналом организации и улучшить результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Овсянников, А.С.** Экономика и социология труда управления персоналом на водном транспорте / А.С. Овсянников; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, НГАВТ, 2005.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *трудовой потенциал работника; общий вид резюме*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Овсяников Александр Сергеевич, докт. экон. наук, профессор ФГОУ ВПО «НГАВТ»*
Псинькова Любовь Анатольевна, ассистент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ПРОБЛЕМЫ МОРСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СВЕТЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»

В.Б. Шарлай, Н.В. Герошенко

Рассмотрена проблема качества морского образования, проблем кадрового преподавательского состава и возможного решения существующих проблем дефицита высококвалифицированных кадров на судах мирового флота.

Современное общество предъявляет новые требования к качеству специального образования, вследствие чего высшее и средне-специальное образование переживает очередной кризисный этап. Поиск новых путей развития современного качественного образования ведется не только в нашей стране, но и в других странах. Есть разные мнения и подходы к анализу ситуации, в чем именно заключается кризисное состояние современной системы образования, и каждый из исследователей отмечает определенную грань проблемы. В частности отмечается следующее:

- на фоне исключительно быстрого изменения технологических, инновационных и информационных процессов наблюдается быстрое устаревание информации (зачастую преподаватели учат тому, как это было принято 20-40 лет назад);
- наблюдается переизбыток информации (мы теряем ориентиры и критерии, соответствующие современным реалиям);
- наблюдается несоответствие системы образования современным требованиям общественного и экономического развития [4, С.48].

Уровень образования напрямую взаимосвязан с качеством трудовых ресурсов, качественным состоянием экономики. Образование является фактором воспроизводства социально-профессиональной структуры общества. Система образования формирует гражданина, тем самым оказывает воздействие на развитие общественной жизни и формирование гражданского общества. Через культурно-воспитательную функцию образование оказывает влияние на духовную жизнь общества [1, С.14].

По мнению профессора Н.Г. Багдасарьяна, образование выполняет функцию «генетической матрицы», и его качество является условием устойчивого развития социума [4, С.62]. Культура и профессионализм преподавателей высшей школы играет важную роль по формированию и воспитанию подрастающего поколения. Актуальным для современного образования является приоритет профессии преподавателя, его профессионализм.

Существующая система образования построена на отрыве процессов учебы и профессиональной деятельности, устойчиво воспроизводит хрестоматийно классическую управленческую структуру, характерную для периода середины 20 века. Развитие науки и связанных с ней технологий производства потребовало реформирования как структуры, так и содержания образования [2].

Морское образование в России переживает не лучшие времена, можно сказать, что положение в морском образовании еще хуже, чем во всем образовательном пространстве России. Этому есть объективные и субъективные причины. Как и вся система образования в России, морское образование последние годы испытывало дефицит государственного финансирования и выживало в большей степени за счет собственных возможностей.

За эти десятилетия устарела материально-техническая база морских образовательных учреждений, ликвидировано практическое обучение курсантов в виде групповых плавательных практик на учебно-производственных судах.

Произошло значительное старение профессорско-преподавательского состава, средний возраст профессорско-преподавательского состава варьирует от 55,0 до 62,2 лет. Затруднено повышение квалификации профессорско-преподавательского состава, знакомство их с новейшими разработками в области мореплавания, практического изучения новых судов и особенностей их эксплуатации.

В морском образовании разрушена преемственность в формировании профессорско-преподавательского состава, это касается всех вузов морского флота и Дальрыбвтуза в том числе.

Наблюдается финансовая и профессиональная непривлекательность работы в морском образовании для выпускников вузов. Молодой специалист, зарабатывая не более 4,5 тыс. руб. в месяц в вузе, может за то же время в море заработать примерно от 60 тыс. руб. (третий помощник капитана), до 100-150 тыс. руб. (старший помощник капитана). Альтернатива налицо. В результате преподаватели не имеют возможности воспитать себе молодую смену, подобная ситуация неизбежно ведет к снижению качества образования, а в дальнейшем и к прекращению существования морского образования, в частности на Дальнем Востоке, в виду постепенного естественного убывания преподавателей морских дисциплин.

В настоящий момент на рынке труда наблюдается дефицит кадров высокой квалификации для работы на судах мирового флота. Востребованность на рынке труда специалистов морского флота чрезвычайно высока как в российских так и в зарубежных судоходных компаниях. Падение престижа морских профессий в развитых государствах дает нашей стране прекрасную возможность составить конкуренцию специалистам морского флота Китая, Индонезии и других стран. Вместо этого мы наблюдаем постепенный уход России по всем позициям: сокращение рыбопромыслового флота России, старение и изношенность судов, объективное снижение уровня подготовки квалифицированного специалиста, фактическое разрушение всей национальной системы морского образования.

Реформа российского образования должна предусматривать концепцию новой системы образования, ориентированную на вхождение в мировое образовательное пространство, которое рассматривает разные формы сотрудничества: как подготовку в отечественных вузах иностранных студентов (а их на морских специальностях просто нет), сотрудничество вузов (а оно недостаточно продуктивно), так и подготовку молодых специалистов по заявкам судоходных компаний [3, С.21]. В настоящее время морские вузы не имеют никакой коммерческой выгоды от подготовки специалистов морского флота.

Государственный стандарт морского образования утвержден правительством в 2002 году и настоятельно требует пересмотра. В настоящее время присутствует значительный перевес фундаментальных научных дисциплин относительно специальных, наблюдается существенная недостаточность языковой подготовки. Минимизирована конвенционная часть профессиональной подготовки морских специалистов.

Изменение стандарта морского образования должно пересмотреть как качественное содержание преподаваемых дисциплин, так и количество распределяемых часов по дисциплинам. Критерии современного морского образования требуют более эффективной подготовки компьютерным технологиям в судовождении, например, умения использовать прикладные программы для расчета остойчивости судна и обработки других измерений, необходимых для эффективного и безопасного судовождения [5].

В морском специальном образовании (судоводители и судомеханики) невозможно введение бакалавриата и магистратуры. Даже зарубежные компании предпочитают принять на работу не бакалавра с квалификацией уровня третьего помощника капитана, а получить полноценного специалиста с хорошим современным профессиональным образованием.

От специалиста требуются следующие качества: ответственность, профессионализм, инициатива, свобода, умение отстаивать свои права и точку зрения, терпимость, уважение себя и других, открытость для иного мнения и неординарность мышления, умение принимать решения, постоянная готовность к профессиональному самосовершенствованию. В настоящее время духовно-нравственный потенциал, воспитательный уровень и уровень общей культуры воспитанников морского образования вообще не поддается никакой критике. На фоне общего падения культуры и нравственности в обществе, отсутствие таковых качеств у будущих специалистов морского флота может принести экономический и финансовый урон. Неумение работника плавсостава в экстремальных условиях жизнедеятельности организовать свой быт и досуг в море, отсутствие культуры и коммуникативных навыков, злоупотребление алкоголем, деструктивные взаимоотношения приводят к потере здоровья специалиста, производственным несчастным случаям, авариям. Подобное варварское отношение к профессиональной и социальной жизнедеятельности приносит колоссальный урон как российской, так и мировой экономике, так как подготовка высококвалифицированного специалиста стоит несколько десятков тысяч долларов. Так же в настоящее время расточительным является короткая продолжительность эффективной трудовой деятельности

специалиста вследствие потери им здоровья или квалификации.

Мы очертили только часть проблем, с которыми сталкивается профессиональное морское образование. Что можно сделать в такой ситуации? Конечно же, многое зависит от государства, от принимаемых им нормативов и стандартов, от востребованности и заинтересованности в существовании в стране современного, эффективного конкурентоспособного морского образования. Отечественное предпринимательство в лице судоходных компаний и иных структур, предложив помощь вузам и колледжам в организации производственных практик на взаимовыгодных условиях, только выиграли бы от такого сотрудничества. Подобную практику ведут зарубежные кампании, успешно отбирая для себя самых лучших специалистов.

Изменение ситуации в морском образовании в позитивную сторону, привлечение ресурсов заинтересованных сторон, позволит постепенно вывести его из стагнации, в котором морское образование пребывает в настоящее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Лиферов, А.П.** Новая российская ментальность как инновационный ресурс модернизации образования / А.П. Лиферов, О.Е. Воронова // Педагогика. -2007. -№2. -С. 12-23.

2 **Кризис российского образования** [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://top-manager.ru>

3 **Образование и общество: готова ли Россия инвестировать в свое будущее?:** докл. Обществ. палаты РФ. Москва 2007 г. // Вопросы образования. -2007. -№ 4. -С. 5-102.

4 **Роль образования в формировании гражданского общества:** материалы науч. семинара «Философия-образование-общество» / В.П. Борисенков [др.] // Педагогика. -2007. -№3. -С. 42-71.

5 **Шарлай, В.Б.** Анализ некоторых аспектов, влияющих на эффективность обучения на тренажерах ГМССБ / В.Б. Шарлай, В.В. Калита // Информ. бюл. / Дальневост. гос. мор. акад. им. адм. Г.И. Невельского. -Владивосток, 1999. -№2.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реформирование образовательной системы; проблемы образования

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шарлай Валентина Борисовна, аспирант ФГОУ ВПО «ДАЛЬРИБВТУЗ»

Герошенко Наталья Владимировна, заместитель директора по учебной работе ФГОУ ВПО «ДАЛЬРИБВТУЗ»

СОДЕРЖАНИЕ И СМЫСЛЫ ПОНЯТИЯ «ДУХОВНОЕ ЗДОРОВЬЕ»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Н.В. Цепелева

Рассмотрены философские вопросы здоровья. Автор ставит акценты на духовном и аксиологическом аспекте названной проблемы, привлекая историко-философский материал, а именно теорию ценностей Н.О. Лосского.

На фоне планетарной смены общечеловеческих этапов цивилизационного развития истине глобальный характер принимает сегодня проблема здоровья человека как биологического, психологического и духовного фундамента его жизни. На границе второго и третьего тысячелетий данная проблема приобрела особую философско-научную и аксиологическую актуальность. Это связано в первую очередь с глубинными экотехнологическими переменами, произошедшими в мире под воздействием достижений научно-технической революции, а также с рядом факторов, вызывающих негативные социальные последствия, например алкоголизм. Как отмечается во многих работах, в условиях нарастания глобальных проблем и предельно обострившейся экологической ситуации само сохранение живой природы на Земле оказалось под угрозой, а полноценное существование человека, обеспечение его здоровья и максимальной продолжительности жизни даже в индустриально развитых странах стало сомнительным. В силу этих и многих других причин в центре научно-философского осмысления осуществляющихся на нашей планете перемен становятся все более и более аксиологически нагруженными понятия жизни, биосферного человека и его здоровья. Бурный и во многом противоречивый переход человечества к информационной цивилизации резко обострил весь спектр социальных проблем, связанных со здоровьем че-

ловека и демографическими тенденциями в обществе. Приведу в качестве примера данные статистики.

По данным Новосибирскстата за 2008 г. можно выделить три основные причины смертности населения: болезни органов кровообращения (12489 случаев); новообразования (3459 случаев); несчастные случаи, травмы, отравления (2665 случаев). По статистике заболеваний в НСО лидируют заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания в результате травм, отравлений и других последствий воздействия внешних причин. Не радует статистика в области экологии: уровень загрязнения воздуха в сентябре 2008 г. оценивался как повышенный: СИ=3,2; НП=9,7%; в области демографии: в период с января по июль 2008 г. убыль населения составила – 3917 человека, хотя по сравнению с прошлым годом, конечно, показатели улучшились (аналогичный период в 2007 г. – 6306). По-прежнему, высоко число разводов (январь-июль 2008 г. число браков составляет 12839, а число разводов 9283). Все это свидетельствует о важности рассматриваемой проблемы здоровья, о необходимости комплексного (не только медицинского) ее решения. Кроме того, огромную роль в активизации названной проблематики играет сложившаяся ситуация в современной России, связанная с переходом к новому типу общественных отношений, к новым ценностям и идеалам. Не случайно, по данным Новосибирскстата одной из основных причин смертности населения является самоубийство (560 случаев в 2008 г., для сравнения в 2007 г. – 562).

Конечно, следить за состоянием здоровья людей, предупреждать распространение инфекционных заболеваний, проводить диагностику и лечение должны органы здравоохранения. Вместе с тем, собственное физическое и душевное здоровье – это забота каждого отдельного человека, показатель его культуры, способности к грамотному, гармоничному взаимодействию с окружающей средой и средой общения. Поэтому здоровье человека напрямую связано с развитием его сознания, умением осознавать первопричины заболеваний и не допускать их. В этом человеку может помочь философский подход к проблеме здоровья.

Общеизвестная актуальность исследований ценности и значения здоровья в жизни человека в современных условиях российского общества не ослабевает, а, наоборот, повышается. Это обусловлено, во-первых, трудностями трансформации общества в России, породившими некоторые негативные явления, угнетающие психику и настроение людей, неблагоприятно действующие на здоровье человека (низкий уровень материального положения значительной части населения, рост преступности, распространение среди молодежи наркомании, алкоголизма, возникновение и распространение новых болезней, наблюдающееся сокращение продолжительности жизни, рост инвалидности и др.). Во-вторых, сохраняется актуальность проблемы здоровья во всемирно-историческом аспекте развития человечества, ибо здоровье – это социальная и витальная ценность, лежащая в основе всех иных ценностей человека. Эта тема универсальна, и ее актуальность никогда не может быть исчерпана.

Обзор литературы и жизненная практика показывает, что проблема здоровья человека рассматривается преимущественно в направлении дифференциации наук о человеке и здоровье. Накоплен достаточный материал для исследований в аспекте интеграции, а это требует привлечения к анализу данной проблемы всего многообразия направлений современного знания. Мало высказываний о воздействии на здоровье и жизнь человека глобальной эволюции живого на Земле, влияния на него процессов интеграции и глобализации в современном обществе. Отсюда вытекает необходимость и актуальность новых исследований проблемы здоровья человека.

Следует заметить, что в современной литературе и культуре в целом довольно много внимания уделяется проблеме именно физического здоровья. Например, Ю.Ш. Шадиметов в своей статье рассматривает социально-гигиенические аспекты проблемы здоровья человека, указывая, что здоровье оказывает мощное влияние на экономическое развитие страны. Автор статьи изучает проблему здоровья в контексте марксистской антропологии, а именно: как фактор оптимального функционирования человека в процессе труда, забывая об иных составляющих проблемы. Автор статьи о здоровом образе жизни И.А. Серова считает вполне обоснованной точку зрения авторов (И.М. Сеченов, К. Маркс), которые рассматривают болезнь как результат длительного воздействия вредных факторов среды. Она предлагает концепцию здорового образа жизни, которая включает принципы гуманизации среды, совершенствование операционной культуры личности (культура нахождения средств

для достижения целей), доминирование социально значимых ценностей в мотивационной сфере личности, оказывающих благотворное влияние на здоровье человека. По ее мнению, философия может дать ответ на вопрос, как жить, чтобы не болеть, какие способы жизнедеятельности благоприятны для здоровья, а какие нет. Позволим себе не согласиться с этой точкой зрения, но вместе с И.А. Серовой заметим, что на душевное здоровье человека влияют и удовлетворенность работой, коллектив, и семья, личностные установки. Исследователь верно указывает, что если система ценностей, выбранная человеком, является непреходящей по своему характеру, то это может служить надежной гарантией от переживания глубоких стрессов, вызванных внезапной девальвацией ценностей. Бессмысленность жизни лишает человека опоры в борьбе с недугами.

Вышеизложенное позволяет нам зафиксировать малоизученность философских антропологических и аксиологических оснований названной проблемы. В названных статьях не ставится вопроса о духовном здоровье человека, о метафизической глубине его существования, в основаниях которой порой коренятся многие причины человеческих болезней и средства для избавления от них. В этом плане выделяется статья А.В. Добриновой, в которой отмечается, что понятие «духовное здоровье» связано с понятием о норме, под которой автор понимает вслед за святоотеческой традицией замысел Творца о мире и человеке, т.е. человеческое состояние целостности, целомудрия, гармонии души, тела и духа, существовавшего до грехопадения человека. После грехопадения целостность человека была утрачена, дух потерял свою силу и подчинился душе, которая в свою очередь стала жить желаниями и потребностями тела.

Однако прежде чем говорить о составляющих понятия «духовное здоровье» необходимо определить содержание термина «дух». Сегодня существует т.н. светское и религиозное содержание данного понятия. В данной статье под духом понимается следующее: 1) это человеческая способность, отличающая человека от животного (в отличие от тела и души); 2) начало внутренней жизни в человеке, в этом смысле дух выступает синонимом сердца; 3) дух – высшая способность человека, связующая его с Богом, сила, позволяющая познать Бога и соединиться с ним. Таким образом, в этой статье «дух» трактуется в религиозном (православном) смысле.

Дух присутствует в любом человеке. Однако его положение в человеческом естестве может быть различным. Дух может занимать центральное положение в структуре человека и просвещать тело и душу, а может находиться в подчинении у душевно-телесной стороны, тогда дух обеспечивает только жизнь тела и человек живет лишь животной жизнью. Последнее нарушение иерархической стройности человеческой структуры несет за собой ряд отрицательных последствий, принимающих различную форму, в том числе форму физических и психических болезней. Однако, на наш взгляд, нарушение иерархической стройности человеческого бытия имеет еще одно более важное последствие, а именно оно связано с нарушением иерархической стройности мира, бытия в целом, в котором происходит нарушение рангов духовных ценностей. Человек строит свою культуру на иных, недуховных (материальных, душевных, абстрактно-идеальных) основаниях. И, как следствие, потерянности человека в мире, отсутствие ясной цели и смысла жизни, ощущение неудовлетворенности жизнью, отчужденности и т.д. В пограничных ситуациях, в ситуациях выбора между однопорядковыми ценностями (например, любовь и реализация своего Я, свобода и воля, любовь и долг) современный человек теряется. В связи с вышесказанным, на наш взгляд, необходимо привести в порядок всю аксиологическую систему, существующую в головах людей, выстроить вокруг какого-то определяющего стержня, который мог бы стать критерием выбора, оценки, предпочтения. В наведении аксиологического порядка может помочь философское учение о ценностях русского философа Н.О. Лосского.

Н.О. Лосский во введении к работе «Ценность и бытие» пишет, что «ценность есть нечто всепроникающее, определяющее смысл и всего мира в целом, и каждой личности, и каждого события, и каждого поступка» [2, С.250]. Всякое изменение, вносимое в мир каким бы то ни было деятелем, имеет ценностную сторону и предпринимается не иначе как на основе ценностных моментов и ради них. Философ выделяет следующие виды ценностей: положительные и отрицательные; абсолютные и относительные; объективные и субъективные.

Ценности имеют два возможных направления – к осуществлению абсолютной полноты бытия и к удалению от нее, поэтому они полярно противоположны, то есть могут быть положительными и отрицательными. Первые есть добро, а вторые – зло в широком смысле этого слова. Философ справедливо отмечает, что добро и зло как положительные и отрицатель-

ные ценности есть нечто базисное, отсюда определить их, указывая на ближайший род и вид, невозможно; поэтому различие добра и зла он считает возможным лишь при нахождении первичного абсолютно совершенного и всеобъемлющего добра, являющегося основой для всех оценок. Такое высшее или Абсолютное Добро есть Бог. Это есть абсолютная положительная ценность.

Итак, «абсолютная положительная ценность – это ценность, сама в себе, безусловно, оправданная, имеющая характер добра с любой точки зрения, в любом отношении и для любого субъекта...» [2, С.288]. Такое добро есть, например, Божественная абсолютная полнота бытия. «Относительная положительная ценность есть ценность, имеющая характер добра лишь в каком-либо отношении или для каких-нибудь определенных субъектов...» [2, С.288]. Отсюда с очевидностью вытекает ее субъективность, то есть значимость для конкретного субъекта. А абсолютная ценность в сравнении с относительной предстает, таким образом, как общезначимая, объективная самооценочность.

Абсолютные ценности в свою очередь делятся на всеобъемлющие (первичные и тварные) и частичные (производные) ценности. К первичным или актуально всеобъемлющим ценностям Н. Лосский относит Троицу. Частичными ценностями являются любовь, истина, свобода, красота, жизнь, нравственное добро и т.д.

Лосский полагает, что «Бог есть само Добро во всеобъемлющем значении этого слова: Он есть сама Истина, сама Красота, Нравственное Добро, Жизнь и т.д.» [2, С.291]. Следовательно, Бог, и именно каждое Лицо Пресвятой Троицы, есть Всеобъемлющая абсолютная самооценочность. Следует заметить, что в этом утверждении русский философ отходит от христианской традиции, так как в христианстве Троица – единство ипостасей – личностей, а Бог – любовь, которая и является способом бытия Бога. Значит, любовь также является абсолютной самооценочностью. У Лосского она сведена к рангу частичных ценностей, поскольку любовь приобретает смысл, наполненность только через Бога и человека (как часть их).

К тварным или потенциально всеобъемлющим ценностям мыслитель относит личность, имеющую возможность принять абсолютную полноту бытия, абсолютные ценности. Все остальные виды бытия, производные из бытия личности, то есть различные аспекты личности, деятельности личностей, продукты их деятельности являются производными ценностями, существующими под условием всеобъемлющего абсолютного добра. Следовательно, личность в аксиологии философа представлена абсолютной ценностью. Ее значимость по рангу стоит выше, чем ценность нравственного добра, красоты, любви, так как последние обретают свою действительную значимость только по мере осуществления их личностью. Они имеют смысл только как аспекты жизни личных существ. С этой наполненностью отпадает угроза их превращения в отвлеченные правила законнической этики.

Данное положение имеет особую важность в ситуации пренебрежения к жизни личности и одновременно страстной любви к какой-либо неличной ценности. Однако следует учесть возможность появления и другой крайности: предпочтение жизненных интересов человека при любом столкновении их с неличными ценностями. Н. Лосский пишет: «Решая вопросы о столкновении интересов личности с задачей защиты и осуществления неличных ценностей, необходимо помнить, что неличные ценности ...вовсе не внеличны: они входят или могут войти в состав жизни личности и придавать ей полноту и содержательность... Нельзя ради жизни утрачивать смысл жизни» [3, С.198]. Но вместе с этим нельзя признать, что неличные, или частичные, ценности являются средством для достижения абсолютной полноты бытия. Они имеют ценность сами по себе, кроме того, в них истекают и выражаются первичные ценности: Бог как Абсолютное Добро и ценность личности.

В реальной действительности частичные ценности часто смешаны со злом, поэтому они становятся относительными. Однако нельзя утверждать, что происходит их субъективация. Ценности по-прежнему общезначимы, но уже в другом отношении: они подготавливают осознание и усвоение абсолютных ценностей, подводят к порогу выхода из зла, то есть их общезначимость определяется служебной функцией.

Различные виды относительных ценностей или относительного добра могут иметь значение для одного субъекта или группы деятелей. Здесь выявляется еще одна группа – субъективные ценности. Для сравнения приведем примеры относительного и субъективного добра: 1) Относительное добро: помощь при переходе улицы, милосердие, любовь, поиск истины, правда и т.д.; 2) субъективное добро: подарок другу, поход в театр и т.д.

Значение относительного добра, по Лосскому, велико. С одной стороны, относительное добро – отрицательная ценность, как это ни парадоксально, так как оно возникло в психомат-

териальном царстве (в реальном бытии). С другой стороны, относительное добро, рассмотренное вне условий появления и своих следствий, является проявлением какого-то порядка и гармонии. Относительное добро пробуждает жажду стремления от дольного мира к горнему миру. Вероятно, последнее утверждение Лосского связано с тем, что деятели, несмотря на все усилия, не могут достигнуть полной гармонии и порядка в психоматериальном царстве. Осознание тщетности подобных попыток приводит некоторых из них к более глубокому мировосприятию, а возможно и к религии.

Существуют также служебные ценности, имеющие характер средств для осуществления положительных ценностей, например подметание комнаты, заполнение анкеты для получения паспорта и т.д. Служебные ценности возможны только в царстве бытия, где есть распады и обеднения жизни: это действия и содержания бытия, имеющие внутреннее отношение не ко всей сложной системе жизни, а к одному какому-либо ограниченному ее элементу. Они повторимы и заменимы, они ценятся не за свое относительно-индивидуальное содержание, а лишь за связь с целью, мыслимой в отвлеченном понятии. В этих средствах любой человек может находить какую-либо самоцель или, по крайней мере, отблеск отдаленной самоцели и находить в них удовольствие.

Из определений ценностей и их классификации видно, что положительные ценности не равны друг другу; между ними есть различия ранга и достоинства. Очевидно, что служебные ценности ниже самоценностей, среди последних – абсолютные самоценности стоят выше относительных самоценностей. В каждой группе при этом существуют, по Лосскому, и различия по рангу: среди абсолютных самоценностей всеобщие стоят выше частичных, а между всеобщими ценностями первичные – выше тварных. Если взять относительные ценности, то здесь ранги определяются, по Лосскому, ступенями нормальной эволюции, то есть биологические ценности выше ценностей неорганической природы, а ценности социального прогресса выше биологических ценностей.

Есть еще один актуальный аспект проблемы ценностей. Нельзя не согласиться с Ю.Ш. Шадиметовым, утверждающим в своей статье, что загрязнение почвы, атмосферы, гидросферы, нарушение биосферного равновесия и т.д. сопровождается возникновением антропогеохимических аномалий и других нежелательных сдвигов в окружающей среде, что, безусловно, оказывает влияние на характер и структуру заболеваемости. Происходит видоизменение уже существующих заболеваний, возникают новые болезни. Однако стоит заметить, что одной медицине и экологии не справиться с этими проблемами. К данной проблематике требуется комплексный подход. Сегодня необходимо изменить отношение к природе, от которой зависит наше физическое и психическое здоровье. В этом ключе невозможно обойтись без изменения общей мировоззренческо-ценностной ориентации современного человека и культуры. Необходимо переориентировать культуру и человека с философии потребительского, сциентистского отношения к природе к философии всеединства и космизма, позволяющей рассматривать человека во взаимосвязи со Вселенной и раскрывающей концепцию ответственного человека перед всем миром, биосферой, Вселенной. Экологическая ориентация сознания современного человека должна стать доминантой нашего времени.

Таким образом, мы полагаем, что при решении данной проблемы необходимо учитывать не только физическое здоровье человека, но и его душевно-духовное состояние, определяющее его как целостную личность и влияющее на здоровье общества. Мы утверждаем, что в вопросе о здоровье человека первостепенное значение имеет именно духовный, аксиологический (ценностный) фактор. Содержание и смыслы понятия «духовное здоровье» определяются, на наш взгляд, во-первых, идеей о возвращении целостности человека и в этом ключе мы солидарны с позицией А.В. Котляровой, а во-вторых, идеей восстановления аксиологической иерархии в бытии современного человека и культуре в целом. Мы считаем, что междисциплинарное, комплексное, целостное и ценностное, словом, философское видение проблемы здоровья человека в свете противоречивых реалий современного мира – необходимое условие её адекватного, гуманистического решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Добринова, А.В.** О духовном здоровье человека / А.В. Добринова // Школа мысли: альманах. -Новосибирск, 2003. -№2. -С. 20-29.
- 2 **Лосский, Н.О.** Бог и мировое зло / Н.О. Лосский. -М.: Республика, 1994. -432 с.
- 3 **Лосский, Н.О.** Условия абсолютного добра / Н.О.Лосский. -М.: Политиздат, 1991. -

368 с.

4 **Серова, И.А.** Здоровый образ жизни человека / И.А. Серова // Философ. науки. -1989. -№2. -С. 98-103.

5 **Шадиметов, Ю.Ш.** Здоровье как важное условие активизации человеческого фактора / Ю.Ш. Шадиметов // Философ. науки. -1987. -№8. -С. 31-39.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *духовное здоровье; теория ценностей*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Целелева Надежда Валерьевна, канд. филос. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГавт»*

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРАВА И МОРАЛИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Л.Г. Слезко

Проведено соотношение вопросов о праве и морали. Значительное внимание уделено анализу сущности права, морали в области регуляции отношений. Раскрываются понятия о праве как о регуляторе общественных отношений и о морали, принципах, на которых она базируется, основных началах и исходных требованиях, охватывающих общественную и личную жизнь человека.

Каждое исторически конкретное общество требует строго определенной меры социального регулирования общественных отношений.

Регулирование общественных отношений осуществляется путем реализации определенных социальных норм: норм права, норм морали, норм, установленных общественными организациями, норм обычаев, норм традиций, норм ритуалов и т.д. В общем плане социальные нормы – это правила поведения общественного характера, регулирующие взаимоотношения людей и деятельность организаций в процессе их взаимодействия.

Как вид социальных норм, моральные установления характеризуются общими родовыми признаками и являются правилами поведения, определяющими отношение человека к человеку. Если действия человека не касаются других людей, его поведение с социальной точки зрения безразлично. Поэтому не все ученые считают нормы нравственности явлением исключительно социальным.

Существует убеждение, что сфера нравственности охватывает сугубо внутренний мир человека, поэтому оценить поступок как нравственный или безнравственный можно лишь по отношению к лицу, которое его совершило. Человек как бы извлекает из себя нормы своего поведения, в себе, в глубине своей «души», дает оценку своим действием. С данной точки зрения человек, взятый отдельно, вне его отношений к другим людям, может руководствоваться нравственными правилами.

Существует и компромиссная позиция в оценке нравственного регулирования. Согласно ей нормы морали имеют двоякую природу: одни имеют в виду самого индивида, другие - отношение индивида к обществу. Отсюда деление этики на индивидуальную и социальную.

Наиболее распространенным и аргументированным является представление об абсолютном характере норм морали и отсутствии в них какого-либо индивидуального фактора. Нравственность представляет не требования человека к самому себе, а требования общества к человеку. Не человек определяет, как он должен относиться к другому человеку. Не отдельный индивид оценивает свое поведение как хорошее или плохое, а общество. Оно может признать поступок нравственно хорошим, хотя он не хорош для индивида, и оно может считать поступок недостойным с нравственной стороны, хотя он вполне одобряем с индивидуальной точки зрения.

Существует точка зрения, что нравственные законы заложены в самой природе человека. Внешне они проявляются в зависимости от той или иной жизненной ситуации, в которой оказывается индивид. Другие же категорически утверждают, что нормы нравственности - это требования, обращенные к человеку извне.

Видимо, нет оснований проводить водораздел между индивидуальным и социальным характером нравственных требований, поскольку в них органически переплетаются элементы того и другого. Ясно одно, что любая социальная норма имеет общий характер, и в этом смысле она адресуется не к конкретному индивиду, а ко всем или к большой группе индивидов. Моральные нормы регулируют не «внутренний» мир человека, а отношения между людьми. Однако не следует упускать из виду индивидуальные аспекты нравственных требо-

ваний. В конечном счете, их реализация зависит от нравственной зрелости человека, прочности его моральных воззрений, социальной ориентированности его индивидуальных интересов. И здесь первостепенную роль играют такие индивидуализированные моральные категории, как совесть, долг, которые направляют поведение человека в русло социальной нравственности. Внутреннее убеждение индивида в нравственности или безнравственности своего поступка в значительной мере определяет и его социальную значимость.

Мораль и право тесно взаимосвязаны, более того, можно говорить о глубоком взаимопроникновении права и морали. Они взаимообуславливают дополняют и взаимообеспечивают друг друга в регулировании общественных отношений. Объективная обусловленность такого взаимодействия определяется тем, что правовые законы воплощают в себе принципы гуманизма, справедливости, равенства людей. Другими словами, законы правового государства воплощают в себе высшие моральные требования современного общества.

В регулировании общественных отношений права взаимодействует с моралью. При уяснении содержания правовых норм необходим не только их всесторонний анализ с учетом требований идей правосознания общества, но и выявление взаимосвязей норм права с принципами и нормами морали, с нравственным сознанием общества. Применение норм права требует проникновения в нравственную оценку жизненных отношений, обстоятельства по конкретному, юридически значимому делу. Анализ моральных отношений необходим при рассмотрении брачно-семейных, а также многих гражданских и уголовных дел.

Как форма общественного сознания, система отношений и норм – мораль зародилась раньше политической и правовой форм сознания, раньше государственной организации общества. Обычаи, мораль регулировали взаимоотношения людей в первобытнообщинном строе. В морали выражены представления людей о добре, зле, справедливости, достоинстве, чести, милосердии. Нормы морали – продукт исторического развития человечества. Они сформировали в борьбе со злом, за утверждение добра, человеколюбия, справедливости, счастья людей. На развитие морали оказывают воздействие социально-политические отношения, другие формы общественного сознания. Моральные принципы и нормы в значительной мере определяются также социально-экономическими условиями жизни общества. В развитии человечества отмечается нравственный прогресс, возрастание нравственной культуры. Однако нравственное развитие человечества претерпевает определенные противоречия. Общечеловеческое в морали сталкивается с проявлениями группового морального сознания, происходит взаимодействие общечеловеческого и классового. Значительное влияние на мораль, на утверждение общечеловеческих норм в ней оказывает религия. Общечеловеческое содержание нравственности обрело выражение в «золотом правиле»: «поступай по отношению к другим так, как ты хотел бы, чтобы они поступали по отношению к тебе». Принцип морали – это основные начала, исходные требования, охватывающие общественную и личную жизнь человека. Они конкретизируются в виде норм, регулирующих поведение людей в определенных жизненных ситуациях. Нормы морали тогда становятся действенной основой нравственного поведения человека, когда они утверждаются в его самосознании, приобретают качество убеждения, сливаются с его чувствами.

История развития цивилизации свидетельствует, что право и мораль как составные части культуры общества органически связаны друг с другом. Правовая система государственно-организованного общества закрепляет жизненно важные для всего общества требования морали, нравственную культуру населения страны, исходит из того, что нравственная основа права является важной составной величиной общей регулятивной потенции права, что право должно быть нравственным, законы должны быть справедливыми и гуманными.

Величайшую нравственную ценность представляют собой основные права человека – юридическое выражение его свободы и достоинства. Фактическая реализация этих прав является условием обретения человеческого счастья, ибо права человека по существу есть его устремление к счастью, признанное законом.

Связь права и морали находит выражение и в теории права, в интерпретации ряда юридических проблем. Например, имеющий давнюю историю вопрос о соотношении права и закона можно верно понять и решать, исходя из органической взаимосвязи права и морали. В познании качества закона аксиологический подход предполагает в оценке содержания закона применение категорий справедливости, гуманности. Закон может оказаться не соответствующим этим социально-философским и этическим категориям. В этом случае закон не может быть признан подлинным правом. Однако, различая право и закон, нельзя догматически противопоставлять их друг другу, следует исходить из презумпции: закон есть право.

Это укрепляет престиж закона, правопорядок и общественную нравственность.

На действие норм морали оказывают влияние весь уклад жизни общества, само социальное общение индивидов. Учреждения культуры воспитывают граждан в духе правового и нравственного сознания. Активную роль в воспитании нравственной культуры личности играет положительный пример сограждан, способствующий тому, что требования общественной морали становятся убеждением, составной частью самосознания, жизненной позиции человека. Вместе с ростом сознательности граждан возрастает эффективность правового регулирования общественных отношений, выполнение требований норм права воспринимается гражданами как долг перед обществом и государством, расширяется и углубляется взаимодействие права и морали.

Право в целом соответствует моральным взглядам, убеждениям народа. В жизненных обстоятельствах возникают определенные противоречия между правосознанием и моральным сознанием общества, отдельных социальных групп, «столкновения» между нормами морали и права. В том случае, когда нормы права приходят в противоречие с общественным мнением, требованиями нравственности, долгом компетентных государственных органов является принятие необходимых мер по совершенствованию правового регулирования. Практика внутригосударственной и международной жизни свидетельствует, что противоречия между правом и моралью имеются в регулировании имущественных, семейных, трудовых, экологических, международных отношений. Противоречия между правосознанием и моральным представлением могут быть в определении преступления, административного проступка, мер уголовной, административной, имущественной ответственности.

Право и мораль имеют общие черты, свойства. Главные их общие черты проявляются в том, что они входят в содержание культуры общества, являются ценностными формами сознания, имеют нормативное содержание и служат регуляторами поведения людей. Право и мораль имеют общие социальные, экономические, политические условия жизни общества, служат общей цели – согласованию интересов личности и общества, обеспечению и возвышению достоинства человека, поддержанию общественного порядка. Их единство, как и единство всех социальных норм цивилизованного общества, основывается на общности социально-экономических интересов, культуры общества, приверженности людей к идеалам свободы и справедливости.

Что же общего между правом и моралью? Право и мораль:

- и те, и другие являются надстроечными явлениями над экономическим базисом и обществом;
- имеют общую экономическую, социально-политическую и идеологическую основу;
- им свойственна общая цель: утверждение общечеловеческих ценностей в обществе;
- они состоят из общих правил поведения, выражающие определенную волю, т.е. направлены на установление и поддержание на необходимом уровне дисциплины и порядка в обществе;
- имеют нормативный характер, и в тех, и в других присутствуют санкции, обеспечивающие негативные последствия для нарушителей нормы;
- представляют собой средства активного воздействия на поведение людей.

Наряду с общими чертами существуют и отличительные особенности морали и права. Мораль появилась еще до разделения общества на классы и становления государства. Право же состоит, установленных в определенном порядке компетентными государственными органами и зафиксированных в юридических актах. Оно выражает волю государства, правосознание народа, социальных групп, стоящих у кормила государственной власти. Нормы морали складываются в общественном мнении. Принципы и нормы морали могут быть систематизированы, собраны в «моральном кодексе», но в целом нравственные воззрения, представления, требования выражаются в общественном мнении, передаются им. Моральные воззрения, идеи передаются художественной литературой, искусством, средствами массовой информации.

Мораль охватывает область отношений более широкую, нежели сфера отношений, регулируемая правом. Многие взаимоотношения людей в быту, коллективе, семье являются объектами морали, но не подлежат правовому регулированию. Содержание норм права характеризуются большей конкретностью, в правовых нормах в ряде случаев предусматриваются весьма подробные детали, связи. В правовых нормах выражен государственный подход к оценке конкретных общественных отношений. Моральные требования отличаются более широким содержанием, дают больший простор для толкования и применения. Напри-

мер, мораль осуждает все виды обмана и лжи. В праве же осуждение конкретизируются применительно к отдельным видам неправомерного обмана. Отличие норм права от морали проявляется также в характере гарантий выполнения этих норм. Требования морали и права выполняются большинством людей добровольно в силу понимания их справедливости. Нормы морали исполняются в силу личной убежденности, привычек человека.

Право, закон имеют в качестве специфической гарантии исполнения авторитет и силу власти государства, обеспечиваются при необходимости мерами государственного принуждения. Следовательно, нормы права и морали в определенных случаях опираются и на меры принуждения. Но характер мер принуждения и способ их осуществления в праве и морали различны. В сфере морали принуждение выступает в форме общественного мнения, воздействия социальной общности, коллектива. Общество в случае совершения человеком аморального поступка определяет меру морального осуждения, воздействия. Моральные нормы не регламентируют заранее конкретные меры и формы воздействия. В качестве одной из мер морального воздействия может быть осуждение поступка человека на собрании коллектива, нравственное порицание, предупреждение, исключение из общественной организации. В случае правонарушения соответствующие правоохранительные органы обязаны принять надлежащие меры, предусмотренные законом.

Нарушение норм права предполагает строго определенный процессуальный порядок привлечения виновного лица к юридической ответственности. Нарушение же моральных норм такого порядка не предполагает.

Различие между правом и моралью проявляется в оценке мотивов поведения лица. Право предписывает необходимость всесторонней оценке поведения человека, совершившего правонарушение или преступление. Но с правовой точки зрения безразлично, какими мотивами руководствовался человек в конкретном случае, если его поведение по своим результатам было правомерным, законным. С точки зрения морали, важно выявить стимулы, мотивы человека, его намерения в выборе определенного поведения, являющегося правомерным.

С помощью права государство добивается утверждения в сознании граждан, всего населения общечеловеческих, прогрессивных норм морали, борется с несправедливостью, злом и пороками. Гражданское и уголовное судопроизводство призвано укреплять законность, воспитывать людей в духе уважения к праву, закону, справедливым и законным интересам личности и общества, государства.

Анализируя соотношение права и морали, можно заключить, что выполнение правовых норм в значительной мере обуславливаются тем, в какой мере они соответствуют требованиям морали. Нормы права не должны противоречить положительным устоям общества. Вместе с тем требования общественной морали непременно учитываются государственными органами при разработке нормативных актов государства.

Воздействуя на правовую жизнь общества, мораль способствует укреплению общественного порядка. Служебная функция морали во взаимодействии с правом выражается в том, что мораль возвышает качество правового и в целом всего общественного порядка. Это можно проследить на действии правового положения «Все, что не запрещено законом – разрешено» в регулировании общественного порядка. Реализацию этого принципа нельзя понимать абсолютно, в том смысле, что человек должен руководствоваться лишь названным принципом. В сознании индивида есть такие факторы, как ответственность, совесть, честь, достоинство, долг, которые проникают в правосознание лица, взаимодействуют с ним, корректируют его правовое поведение. В условиях становления рынка в нашей стране совершенствуется правовая основа частной собственности, договорных отношений. Частный интерес, предпринимательская инициатива, прибыль все больше обретают приоритетное значение. Утверждается и совершенствуется предпринимательская этика. Среди принципов, исповедуемых в предпринимательской деятельности, важное место занимает суждение: «Прибыль выше всего, но честь выше прибыли». В этом суждении находит выражение моральное сознание цивилизованного предпринимателя.

Право должно способствовать утверждению идеалов добра и справедливости в обществе. Судебные и другие правоприменительные органы обращаются при определении юридических мер к моральным нормам, а некоторые правовые нормы непосредственно закрепляют моральные нормы, усиливая их юридическими санкциями. Через право осуществляется охрана моральных норм и нравственных устоев.

Эффективность правовых норм, их исполнение во многом обуславливается тем, на

сколько они соответствуют требованиям морали. Чтобы правовые нормы работали, они, по крайней мере, не должны противоречить правилам морали. Право в целом должно соответствовать моральным взглядам общества.

Всякое нарушение норм права является аморальным поступком, но не всякое нарушение моральных норм является противоправным деянием. В некоторых случаях право способствует избавлению общества от устаревших моральных догм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: право и мораль; общественные отношения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Слезко Людмила Григорьевна, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ПРАВОВЫЕ ИДЕИ В ТРУДАХ РУССКИХ РЕЛИГИОЗНЫХ МЫСЛИТЕЛЕЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Т.Е. Зинченко

Проведен анализ самобытных черт русской философии права. Исследуются такие актуальные проблемы, как сущность права, причины правового нигилизма, свобода личности.

Анализируя достижения западной цивилизации К. Ясперс в своё время заметил, что современные технические достижения были бы невозможны без развитой правовой основы. В настоящий момент, при попытке ориентировать экономику России на инновационные технологии, этот важный аспект, к сожалению, не учитывается. Это тем более прискорбно, что в конце XIX начале XX века были сформированы теоретические основы права, особенно актуальные для современного общества.

Огромную роль в развитии русской философии права сыграли славянофилы в лице А.С. Хомякова, И.В. Киреевского, Ю.Ф. Самарина, К.С. Аксакова и др. Самыми насущными задачами в области внутренней политической жизни крепостной России они считали отмену крепостного права и проведения нового разделения полномочий между государственной властью (самодержавием) и общественностью (народом). Ю.Ф. Самарин развивал естественно-правовую концепцию, в которой права личности крестьянина рассматривались как естественные права, согласованные с потребностями в свободном развитии человеческой природы и соответствующие порядку и законам, предустановленным творцом.

Зачастую идеи славянофилов трактуют упрощенно и односторонне. В основном рассматривают ту часть учения, где они отвергают западный путь развития для России, отрицали необходимость для нее заимствования западных форм государственного устройства, основанных на конституции, народном представительстве, борьбе политических партий. Указывают, что они видели самобытность русского народа в сохранении и развитии сельской общины и артели. В самом деле, славянофилы идеализировали суть русской общины. Но при этом ими были высказаны интересные идеи по поводу развития права и правосознания в России. Так И.В. Киреевский был против слепого копирования западных форм жизни, в частности, он выступал против западного либерализма. Он считает, что западное право, являющееся наследницей римского, существенно отличается от правового устройства России. Киреевский указывает, что все здание западноевропейского общества строится на праве собственности. Личность же является понятием производным. В противовес многим мыслителям Киреевский заявляет, что основанием русской общественности является личность, а «право собственности только ее случайное отношение». На примере русской общины он показывает, что в России традиционно личность стояла над собственностью, а не наоборот. Так площадь земли общины зависела от количества семей, ее возделывающих. Точно также как количество земли, принадлежащей семье, зависит от количества лиц, ее составляющих, с увеличением семьи увеличивается и площадь земли. Киреевский полагал, что общество складывается «не из частных собственности, к которым приписывались лица, но из лиц, которым приписывалась собственность» [1].

Киреевский выступает не против права, а против абсолютного значения права в обществе, что характерно для Запада. Он считает, что закон, выражающий собой случайное мнение, уродует «естественные и нравственные отношения людей». Этот вывод, что закон на Западе выражает случайное мнение, у мыслителя не вызывает сомнений. Он считает, что западная «общественность основана на искусственных условиях», закон там рождается как логическая формула отвлеченного разума. В России же закон вырастал из самой жизни и

только потом записывался, тем самым он выражает убеждение народа.

Итак, уже Киреевский понял, что западная правовая система является только частным случаем права, Россия имеет иные духовные основания, поэтому западное право русским человеком всегда будет отторгаться как нечто чуждое и искусственное. Но правовые воззрения славянофилов не лишены недостатков. Так, при стремлении укоренить право в высшем духовном источнике, в Абсолюте, они вдруг обращаются к традиционным укладам жизни, к народным убеждениям, тем самым, происходит смешение права и обычая.

Чтобы разобраться в дальнейшем развитии русской философии права, следует остановиться на следующем моменте. После отмены крепостного права в России был введен суд присяжных. Однако произошло нечто странное, присяжные стали выносить оправдательные приговоры без всякого на то основания. Ф.М. Достоевский заметил по этому поводу, что у нас сам суд отрицает себя. Поэтому для развития правовой системы было необходимо преодолеть правовой нигилизм, развившийся не только в нигилистических, анархических философских системах, но и в судебной практике. Некоторые мыслители связывали это состояние в России с сущностью Православия. Так Ф.А. Степун отмечает, что «православие в отличие от католичества не освоило античного учения о «естественном праве», согласно которому каждому человеку от рождения присуще не отменяемая никакими законами государственных учреждений или общественных организаций исконное право на жизнь в свободе и исповедание истины» [2]. С этим трудно согласиться. На наш взгляд сущность Православия не противоречит идее правового государства.

Но кроме религиозных, правоведа указывают и другие причины неразвитости в России правосознания. Б.А. Кистяковский видит причину этого явления, во-первых, в том, что, несмотря на имеющиеся у нас юридические исследования, не было общественно значимой литературы по праву. Если в Англии правосознание развивалось под влиянием произведений Гоббса, Мильтона, Локка: во Франции – Монтескье и Руссо, в Германии – Канта, Фихте, Гегеля, то ничего аналогичного нельзя указать применительно к России. В самом деле, в России первым серьезным мыслителем, затронувшим вопросы права и правосознания, стал Достоевский. С другой стороны, причиной притупленного правосознания является «отсутствие какого бы то ни было правопорядка в повседневной жизни русского народа» [3].

Следует добавить, что правовой нигилизм произрастает из убеждения, что основным признаком права является принуждение. Таким образом, борясь с принуждением, с насилием над человеком, сторонники этой теории отрицают право. Например, Л.Н. Толстой отрицая все виды цивилизованного общественного устройства, предлагал строить социальную жизнь на нравственных началах.

Преодолеть правовой нигилизм попытался Вл. Соловьев, высказав точку зрения, что право не противоречит нравственности, а является ее необходимым минимумом. Эту идею он развил в трактате «Оправдание добра». Однако задолго до написания этого трактата Соловьева интересовали правовые проблемы, их связь с нравственностью. Достаточно вспомнить только один факт из его биографии. После убийства царя Александра II народовольцами он читает публичную лекцию. В ней содержался призыв помиловать преступников. По мнению философа смерть, которая по существующему закону ожидает убийц, есть дань языческому принципу: око за око, смерть за смерть, т.е. принципу возмездия. Преступники должны быть наказаны, удалены из общества, но наказание не должно быть местью. Царь, как «помазанник Божий», должен показать пример христианского милосердия и жалости к безумным злодеям.

Значительно позднее Соловьев поясняет, что месть со стороны государства по отношению к преступнику есть следствие того, что юридическое сознание и практика не избавились от устаревших принципов возмездия и устрашения, безнравственных по своей сути. Таким образом, сохраняя эти принципы, право отрывается от нравственного начала, что ведет к правовому нигилизму. Закон, который выполняется с целью возмездия, не может вызывать уважения в обществе.

Положение о принудительной реализации определенного минимума добро было выдвинуто им в противовес правовому нигилизму Льва Толстого, отстаивающего, прежде всего, идею морального совершенствования личности и отрицавшего все другие формы реализации добра. Соловьев очень точно подметил, что за благодушными призывами Толстого к ненасилию, любви, смирению скрывается бунт против Бога. «Ссылаться в этом случае на благодатную силу Провидения, долженствующую удерживать и вразумлять злодеев и безумцев, есть не более как кощунство: нечестиво возлагать на Божество то, что может быть

успешно сделано хорошою юстицией» [4] – пишет Соловьев. Философ показывает, что правовой закон, запрещая исполнять злые поступки, не мешает выполнять высший нравственный идеал, например, любить своих врагов. Право не позволяет обществу опуститься ниже минимальной степени нравственного состояния, но не мешает стремиться к высшему нравственному идеалу. Таким образом, проблемы противопоставления права и нравственности, отрицания права в пользу нравственности, как считает философ, является надуманной. Проблема несправедливости, насилия в обществе содержится не в идее права, а в слабой степени развития правового сознания.

Что касается наказания преступника, Соловьев выступает против «заранее предопределяемой меры». Преступника он сравнивает с больным, задача же правоохранительных органов заключается в лечении нравственной болезни, поэтому «предписывать бесповоротно способ и продолжительность лечения противно разуму». Принцип строгого соответствия наказания совершенному преступлению не кажется Соловьеву самоочевидным, напротив, он считает, что «последствия преступления для преступника должны находиться в естественной и внутренней связи с его действительным состоянием», а вовсе не с содеянным.

Идеи, высказанные Соловьевым, были чрезвычайно актуальны для России XIX века, как, впрочем, и для современной. И все же позиция, сводящая право к нравственности, столь характерная для русской философской мысли, не может способствовать развитию правосознания, поскольку не усматривать собственных специфических задач права. В дальнейшем Вл. Соловьев пересматривает данную позицию и приходит к иному пониманию права.

Огромное влияние на развитие русской философии права оказал Ф.М. Достоевский. По мнению П.И. Новгородцева, именно в произведениях Достоевского «мы находим глубочайшие основы русской философии права» [5]. Этот великий писатель убедительно показал, что право может играть только второстепенную, служебную роль, никакими законами нельзя изменить внутреннюю сущность человека, но, изменяя себя, человек меняет и «среду». Достоевский был, пожалуй, первым, кто задумался о роли страдания в спасении и самоочищении человека. Но проблема страдания, как показал Достоевский, касается не только осужденных, преступников, но и самих судей. Писатель задумывается, каким образом можно понять то, что суды присяжных заседателей с завидным упорством выносят оправдательные приговоры. Жалостью это трудно объяснить. Английские судьи, воспитанные в христианском духе, также обладают жалостью, или, по крайней мере гуманностью, но в суде они зло называют злом, а преступника преступником. Там судья выступает не как частное лицо, а от имени всего английского общества, это и есть гражданская позиция. «Способность быть гражданином – это и есть способность возносить себя до целого мнения страны», – делает вывод писатель [6]. Позиция наших присяжных выявляет неразвитость гражданского чувства, неспособность нести груз ответственности. Достоевский считает нормальным, если у судьи возникает боль за осужденного, это доказывает взаимную связанность людей в добре и зле. Но суды, оправдывающие злодеев, не желают или боятся разделить боль с осужденным. Таким образом, оправдательные приговоры объясняются не жалостью, а нежеланием принять страдание. И как бы обращаясь к судьям, Достоевский заявляет: «Правда выше вашей боли». Неразвитая личность, неспособная к гражданской ответственности, уклоняется от боли, страдания.

Оправдательные приговоры судов являются следствием не жалости к преступнику, а результатом тупого равнодушия, характерного для коллективистского сознания, с одной стороны, а с другой стороны, с ложно понятой идеей связанности людей в добре и зле. Отмена крепостного права, судебная реформа показали, что русская община является не идиллией, как полагали славянофилы, а серьезным препятствием на пути дальнейшего развития России.

В дальнейшем большую роль для развития правосознания в России играло осмысление сущности права. Философы и правоведы пытались развенчать представления Л.Н. Толстого о том, что сущность права заключается в насилии. Многие мыслители пошли по пути этизации права, например С.Л. Франк, который указывал на принципиальную однородность права и нравственности.

Е.Н. Трубецкой же указывал, что теория, сводящая право к принуждению «не выражает существенных отличий права от нравственности» [7], а существующее воззрение о различии права и нравственности по способу их осуществления в корне неверно. Считается, что юридические нормы исполняются с помощью принуждения, а нравственные – на основании

доброй воли. Эти аргументы, указывает Трубецкой, несостоятельны. Во-первых, физическое принуждение к праву не применяется. Человек свободно выбирает, выполнять ему ту или иную правовую норму или нет, и лишь при несоблюдении норм его могут наказать. При этом «никакая внешняя сила не может заставить людей вообще не совершать преступлений». Философ указывает, что применительно к праву можно говорить только о психическом принуждении. Но тогда принуждение вообще не является отличительным признаком права, поскольку нравственные нормы и условные правила общежития осуществляются при содействии психического принуждения. С другой стороны, указывает Трубецкой, принуждение совершается в большей мере в таких государствах, в которых нет прочного законного порядка, тогда «самое большое беззаконие ... приобретает характер принудительной нормы». В-третьих, принуждение не является основным признаком права еще потому, что оно применяется в хорошо организованном обществе только в случае свершившегося правонарушения. В принципе можно представить идеальный случай, когда общество при наличии права может существовать без принуждения.

Идею о том, что право не следует отождествлять с принуждением и насилием над человеческой личностью, углубляет Н.Н. Алексеев. Он указывает на то, что именно право защищает личность от произвола власти, охраняет автономию личности. Правовед отмечает, что «в известной мере холодность права является целесообразным и необходимым средством общения» [8]. Правовой нигилизм идет от непонимания сущности права. Бытует мнение, что правом является только то, что закреплено в нормативных документах. Однако право закрепляет в отношениях различия между людьми, иерархию, устанавливает некоторую дистанцию, что придает межличностным отношениям корректность, взаимоуважение. Нельзя требовать любить всех людей, но можно требовать уважительного отношения ко всякой личности. Алексеев также выступает против сведения права к нравственности, поскольку существуют проблемы в социальной жизни, которые не охватываются нравственностью. Есть юридические нормы, имеющие самостоятельное, независимое от нравственности содержание. Поэтому отказ от права означал бы обречение этой области на хаос.

От устойчивой традиции этизации права, столь характерной для России, отходит и Н.А. Бердяев. Этот философ считает, что нравственный закон любви не может быть основой государства, поскольку «свобода и независимость человека требуют того, чтобы в основу государства была положена не только любовь, но также принуждение и право» [9]. Далее он добавляет, что преобладание одного начала, например, нравственности, в общественной жизни «ведет к тирании, к угашению многообразия и богатства жизни». Бердяев утверждает, что добро осуществляется не только благодаря нравственному началу, но и все общественные институты призваны служить добру. Взаимодополнительность различных начал в общественной жизни, их взаимодействие ведет к свободе и многообразию, если эти начала подчинены высшему «духовному центру». Право, по мнению Бердяева, имеет своим источником трансцендентное начало, оно есть «выражение воли сверхчеловеческой, абсолютной, объективно разумной» [10]. И поскольку природа человеческой личности трансцендентна, в глубине ее находят отражение представления об абсолютной правде и справедливости, т.е. право укоренено в глубинах человеческого существа. Б.Н. Чичерин также считает источником права метафизическую сущность человека. Человек свободен и может требовать уважительного к себе отношения в силу того, что является носителем абсолютного начала. Таким образом, «внешняя свобода становится правом, то есть требованием, единственно потому, что она составляет явление внутренней, абсолютной свободы лица» [11]. Равенство людей перед законом, по мнению Чичерина, также связано с метафизической сущностью человека, в эмпирическом же плане люди между собой не равны.

Итак, и западные, и русские философы источником права считают свободу личности. Однако на Западе личность понимается как автономное, независимое существо, независимое как от своего окружения, так и от высших сил. В России же считается, что человек несет в себе личностное начало в силу своего божественного происхождения. Именно на этом основании право связано с Абсолютом. Это не могло сказаться на трактовке естественного права. Западная трактовка естественного права оказалась неприемлемой.

Рядом русских мыслителей конца XIX-начала XX вв. была высказана мысль о праве на достойное существование (Вл. Соловьев, П.И. Новгородцев, Н.А. Бердяев, С.И. Гессен и др.), особенно актуальная для нашего времени. С формальной точки зрения это искажает саму природу права, основным постулатом которого является равная свобода для всех. Но П.И. Новгородцев доказывает, что для того, чтобы человек реально, а не просто формально,

был свободен, он должен обладать некоторыми средствами. «Задача и сущность права состоит действительно в охране личной свободы, но для осуществления этой цели необходима и забота о материальных условиях свободы; без этого свобода некоторых может остаться пустым звуком, недостижимым благом, закрепленными за ними юридически и отнятым фактически» [12]. Мыслитель уточняет, что забота о материальных условиях незащищенных слоев населения не является самоцелью, а является средством для выполнения целей более высокого порядка. Заботиться о материальных условиях существования необходимо во имя достоинства личности, это первое, а второе, во имя охраны свободы.

Итак, идеи, высказанные русскими мыслителями Серебряного века по поводу сущности права, свободы и достоинства личности, актуальны для современной России, поэтому могли бы стать основой для формирования правосознания, для преодоления правового нигилизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Киреевский, И.В.** О характере просвещения Европы и его отношении к просвещению России / И.В. Киреевский // Критика и эстетика. -М., 1998. -С. 266-314.
- 2 **Степун, Ф.А.** Чаемая Россия / Ф.А. Степун. -СПб.: РХГИ, 1999. -С. 376.
- 3 **Кистьяковский, Б.А.** В защиту права / Б.А. Кистьяковский // Власть и право: из истории русской правовой мысли. -Л., 1990. -С. 176.
- 4 **Соловьев, В.С.** Оправдание добра / В.С. Соловьев // Сочинения: в 2т. -М., 1988. -Т.1. -С. 394.
- 5 **Новгородцев, П.И.** О своеобразных элементах русской философии права / П.И. Новгородцев // Сочинения. -М., 1995. -С. 373.
- 6 **Достоевский, Ф.М.** Дневник писателя: избр. страницы / Ф.М. Достоевский. -М.: Современник, 1989. -С. 45.
- 7 **Трубецкой, Е.Н.** Энциклопедия права / Е.Н. Трубецкой. -СПб.: Лань, 1999. -С. 24.
- 8 **Алексеев, Н.Н.** Основы философии права / Н.Н. Алексеев. -СПб.: Лань, 1998. -С. 72.
- 9 **Бердяев, Н.А.** Философия неравенства / Н.А. Бердяев. -М., 1990. -С. 90.
- 10 **Бердяев, Н.А.** Государство / Н.А. Бердяев // Власть и право: из истории русской правовой мысли. -Л., 1990. -С. 290.
- 11 **Чичерин, Б.Н.** Нравственный мир / Б.Н. Чичерин // Русская философия права: философия веры и нравственности. -СПб., 1997. -С. 101.
- 12 **Новгородцев, П.И.** Право на достойное существование / П.И. Новгородцев // Сочинения. -М., 1995. -С. 322-323.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: философия права; свобода личности

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зинченко Татьяна Елисеевна, канд. культурологии, старший преподаватель ФГОУ ВПО «НГАВТ»

СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ ВЗГЛЯДЫ ТВОРЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В ГОДЫ НЭПА (1922-1927 ГГ.)

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.А. Шапиро

Показана эволюция социально-философских взглядов дальневосточной интеллигенции в сложный противоречивый исторический период НЭПа (1922-1927 гг.). Выделяются группы интеллигенции, рассматривается эволюция воззрений с учетом направлений творческой деятельности.

Безусловно, переход к новой экономической политике должен был изменить характер культуры в государстве. «Внешне нэп выглядел как признание социального разнообразия и разности интересов. На согласовании последних только и возможно было построить стабильное и процветающее общество, в котором противоречия снимались бы не ликвидацией отдельных групп, а обращением этих противоречий в пользу всего общества» [1, С.25].

Однако подобная альтернатива не получила развития, а в «специфических условиях Дальнего Востока, при отсутствии мощных издательств и сколько-нибудь значительных писательских сил, ярко выразилось две основные особенности «борьбы» в литературе регио-

на. Во-первых, все писательские кадры сконцентрировались вокруг местной прессы и периодики. Во-вторых, книжный рынок региона заполнился не столько местными изданиями, сколько художественной литературой, ввозимой из центра: кроме того, местные издательства ориентировались, главным образом, на маститых писателей центра и «эмиграции» [2, С.147]. Изменился облик творческой интеллигенции, или лиц, «так называемых свободных профессий». Здесь так же наметились тенденции расслоения, с одной стороны, а с другой – появились новые представители, выходцы из различных слоев населения.

В 1923-1924 гг. развернулась кампания вокруг писателей попутчиков. Это была большая группа писателей, пестрая по своему составу, но объединенная политической позицией. Это были беспартийные сторонники новой власти, хотя некоторые из них ратовали за аполитичность писательского труда. Попутчики печатались в разных журналах, к ним принадлежали: К. Федин, Н. Асеев, М. Шагинян, Н. Тихонов, Вс. Иванов, а некоторые из них были авторами журналов несоветского содержания [3, С.227]. На Дальнем Востоке можно назвать, пожалуй, нескольких представителей этой группы: Н. Асеев и Вс. Иванов.

Н. Асеев приехал на Дальний Восток в 1920 году после образования ДВР (Дальневосточной Республики) вместе с его коллегами-футуристами. Они проводили достаточно активную работу по пропаганде творчества В.В. Маяковского и печатали свои произведения в журнале «Творчество», который издавался в Чите. В основном писатели и поэты пропагандировали лозунг «Искусство для искусства». Однако большевики в лице Дальбюро РКП(б) выступили против «буржуазного влияния в искусстве», и уже осенью 1922 года из Читы выехали представители группы «Творчество».

Вс. Иванов (1888-1971) – писатель, который эмигрировал в конце 20-х годов в Китай. В 1932 году в Харбине были напечатаны его очерки «Огни в тумане», где проявилось его отношение к событиям 1917 года, позиция писателя по многим актуальным вопросам в 20-е годы. Показательны в этом отношении очерки «Свободная вакансия» и «К толпе». В первом он дает характеристику прессе в СССР это «...однородная, серая масса казенного материала, откуда бесполезно ждать какого-нибудь живого слова...» [4, С.197]. Если в эмигрантской прессе есть определенного рода состоятельность идей в публикациях, то в советской прессе распространяется серость и скука. Но самое важное, заметил автор, что «нет публициста во всероссийском масштабе, который мог бы обращаться своим независимым, правду несущим голосом-красным и белым половинам» [4, С.201]. Писатель упрекает интеллигенцию, потому что среди них нет фигуры, которая бы «рисковала на пересмотр многих положений». Самое главная проблема в том, на Руси нет человека, который только бы «распахнул свое сердце и нашел бы там, что ему надо говорить так, чтобы только гром пошел на Руси...» [4, С.201]. В втором очерке «К толпе» он предлагает своеобразный выход из положения: «Идеям Маркса и прочим глупостям и пошлостям противопоставьте свои идеи....Пересмотрите русскую историю...Поймите без сентиментальности, что такое русский народ... и поверьте, линия консерватизма бесконечно умна и оправдана...» [4, С.201, 207]. Как видим, у Н. Асеева была своя позиция по отношению власти, во второй половине 20-х годов он стал писать революционные и гражданские произведения [5, С.169].

Уже в 1925 году партия приняла резолюцию «О политике партии в области культуры», где поддерживался курс на соревнование различных писательских группировок, хотя в резолюции и подчеркивалось приоритетное значение пролетарского литературного движения [3, С.144]. В газете «Забайкальский рабочий» после публикации резолюции была опубликована статья «Еще раз о критике», где говорилось, что искусство – это «средство эмоционального заражения масс и поэтому форма очень важна» и что «без литературной техники писатели не создадут художественно убедительных произведений, вдохновляющих пролетариат на активное строительство новой жизни» [6].

Реакция представителей творческой интеллигенции края не заставила себя ждать. По горячим следам гражданской войны стала разрабатываться тема героической борьбы за власть Советов на Дальнем Востоке. Кроме этого, в литературу тех лет входит «тема борьбы за социалистическое переустройство жизни края – тема труда и переделки сознания людей» [5, С.171]. Об этом свидетельствовали произведения А. Богданова, Н. Костырева, В. Кручины, К. Рослого. Помимо этих тем, стала активно разрабатываться тема гражданской войны на Дальнем Востоке. Появились литературные произведения самых различных форм: очерки о гражданской войне в Сибири П. Парфенова, воспоминания «Амур в огне» И. Безродных, повести и рассказы С. Шилова, поэма Н. Асеева «Семен Проскаков». Основная тема произведений поэтов, писателей, в 1923-24 гг., безусловно, ленинская; другая те-

ма, не последняя по значимости и актуальности – борьба трудящихся разных национальностей совместно с советскими рабочими и крестьянами против интервентов и белогвардейцев (например, поэма А. Богданова «Ван Юн-Чан», циклы корейских и маньчжурских стихов П. Комарова, поэма «Ли Чан» В. Туркина, повесть «Перекоп» ушел на юг» В. Кучерявенко, роман «Ветер богов» В. Ефименко.

Существенно изменилась ситуация в Забайкалье, из которого в связи с переносом краевой столицы в Хабаровск, «разъезжается интеллигенция: одни для работы в краевом центре, другие – в Москву на учебу», поэтому «в культурную жизнь включаются широчайшие низы», «растет новая, рабоче-крестьянская интеллигенция» [7, С.168, 169]; появилась новая форма творческой активности людей – живые журналы при рабочих клубах и сельских народных домах: «Идея живого журнала нова даже для Москвы. Идея живого журнала возникла и действительно плодотворно расцвела на дальнем Востоке, где в настоящее время по рабочим, военным и школьным клубам насчитывается свыше 200 постоянно действующих живых журналов» [8]. В творчестве появились новые темы, основная – утверждение новой жизни. Например, поэтесса Н. Малькова писала [9]:

Прочь большие песни, старые!
В них лишь вздохи и тоска,
В них все чуждо пролетарию
Высям правды и ума.
Нам же солнца...солнца красного,
Нам весенних алых бурь,
Новой жизни – гимна властного,
Песнь – одетую в лазурь...

Или стихотворение А. Литвинцевой «Комсомольское», где она пишет о полной и светлой и бурлящей жизни. Другая тема того периода – это тема труда. Вот лишь некоторые названия стихотворений тех лет, написанные писателями Забайкалья: «Грузчик», «Электромонтер», «Стрелочник», «Кондуктор», «Шахтеры», «В шахте», «На прииске», «В сельской кузнице».

Следовательно, творческий процесс регламентировался партией повсеместно, это имело отношение к поэтам, писателям Дальневосточного края. Тем не менее, возможно сделать предположение, что имела место и другая тенденция; ведь с развитием новой экономической политики стал формироваться новый дух, идеологическое оживление, что привело к появлению новых идеологических настроений в первые годы НЭПа,[1,С.39], об этом свидетельствовало распространение сменовеховской позиции (статьи Н. Устрялова, например).

Таким образом, на смену так называемому «буржуазному масскульту» пришла «революционная пролетарская идеология», но в самой примитивизированной форме [2, С.112]. Причем здесь, как указывает историк И.Д. Саначев, проявились две тенденции по отношению к культуре и ее представителям: с одной стороны – это восстановление и оживление культурной жизни страны после гражданской войны, а с другой - вытеснение из этой культуры всех элементов инакомыслия [2, С.113].

Иначе говоря, устанавливается идеологический диктат во всех сферах общественной жизни. Эта идея еще ранее (в 1921 году) была представлена в сборнике «Новая экономическая политика и очередные задачи партии». В. Молотов в своей статье так высказывался по этому вопросу: «За время военного периода сложилась привычка смотреть на партию ..., как на партийно-политического руководителя аппарата распределения и мобилизации партийных сил...было недостаточное влияние ... действительного коммунистического руководства в различных сферах жизни общества» [10, С.16-17]. Вероятно, и на Дальнем Востоке имела место тенденция трансформации «культурной революции», особенно в конце 20-х годов. «Если в первые после революции годы под культурной революцией понимались ликвидация неграмотности и общий подъем уровня знаний народа, то в конце 20-начале 30-х годов данное понятие означало воинственное преодоление остатков «буржуазности» (старой, подлинной культуры, традиций и т.п.) с активной заменой всего этого материалистической идеологией со строго выраженным коммунистическим содержанием» [11, С.19].

Несколько иная ситуация складывалась в журналистской среде. Переход к новой экономической политике требовал перемен в этом направлении. Для общего идейного и организационного руководства партийно-советской прессой при агитпропотделе Дальбюро ЦК РКП(б) еще в сентябре 1922 года был создан подотдел печати [12, С.23]. Кроме того, в де-

кабре 1922 года была введена цензура на публикуемые в печати художественные произведения. «Тогда, согласно решению дальневосточных партийно-советских органов, из всех печатаемых книг первые 12 экз. должны были направляться на просмотр в управление местных ревкомов, которые – по рассмотрению предложенного к печати – разрешали (или не разрешали) книгу к публикации» [1, С.152]. В целом цензурный заслон на Дальнем Востоке оказался в данной области малоэффективным. Мало присвоить себе право запрещать, еще хотя бы разобраться, что запрещать, и за что [1, С.152].

Историки порой называют 20-е годы «золотым веком» советского театра. В 1921-1925 гг. успехи были одержаны, главным образом, в переосмыслении классики и, отчасти, в переводном репертуаре. Крупными событиями, вехами в развитии театра стали постановка К.С. Станиславского «Ревизора», Е.Б. Вахтанговым – «Принцессы Турандот», В.Э. Мейерхольдом – «Великодушного рогоносца», А.Я. Таировым – «Федры» и др. Конец 20-начало 30-х годов – вереница постановки спектаклей о революционном прошлом и настоящем страны [11, С.240]. В рассматриваемый период в Москве насчитывалось 168 театров, такое же изобилие было и в Петрограде, где работали 69 государственных и ведомственных театров, 17 частных и примерно 20 рабочих или фабрично-заводских [13, С.11; 14, С.239]. Для сравнения – во Владивостоке на ноябрь 1922 года работало 11 театров (и любительские, и профессиональные).

В ноябре 1922 года возобновили работу дальневосточные театры. Представители творческая интеллигенция, оказавшись под влиянием революционных событий, осуществляли постановку пьес революционного содержания. Например, Владивостокский театр «Золотой рог» показал зрителям пьесу М. Криницкого «Новый фронт», Художественный театр показал революционный концерт, а партийные деятели выступали с речами перед началом спектаклей [15]. Безусловно, труппы театров в это время достаточно быстро распались, невозможно было жить только лишь одной революционной идеей.

Словом, театральное искусство на Дальнем Востоке только стало развиваться. В первые годы своего существования здесь появились серьезные проблемы, связанные, прежде всего, с финансированием. Это было связано с тем, что театры, в отличие от столичных, после установления Советской власти на Дальнем Востоке. Введение НЭПа в какой-то степени облегчило их положение.

Уже в конце 1922 года почти все театры Дальнего Востока оказались под контролем нэпманов. Безусловно, введение НЭПа сыграло положительную роль в развитии театрального искусства в отличие от центральных театров, которым «были урезаны субсидии, академические театры оказались на грани финансовой катастрофы, государство не имело возможности обеспечивать их все необходимым» [11, С.241].

Почти все театральные постановки в сезоне 1923/24 г., например, в Москве были убыточными. На Дальнем Востоке все театры «были переиначены нэпманами на свой лад и вкус», «мутная волна бульварщины захлестнула театральную сцену», «была выплеснута откровенная халтура и порнография» [2, С.153]. Так, например, владивостокский «Новый театр» привлекал публику боевиками типа «Воспитанницы улиц», «Кинжала женщины», «Ночи в казарме» [2, С.153]. Подобный репертуар был полной противоположностью репертуарам столичных театров, ставились исторические мелодрамы, пьесы Островского, Шекспира, Шиллера, словом преобладала в основном классика. Тем не менее, это не значит, что в дальневосточных театрах не шли классические постановки. В тех театрах, где были сильные труппы, где находились финансовые покровители-меценаты, в 1923/24 гг. шли самые высокие произведения отечественной классики. Так например, в Благовещенске были поставлены «Царь Федор» и «Смерть Ивана Грозного» по А.К. Толстому, «Вишневый сад» Чехова, «Идиот» Достоевского, «На дне» М. Горького. Владивостокский театр «Золотой рог» поставил ряд спектаклей классического характера, а самой популярной пьесой была «Анна Каренина» Л.Н. Толстого [2, С.153; 16].

Многие большевистские лидеры рассматривали театр как орудие революционной пропаганды, ряд московских театров, таких, например, как МХАТ, обвиняли в постановке «несоветских» пьес, считали его «Старым, далеким от советской жизни организмом» [11, С.243].

А в театрах Дальнего Востока практически все революционные спектакли были провалены (Например, «Марат», «Революционная борьба»). Партийные органы пытались это объяснить тем, что это был саботаж, подстроенный состоятельной публикой, или же тем, что в театр еще не пришел новый зритель [17]. Таким образом, деятельность творческой интеллигенции в дальневосточных театрах осуществлялась по трем направлениям: развитие

театрального искусства за счет нэпманов, которые ориентировались в основном на вкусы массового зрителя, поэтому и репертуар был откровенно бульварным и пошлым, как писали газеты того времени: «Не вернее ли называть губтеатр нэптеатром?» [18], например, в Читинском театре миниатюр ставились такие спектакли, как «Ночь любви» или «Женщины-вакханки», который газеты называли «ареной сального фарса и пустых бессодержательных потуг на удовлетворение непритязательного вкуса лоснившегося с жиру нэпмана» [19]; появилась возможность постановок серьезных спектаклей (Владивостокский «Золотой рог», Хабаровский драмтеатр), которые не являлись коммерческими; проявлялась тенденция, когда большевики, партийное руководство в целом, было заинтересовано в революционных постановках, которые были неудачны, а также в установлении цензуры театральных постановок (с марта 1923 года), которая действовала чуть больше года и не повлияла на творческие процессы в театральной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Соскин, В.Л.** Переход к НЭПу и культура (1921-1923 гг.) / В.Л. Соскин. -Новосибирск, 1997.
- 2 **Саначев, И.Д.** НЭП на Дальнем Востоке (1922-1925 гг.) / И.Д. Саначев. -Владивосток, 1993.
- 3 **Резина, М.Р.** Складывание командно-бюрократических методов руководства культурой. Режим личной власти Сталина: к истории формирования / М.Р. Резина. -М.: Изд-во МГУ, 1989.
- 4 **Иванов, Вс.** Огни в тумане / Вс. Иванов. -М., 1990.
- 5 **Рогаль, Н.** Всегда с народом, с партией: (о творчестве писателей – дальневосточников 1917-1967 гг.) / Н. Рогаль // Дальний Восток. -1967. -№ 5.
- 6 Забайкальский рабочий. -1925. -3 сент.; 9 сент.
- 7 **Татуйко, А.** К истории становления советской литературы на Дальнем Востоке (1920-1929 гг.) / А. Татуйко // Дальний Восток. -1962. -№1.
- 8 Рабочий клуб. -1924. -№12.
- 9 Забайкальский рабочий. -1924. -15 июня.
- 10 **Молотов, В.** Об очередных партийных задачах / В. Молотов // Новая экономическая политика и задачи партии. -Пг., 1921.
- 11 **Коржихина, Т.П.** Извольте быть благонадежны! / Т.П. Коржихина; подг. к изд. А.С. Сенин. -М.: Рос. гос. гуманитар. ун-т, 1997.
- 12 Бюллетень V Дальневосточной областной конференции РКП. 5 марта 1923 г. -Чита, 1923.
13. **Степанов, З.В.** Культурная жизнь Ленинграда 20-х-начала 30-х годов / З.В. Степанов. -Л., 1976.
- 14 Вось Петроград на 1923 год. -Пг., 1923.
- 15 Мир. Владивосток. -1922. -№67.
- 16 Красное знамя. -1924. -№3.
- 17 День Рабиса. -1923. -9 июля.
- 18 Красное знамя. -1923. -№131.
- 19 Дворец труда. -Чита, 1923. -10 сент.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социально-философские взгляды; творческая интеллигенция

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шапиро Светлана Анатольевна, канд. ист. наук, доцент ФГОУ ВПО «НГАВТ»

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ РОССИИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.Г. Панова

Освещается история освоения Северного морского пути (СМП), современное состояние и перспективы развития судоходства. Стратегическое значение развития Северного морского пути для Якутии и России в целом. Влияние особенностей развития промышленности, транспорта и других факторов Якутии для освоения Северного морского пути.

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

Возможности межрегионального обмена осложнены не только географически удаленным положением Республики от основных промышленных центров, рынков сбыта продукции базовых отраслей и центров зарождения товаров для республиканских нужд, но и оторванностью от опорной сети важнейших транспортных магистралей России.

Исторически освоение Якутии было одним из приоритетных направлений развития России. Выдающиеся землепроходцы, геологи, ученые разных направлений занимались изучением Якутии.

Пётр Иванович Бекетов (1600-1661 г.), поступил на службу Государеву в 1624 году в стрелецкий полк. В Сибирь был направлен в 1627 году.

В 1628 году он был отправлен енисейским воеводой к забайкальским бурятам. Бекетов справился с заданием успешней, чем его предшественник Максим Перфильев, собрал богатый ясак да к тому же стал первым человеком, преодолевшим ангарские пороги. На бурятской земле, Бекетов построил Рыбинский острог.

В 1631 году Бекетов снова послан из Енисейска в далекий поход. На этот раз во главе тридцати казаков предстояло пройти до реки Лены и закрепиться на её берегах.

Весной 1632 года казачий отряд Бекетова уже был на средней Лене и заложил острог, ставший впоследствии городом Якутском. Этот острог сыграл непреходящую роль во всех дальнейших открытиях, стал для России воротами на Дальний Восток и Аляску, в Японию и Китай.

Будучи «прикащиком» в Якутском остроге, он отправлял экспедиции на Вилюю и Алдан, основал в 1632 году Жиганск, в 1636 году – Олекминск. В 1641 году Петр Бекетов был пожалован в боярские сыны.

Дежнёв Семен Иванович – землепроходец, казачий атаман. Службу начал в Тобольске рядовым казаком. В 1638 г. был направлен в составе отряда П.И. Бекетова в Якутский острог. Был участником первых походов по Крайнему Азиатскому Северу. Позже служил на р. Колыме. В июле 1647 г. предпринял попытку пройти на р. Анадырь морем, но встретил большие льды и вернулся. В 1648 г. предпринял плавание вдоль берегов Чукотки, открыв пролив между Азией и Америкой. Составил чертеж р. Анадырь и части р. Анюй. Автор интересных описаний путешествий по крайнему Северу-Востоку.

Дежнёв служил в Тобольске, Енисейске, Якутске. Совершил походы из Якутска в район Средней Яны и по р. Индигирке до Северного Ледовитого океана (моря Студеного). Затем Дежнёв прошел океаном до устья р. Алазеи, а в 1643 г. дошел до устья р. Колымы, где участвовал в создании Нижне-Колымского острога. В 1648 г. Дежнёв впервые в мире прошел Студеным и Анадырскими морями (Северным Ледовитым океаном и Беринговым морем) от устья Колымы до северной оконечности Камчатского полуострова. Этим походом было доказано существование пролива, отделяющего Азиатский материк от Американского. В 1649 г. Дежнёвым был основан Анадырский острог, а затем исследованы и нанесены на карту берега р. Анадырь. Впоследствии им были совершены походы по р. Анюй в 1659 г., по низовьям р. Лены в 1662 г., по низовьям р. Оленек в 1667-1668 гг., по Вилюю в 1669 г. В 1664-1665 гг. Дежнёв побывал в Москве, где его деятельность по исследованию Сибири получила высокую оценку. Дежнёву был присвоен чин казачьего атамана.

В Сибири атаман Дежнёв служил ещё на рр. Оленёк, Вилюй и Яна. В 1665 г. Дежнёв выехал обратно в Якутск. В 1668 г. он предотвратил столкновение двух тунгусских племён на р. Оленёк, примирив их друг с другом. В Якутске Дежнёв служил до 1670 г., когда снова был послан с государевой казной в Москву, куда прибыл в 1671 г., и умер там в начале 1673 г. Благодаря географическим экспедициям обнаружен пролив между Северным Ледовитым и Тихим океанами, доказано, что Азиатский и Североамериканский материки не соединяются; впервые осуществлено плавание в Чукотском море и водах северной части Тихого океана; Дежнёв открыл Чукотский полуостров и Анадырский залив; открыл и первый пересёк Корякское нагорье, обследовал р. Анадырь и Анадырскую низменность.

Северный морской путь (СМП) является национальной морской транспортной магистралью России в Арктике. Эта трасса открыта и оборудована исключительно усилиями России. Первый проект морского пути из Студеного моря до устья Оби составил московский дьяк Дмитрий Герасимов в 1525 г. Важную роль в освоении Северного морского пути сыграло основание в начале XVII в. торговой фактории и порта Мангазея в Обской губе. Петр I положил начало работе Великой Северной экспедиции (1725-1743 гг.), в которой активно участвовали военные моряки. Были выполнены описания побережья Северного Ледовитого океана от устья Печоры до Берингова пролива, изданы шестьдесят четыре карты. Обобщив опыт исследований северных морей России, М.В. Ломоносов в 1763 г. представил в Адмиралтейств-коллегию проект освоения Северного морского пути. Ломоносов считал, что создание Северного морского пути приведет к усилению не только экономической, но и военной мощи России на Тихом океане. Однако предпринятая экспедицией В.Я. Чичагова в 1765-1766 гг. попытка преодолеть этот путь на парусных судах, закончилась неудачно. Даже двойная обшивка корпусов не позволяла парусникам успешно бороться со льдами. С появлением паровых судов начался новый этап освоения Арктики. В 1878-1879 гг. первым за две навигации с зимовкой в Чукотском море успешно совершил сквозной проход по Северному морскому пути шведский полярный исследователь Н.Н. Норденшельд на паровой зверобойной шхуне «Вега». Большая продолжительность плавания, тем не менее, привела его к выводу о непригодности в то время Северного морского пути для коммерческого использования.

Особое место в истории освоения Северного морского пути принадлежит вице-адмиралу С.О. Макарову. Предполагая, что в восточном секторе Северного Ледовитого океана нет паковых льдов, он обосновал возможность плавания там при наличии мощного

ледокола. В записке в морское министерство в 1897 г. Степан Осипович указывал, что с помощью ледоколов можно не только провести торговые суда в Арктике, но и при необходимости перевести флот в Тихий океан кратчайшим и безопасным в военном отношении путем. Именно при непосредственном участии С.О. Макарова в 1898 г. и был построен первый в мире ледокол «Ермак».

В течение первых двадцати лет смоветского периода стиулом к развитию освоения Северного морского пути стали экономические интересы СССР. Для изучения и освоения Северного морского пути с 1920 г. под руководством К.К. Неупкоева начал действовать Обь-Енисейский гидрографический отряд. В 1921 г. экспедиция Н.И. Евгенова произвела маршрутную опись р. Лена от Якутска до ее устья и морскую опись устьев Оленекской протоки и р. Оленек, выполнила съемку и промер бухты Тикси. Значительный вклад в изучение большинства арктических районов и подготовку Северного морского пути к регулярным морским перевозкам внесла Гидрогроафическая служба ВМФ. В 1923 г. Н.Н. Матусевич возглавил Северный гидрографический отряд, построивший на Новой Земле радиостанцию и обеспечивший гидрографические исследования в проливе Маточкин шар. В 1923 г. Гидрографическое управление ВМФ организовало экспедицию в северо-восточную часть Карского моря на гидрографическом судне «Таймыр», начальник экспедиции А.М. Лавров, научный руководитель В.В. Шулейкин.

Северный морской путь стал важнейшей частью экономического комплекса Крайнего Севера и связующим звеном между восточными и западными районами страны. Этот путь объединил в единую транспортную сеть крупнейшие речные артерии. Для Чукотки, арктических островов и ряда населенных пунктов побережья Красноярского края, Тюменской области и Якутии морской транспорт являлся единственным средством обеспечения массовых перевозок грузов. Значительный объем грузов шел по Северному морскому пути и для оборонного строительства в Арктике.

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 р. Лена в Иркутской области; Северным морским путем через порт Тикси и устья северных рек – Яны, Индигирки, Колымы и Анабара; железнодорожным транспортом через ст. Беркакит-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.

Экстремальные климатические условия в сочетании со слабым развитием всепогодных 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 более.

Как результат, доля транспортных издержек в стоимости конечного продукта недопустимо велика и достигает по существующим сегодня предприятиям 40-70% и более, что в разы больше среднероссийской. Основная часть стратегически приоритетных инвестиционных проектов на территории Республики связана с освоением ее уникальных природных богатств и развитием минерально-сырьевого сектора, что невозможно без радикального совершенствования всей транспортной инфраструктуры и создания опорной сети круглогодичного транспорта.

В настоящее время основным видом транспорта в перевозках грузов в республике является речной транспорт. Он является основным перевозчиком грузов межрегионального и внутриреспубликанского значения в короткий навигационный период. Его доля в грузообороте транспорта республики составляет около 45%. Главной транспортной магистралью яв-

ляется р. Лена от речного порта Осетрово до устьевоего морского арктического порта Тикси.

В состав водного транспорта республики входят: пять речных портов (Ленский, Олекминский, Якутский, Нижнеянский, Белогорский), два морских арктических порта ОАО «Тиксинский порской 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, Яна и Анабар.

В настоящее время водный транспорт осуществляет перевозку основной массы грузов межрегионального обмена 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.

Протяженность эксплуатируемых водных путей на территории республики составляет 21800 км, из них обслуживаемые пути 13600 км, обеспеченность гарантированными глубинами составляет только 9000 км.

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 СМП, а также соответствующего ледового подкрепления судов, флот пароходств для работы на трассе СМП 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.

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

В последние годы по причине недостаточных объемов финансирования федеральным бюджетом снизились гарантированные габариты и пропускная способность водных путей на реках Лена, Виллюй, Алдан, Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, глубины составляют 70-75% от уровня ранее достигнутых значений и обеспечивающих безопасность судоходства. Не обеспечивается безопасность мореплавания на трассе СМП, в Западном и Восточном арктических секторах. До сих пор остается нерешенным вопрос финансирования путевых и дноуглубительных работ на указанных главных водных магистралях, арктической трассе, боковых и малых реках республики, из-за чего затруднена доставка жизненно важных продовольственных и топливно-энергетических грузов в отдаленные районы Республики.

С каждым годом все более обостряется проблема старения грузового и пассажирского флота. Неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений морских и речных портов республики, паромных переправ, русловыправительных сооружений на водных путях Ленского бассейна и СМП не обеспечивает безопасность плавания, существенно затрудняет судоходство, приводит к большим потерям пропускной способности берегового хозяйства и провозной способности флота.

Необходимо применение транспортных средств двойного и универсального назначения, что станет стратегической линией развития водного транспорта Республики Саха (Якутия) в прогнозный период. Безопасное плавание по морским участкам якутского побережья между устьями рек Колыма, Индигирка, Яна, Лена обеспечат суда смешанного «река-море» плавания. Необходимо модернизировать и обновить систему навигационного оборудования Быковского морского фарватера, создать аварийно-спасательное подразделение для обслуживания участка Северного морского пути от Хатанги до Певека. Необходимо материально-техническое перевооружение Тиксинской и Колымской гидробаз на осуществление гидрографических работ Быковского и Колымского морских фарватеров.

Благодаря своей громадной территории Республика Саха (Якутия) становится основным коммуникационным коридором между Европой и Азией, между Северной Америкой и

Азией. Значение этого фактора усиливается в связи с высокими темпами экономического развития стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

В результате соединения Якутска с Транссибирской магистралью по железной дороге Беркаит-Томмот-Якутск будет сформирован новый вариант транзитных перевозок «Европа-СМП-р. Лена-Транссиб-Азия».

Дальнейшее развитие железной дороги на восток Магадан-Чукотка-Берингов пролив-Северная Америка и на запад, через районы активного развития нефтегазового комплекса до соединения с «Севсибом» откроет возможности для наиболее полного использования транзитного потенциала Республики во внешнеторговых и межрегиональных связях.

Северо-Арктическое направление развития внешнеэкономических связей предусматривает развитие транзитных перевозок и международного судоходства по Северному морскому пути, чтобы сохранить арктический флот, научно-производственный потенциал и инфраструктуру, использовать ледоколы, в результате расширить связи между Дальним Востоком и западными регионами России, а также для осуществления экономических связей Республики Саха (Якутия) со странами Европы, в перспективе – Северной Америки.

Участие Республики Саха (Якутия) в сотрудничестве через членство в Северном форуме способствует реализации его проектов, направленных на внедрение инноваций в отрасли экономики республики, в развитие северной транспортной инфраструктуры, ликвидацию стихийных бедствий и охрану окружающей среды в Арктической зоне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Республика САХА (Якутия); северный морской путь
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Панова Н.В. ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ТЕХНОСФЕРА СЕВЕРА: К ПРОБЛЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ГОУ ВПО «Уральская Государственная архитектурно-художественная академия»

С.Г. Усенюк

Рассмотрена эволюция проектирования техники для условий Севера (методы, причины неудач). Негативу «пришлой» цивилизации противопоставляется материальная культура коренного населения региона, являющая собой идеал гармонии искусственного и естественного в экстремальной среде.

История рождения северной техносферы /«Наступление» на новые территории всегда начинается с создания «проводящей системы» (аналогично кровеносной системе живого организма) – транспортной инфраструктуры; в условиях экстрима и бездорожья транспорт приобретает первостепенное значение не только на месте использования, но и, перед этим, в проектной практике. Отсюда, здесь и далее под северной техносферой понимается прежде всего транспорт/.

Экстрим-покорение-техника – триада, характеризующая современные отношения человека с Севером, где экстрим – ключевая природно-климатическая характеристика, покорение – действие, адекватное агрессивной сущности региона, а техника – средство, позволяющее реализовать данное действие.

Процесс промышленного освоения северных территорий (в частности, Западной Сибири), начавшийся в 1950-х гг., проходил стихийно, «кавалерийским наскоком», с целью извлечь максимум ресурсов в кратчайшие сроки - а потом «хоть потоп!». Стремительное «нападение» и «захват», вопреки правилам военной стратегии, осуществлялись без должного планирования и подготовки. Ведущий лозунг – «добыча нефти и газа любой ценой!», для выполнения которого использовались «необдуманные, а в некоторых случаях в буквальном смысле «варварские» методы» [5]. При этом в ход шло всё, что было «под рукой» – техника, созданная преимущественно для условий средней полосы России. Рассмотрим эволюцию процесса создания технических средств для условий Севера /Данная формулировка обрела смысл только в 1963 году, с выходом постановления Совета Министров СССР «Об организации подготовительных работ по промышленному освоению открытых нефтяных и газовых месторождений и о дальнейшем развитии геологоразведочных работ в Тюменской области» [5]/.

В это время многие проектные организации страны вели разработки по «северной тематике»: средства транспорта, модели жилищ, одежда и пр. [2, с. 101-108]. В научных кругах распространялись «футурологические настроения», основанные на уверенности в тотальном могуществе техники. «Инженерный подход» /Имеется в виду подход, разработанный и осуществляемый инженерами; объединяющий ряд проектных методов, в основе которых лежат «расчётно-механистические» представления о технике [2, с. 101]/ представлялся панацеей от всего многообразия северных проблем.

Наиболее полно анализ методов проектирования и их последовательное развитие представлены в исследовании Н.П. Гарина «Дизайн для условий Крайнего Севера». Их пе-

речень с указанием ключевых характеристик представлен в таблице.

Таким образом, можно заключить, что с момента начала освоения северных территорий и до настоящего времени эффективного способа создания северной техносферы – совокупного продукта достижений науки и промышленности, не найдено. Тем не менее, активные поиски продолжаются, в данной работе представлена попытка рассмотрения проблемы через иное, проектное видение.

Северная техника – довольно юное направление в проектировании; а значит можно легко проследить «эволюцию проектности» /В контексте дизайн-деятельности важна эволюция позиционирования техники в системе «человек-природа», рассматриваемая через призму «проектности» как внутреннего потенциала объекта – «желания» быть спроектированным/ с целью обнаружить причину постоянных неудач и, главное, открыть дальнейшие перспективы развития.

Гипотеза /обозначение пути исследования/: предполагается наличие у техники как феномена некой внутренней метафизической структуры, первоосновы, которая, воплощаясь в отдельных объектах, определяет их полный жизненный цикл. Отсюда, постижение этой первоосновы (назовём её ДНК, по аналогии с биосферой) даст возможность «генетического» программирования техники с целью гармонизации отношений с Человеком.

Таблица – Перечень методов проектирования и их последовательное развитие

	МОДЕРНИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД	ФАКТОРНЫЙ МЕТОД	МЕТОД ЗАИМСТВОВАНИЯ
Характеристика	наиболее простой и экономичный в показателях краткосрочного планирования; в долгосрочной перспективе – дорогостоящий и малоэффективный; применялся на начальном этапе освоения региона	метод на основе анализа и учёта максимально возможного кол-ва факторов. Проблемы: постоянный недостаток данных (об отдельных факторах, об их сочетаниях), неопределённость – неизвестен факторный приоритет – что нужно учитывать в каждой конкретной ситуации, а чем можно пренебречь	интерес к культурному (предметному) наследию коренных народов, использование в частных целях - подготовка научных и спортивных экспедиций (надежда только на себя – использовать то, что проверено веками). Подчёркнуто временный характер – только на период адаптации к новым условиям
Результаты	техника из инструмента превращается в источник новых проблем – системный характер конфликтности (распространяется на смежные сферы – от экономических проблем до угрозы жизни людей). Дальнейшая работа невозможна, тупик	конфликтность сохранилась, противоречия стали более глубинными – негативное влияние обнаруживается в рамках обширной временной и пространственной «зоны покрытия» (поколения, сообщества людей одной местности)	метод утвердился в качестве «экспедиционного» (для кратковременного пребывания); не нашёл применения в промышленности (только полукустарное штучное производство) по причине неразвитости технологий (для воспроизведения аборигенных способов изготовления и свойств материалов) и, как следствие, экономической нецелесообразности
Примеры	вездеходы ГАЗ: холод – печка в кабине, болото – изменение опорной площади движителя (гусеницы, колёса), прорезка в крыше люка для экстренного покидания машины, и пр.	автомобиль Tatra (Чехия-СССР) для работы в зоне БАМа: учтено множество климатических особенностей, но упущен человеческий фактор (работа в зимней экипировке – изменение габаритов)	куртка «Аляска» – неудачный опыт массового производства: ограниченные возможности промышленности привели к замене натуральных материалов искусственными, ручных швов машинными и пр. Вещь утратила первоначальные свойства

Душа «второй природы». Одушевление – естественный процесс, сопровождающий появление искусственных объектов. Техника как совокупность опредмеченных способностей человека по умолчанию содержит элемент человеческого.

На заре своего появления техника рассматривалась как «проекция и развитие (сначала непосредственное, затем опосредованное) органов человека – рук, ног, пальцев, мышечной силы, зрения, слуха и т.д.» Э. Капп. Принять данную антропологическую трактовку возможно лишь с вынесением «за скобки» цели – ради чего наращивать мощь. Дальнейшее развитие техники, осмысленное через Цель, характеризуется движением от инструмента покорения природы до средства коммуникации между людьми и людьми и природой [1]. Для дизайнера это означает переход от «инженерной» к «гуманитарной» парадигме проектирова-

ния, иначе говоря – от рационального к эмоциональному.

Техника теперь «переживается» – одушевляется через эстетику как форму познания реальности; структурной единицей познавательного процесса является образ.

Возвращаясь к региону исследования, сравнение Западной Сибири с чужой, неизвестной нам планетой сводит процесс освоения к действиям «вслепую» – реальность оказывается сложнее моделей, поведение среды отличается от лабораторных экспериментов, а тотальный контроль недостижим. Ключевые особенности экстремальной среды: безальтернативность, предельность, синергичность действия неблагоприятных факторов и пр. Именно в экстриме – в пограничной ситуации существования, противоречия и проблемы, связанные с предметным миром, проявляются особенно ясно и остро. На первый взгляд, на текущем этапе развития науки и технологий задача создания идеальной техники не имеет решения.

Но ценность региона, помимо природных богатств, – в его обитаемости, в людях. Коренные народы живут на этой территории на протяжении нескольких веков, являя собой пример комфортного существования в экстриме. «Эти народы утвердились на этой земле не благодаря победе над другими, а умением жить там, где другие не могут...» [3]. Столь долгий срок жизни народов говорит об их совокупной приспособленности – от физиологии и социальной организации до предметного мира.

Предметный мир как объект анализа вызывает особый интерес. В контексте исследования техники задача анализа – обнаружить ту самую ДНК, позволяющую аборигенным артефактам существовать практически без изменений, «не вступая в реакции» ни с какими нововведениями (материалами, технологиями, формами) современной «пришлой» цивилизации.

Уровень развития техники определяется уровнем развития культуры, конкретнее – жизненными задачами, которые ставятся человеком, обществом перед техникой. Внешняя причина стабильности форм, материалов, технологий в аборигенном предметном мире (в частности, в транспортных средствах) – именно неизменность задач. Другой важный момент – коммуникационный – вещи как своеобразный паспорт владельца. Понимание достигается путём отделения графической (как наиболее гибкой, способной меняться) части – орнамента. Форма вещи при этом (будучи максимально «чистой» – только функциональные элементы) всегда готова принять его, обретая завершённость – полную идентичность хозяину. Но самое главное обнаруживается, к примеру, в наблюдении за процессом производства, точнее вос-производства – на уровне «генной памяти». Мастер (а им является каждый, производя вещь лично для себя) изготавливает не отдельные элементы – сиденье, копылья («ноги нарты» [2, с. 84]), полозья; он воспроизводит целостный образ нарты. Назовём его «образ-ДНК» /Речь идёт о рождении «души вещи» в процессе точного воспроизведения мастером культурных образцов, без малейшего изменения канонов. «Душа» сама организует вещь из разрозненных деталей. Подобное понятие встречается ещё в античной философии – «идея» Платона: идея – порождающая модель вещи, т.е. включает в себя представление о возникновении и исчезновении вещи [4]. Важно, что идея, или образ в нашей терминологии, «неразложима механическим способом», следовательно, можно выделить её сразу, целиком/ его отличительные характеристики:

- собственная жизненная сила (существует и в статике, и в динамике);
- существование в «режиме ожидания» подходящей материи сколь угодно долго.

Метафизичность толкования производственного процесса ведёт к новому уровню использования – не просто выполнению инструментальной функции, но и обязательному наличию коммуникативной составляющей. Более того, когда функциональность отточена до предела, вещь, опять же нарта, «исчезает» как транспортное средство и становится «представителем» хозяина, его напарником и пр. – одушевлённым существом (в отличие от «закона идеальности» /Основной закон развития технических систем, открытый в рамках теории решения изобретательских задач, автор Г. Альтшуллер: «Достигнув идеала, система должна исчезнуть (смениться другой системой), а её функция продолжать выполняться»/, согласно которому достигшая идеальности система сменяется новой, здесь новым становится уровень отношений с предметом).

На примере нарты можно проследить следующую зависимость: при равенстве исходных данных (материалов, технологий) одна нарта отличается от другой так же, как различны между собой их хозяева. При всей строгости, обусловленности процесса изготовления непременно находится возможность для творчества как привнесения «частицы себя». Цитируя Н.П. Гарина, «коренной северянин в любой вещи создаёт часть себя – ту самую недостающую часть своего (курсив автора) тела, необходимую для решения той или иной жизненной задачи» (всё тот же «экзоскелет»). К примеру, «лыжа – продолжение ступни, нож – шестой палец». В таком контексте удивительные особенности – «нетеряемость» вещей, их надёжность и медленный износ, а главное – малое количество (по принципу «необходимо и достаточно»), уже не представляются загадкой. Скорее, удивительной станет обратная ситуация

– возможно ли просто так потерять свой палец, или зачем нужно несколько разных ног для одной дороги?

Совершенство предметного мира обусловлено внешними предпосылками возникновения вещей, лежащими в сфере мировосприятия. Аборигенный образ мышления /В качестве основного источника для анализа использовалась работа Ю.М. Фёдорова «Конфликтологический анализ и тенденции развития нефтегазовых регионов», предметом изучения в которой является противостояние человека (вооружённого современными техническими достижениями цивилизации) и природы на Севере/, по сути, – идеал, эталон, единственно возможный способ существования в экстремальных условиях. Для аборигена Севера «природы как некоего внешнего объекта не существует. Такое понятие как «природа» вообще отсутствует в его синкретическом мифологическом сознании. {...} он не живет в окружающем мире, он – «космическая улитка», сращенная с миром – домом {...} Все то, что его «окружает», есть он сам [6].

Поэтому предметный мир, являясь такой же частью человека, антропологичен и коммуникативен изначально. Всё окружение есть «ничто иное, как космос, интегрированный в его жизнедеятельность» [6]. Человек сам «творит космос из субстанции своего собственного духа» – любая коммуникация (и вещь как коммуникация) универсальна по своей трактовке, по «языку» – общение с космосом происходит напрямую. А единицей этого «абсолютного языка» как раз является образ.

Новая транспортная парадигма? Искомая ДНК северной техносферы – это код техники «новой культуры» /Новая культура – синтетическая культура, результат взаимодействия (столкновения, слияния, поглощения и пр.) двух культурных потоков в регионе – монокультуры коренного населения и поликультуры пришлого. Вся содержательная часть (традиции, предметный мир) сейчас формируется стихийно. Позиционируя новую культуру как результат, в том числе и дизайн-процесса (в данном случае через транспорт), мы предполагаем возможность её целенаправленного проектирования/ – культуры, находящейся в процессе становления и, как следствие, пока не осознающей себя. Взгляд дизайнера на «эволюцию проектности» даёт основания для новой «транспортной парадигмы» – приоритетности способов и средств передвижения над любой деятельностью в труднодоступных северных регионах. То, как (каким способом, на чём) мы будем добираться до этих мест, определит наш последующий способ существования там – от хозяйственной сферы до духовной.

«Парадигме использования» предшествует «парадигма создания» – согласно алгоритму аборигенной предметной культуры, идеальность достижима через индивидуализацию. В ситуации с техникой – это объединение Человека и Машины ради создания качественно иного «субъекта-объекта» – синергия (как объединение «двух природ») – выход за пределы технического и человеческого (телесного)!

Принимая данное условие за эталон, с учётом его практической невыполнимости в настоящем и ближайшем будущем, приходим к «молекулярному» (дискретному) пониманию транспорта – «конструктор» из простейших элементов, каждый из которых – носитель наследственной информации. Требование индивидуализации выполнимо через комбинаторику: по аналогии с живым организмом, преобразующим любое поступающее вещество, к примеру – белок, в своё собственное (через расщепление его до аминокислот и комбинирования их последовательности, присущей именно этому организму), каждый может «синтезировать» своё личное транспортное средство из набора, получаемого извне. Кажущаяся фантастичность и нецелесообразность такого предложения снимается сравнением с процессом освоения иных агрессивных сред – подводного пространства, космоса и др. Как было сказано ранее, Север – это «другая планета», и возможность построить там новый технический макромир («Техносевер») достижима лишь через создание микромира – мира индивидуального, зафиксированного в нормах и ценностях. А их предметное выражение, в первую очередь через технику, станет задачей для нового, северного дизайнера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Воронин, А.А.** Миф техники / А.А. Воронин; Ин-т философии. -М.: Наука, 2006. -198 с.
- 2 **Гарин, Н.П.** Дизайн для условий Крайнего Севера (принцип преобладания культуры коренных жителей): дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.06 / Н.П. Гарин. -М.: МВХПУ им. Строганова, 1991.
- 3 **Голубчиков, Ю.Н.** Климатические пояса и природные зоны в жизни народов [Электронный ресурс] / Ю.Н. Голубчиков // География. -М, 2004. -№ 24. -Режим доступа: <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200402404>.
- 4 **Лосев, А.Ф.** История античной эстетики. Т.2 / А.Ф. Лосев. -М. : Искусство, 1969.

5 **Фёдоров, Р.** Становление нефтегазодобывающего комплекса на Тюменском Севере [Электронный ресурс] / Р. Фёдоров. -2007. -Режим доступа: <http://www.ikz.ru/siberianway/oilandgas.html>.

6 **Фёдоров, Ю.М.** Конфликтологический анализ современного состояния и тенденции развития нефтегазовых районов [Электронный ресурс] / Ю.М. Фёдоров. -Югра, 1994. -№2. - Режим доступа: <http://www.ikz.ru/siberianway/library/o4.html>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: северная техносфера; проектирования техники; инженерный подход

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Усенюк Светлана Геннадьевна, магистр дизайна, аспирант ГОУ ВПО «Уральская ГАХА»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Рагулин И.А.	
СУДОХОДСТВО В СИБИРИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	5
Зачёсов А.В.	
МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СХЕМЫ ЗАВОЗА ГРУЗОВ НА МАЛЫЕ РЕКИ ЧЕРЕЗ БАЗЫ КОНЦЕНТРАЦИИ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА.....	9
Ноздрачева Н.В.	
ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	12
Ткаченко В.Я., Ольховиков С.Э.	
«СТРАТЕГИЯ-2030» И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЕНИЯ АЗИАТСКОЙ РОССИИ	15
Мартынов А.А.	
ТРАНСПОРТНЫЙ ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР – ОСНОВА УСПЕШНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК.....	20
Аникеева М.Е.	
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	24
Никифоров В.С., Сайтбаталова З.Т., Чекулаева Н.В.	
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА	27
Олейников Н.С.	
АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЕНИСЕЙСКОГО БАССЕЙНА.....	31
Симонов А.В.	
ИННОВАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ	33
Котов Ю.С.	
ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СМЕШАННЫХ «РЕКА-МОРЕ» ПЕРЕВОЗОК	37
Котов Ю.С.	
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ РАССТАНОВКИ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ В БАССЕЙНАХ БАЛТИЙСКОГО И СЕВЕРНОГО МОРЕЙ.....	41
Фюттик И.Г., Путилова Н.Н.	
АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОСНОВНЫМИ И ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЕНИСЕЙСКОЕ РЕЧНОЕ ПАРОХОДСТВО».....	44
Секач О.Н.	
ОСОБЕННОСТИ СТРАХОВАНИЯ ГРУЗОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА В РОССИИ	49
Брызгалова Р.М., Воробьев В.С., Катыльмова К.В.	
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	51
Брызгалова Р.М., Воробьев В.С., Лихачева Н.М.	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЗАПАСОВ И ПОСТАВОК НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	57

СОДЕРЖАНИЕ

Войтенко О.Н.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПРОЕКТОВ МОСТОСТРОЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ РИСКОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	60
---	-----------

Антонов В.И., Брызгалова Р.М., Лихачева Н.М.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОСТАВКАМИ И ЗАПАСАМИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	64
---	-----------

Бунеев В.М.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	68
---	-----------

Самбур А.О.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИЗИНГА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА	75
--	-----------

Иванова С.В., Кизилова Е.Г.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИМУЩЕСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	79
---	-----------

Попкова Д.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ABC-XYZ АНАЛИЗА В РАМКАХ МАРКЕТИНГОВОГО ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ ГРУЗОВЫХ ТАРИФОВ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	83
---	-----------

Быков Г.С., Виниченко В.А.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА И ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ	84
--	-----------

Якубовский Ю.Е., Глумов И.С.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДВИЖНОГО РЕСУРСА ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	86
--	-----------

Зрелкина Т.А.

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА.....	90
--	-----------

Антоненко С.О.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ СУДОВ В ПОРТУ	92
---	-----------

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Бик Ю.И., Приданова О.В.

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИЧАЛЬНЫХ НАБЕРЕЖНЫХ.....	96
---	-----------

Салова Н.А.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ.....	98
---	-----------

Отделкин Н.С., Адамов Е.И.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ГРЕЙФЕРНО-БУНКЕРНЫМИ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯМИ	101
---	------------

Яковлев С.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ БУСТЕРНОГО ГРУНТОВОГО НАСОСА.....	104
--	------------

Грундаль А.Е.

РАСЧЁТ УСИЛИЙ В СВЯЗЯХ ДВУХОПОРНОГО ГРУНТОПРОВОДА ДЛЯ ЗЕМЛЕСОСА ПРОЕКТ 1-517-03	107
--	------------

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОВОЖДЕНИЕ

Кац В.А., Комаровский Ю.А.

ВЛИЯНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ АНТЕННЫ GPS-ПРИЁМНИКА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ	112
--	------------

Лубковский В.К.

АНАЛИЗ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ ПО ФОТОСНИМКАМ ЭКРАНА СУДОВОЙ РЛС	115
--	------------

Гридасов Г.С.

ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ СУДОВОДИТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЮ СУДНОМ ПО УКЛОНЕНИЯМ ОТ ЗАДАННОЙ ЛИНИИ ПУТИ НА РЛТ «МАРЛОТ–М».....	119
---	------------

Романов М.Н.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРИВОДУ ПРЯМОГО ОПЫТОВОГО БАСЕЙНА.....	122
--	------------

Сахнов Д.Ю.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНАЩЕНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СУДОВОДИТЕЛЯ ВИБРОЗАЩИТНЫМ КРЕСЛОМ	124
--	------------

Шураев О.П.

ТРЕНАЖЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ГРУЗОВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТАНКАХ ТАНКЕРА	127
---	------------

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Романов В.А., Султанов Т.Ф.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО УРОВНЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ НА ВХОДЕ В КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ КАМАЗ-740.11 НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ.....	132
---	------------

Быстров О.И.

ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВС.....	133
--	------------

Романов В.А.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АВТОНОМНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОТЫ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ УТИЛИЗАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА.....	138
--	------------

Марков К.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ МАССООБМЕНА ЖИДКОСТЬЮ МЕЖДУ ДВУМЯ ЕМКОСТЯМИ.....	140
---	------------

Викулов С.В., Екимов А.С., Штельмах С.В.

ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	143
---	------------

Троицкий А.В.

РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ	145
--	------------

Арефьев Н.Н.

ОСЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОЙ ЩЕЛИ С ГИДРОСМАЗКОЙ ВНУТРЕННЕЙ СТЕНКИ	148
--	------------

Володин А.И., Михеев В.А.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ПОЕЗДНУЮ РАБОТУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ	155
Романченко М.К., Романченко А.М., Пахомова Л.В.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОДВЕСОК НА ТРАНСПОРТЕ	158
Коврижных Л.М., Глушков С.С.	
РАСЧЕТ АМПЛИТУД СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНЫХ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ	162
Токарев А.О., Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Иванчик С.Н.	
АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	164
Плаксин Д.В.	
ЗВУКОВОЙ БАРЬЕР	167
Токарев А.О., Исаенко В.Р., Колобердин М.А.	
НАПЛАВКА СЕРОГО ЧУГУНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ В КАЧЕСТВЕ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА	169
Романченко М.К.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРУЖИНЫ	172
Бимбереков П.А.	
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ВАРИАНТОВ РЕМОНТА СУДОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ИМЕЮЩИХ РАМНЫЕ БАЛКИ С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ	174
Викулов С.В.	
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕОРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	178
Штельмах С.В., Глушков С.С.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ АМПЛИТУД ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ	180
Балашов А.А., Карпов И.А., Вебер Р.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕЧЕНИЯ ПО ГАЗОВОЗДУШНЫМ КАНАЛАМ ПОРШНЕВЫХ ДВС	181
Ясырова О.А., Шувалов Г.В.	
МЕТОД КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ	184
Толмачев А.А., Ходаковский В.М.	
ВЛИЯНИЕ АУСТЕНИТА ОСТАТОЧНОГО НА СКОРОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, УПРОЧНЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ	187
Надежкин А.В., Даничкин В.Н.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ТРИБОМОНИТОРИНГА	189

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Евдокимов С.А., Ворфоломеев Г.Н., Сопов В.И., Бирюков В.В.

**ЗАЩИТА ВЕНТИЛЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ
ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА С КОЛЬЦЕВЫМИ СХЕМАМИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ..... 193**

Коноваленко Д.В., Иванов В.Н., Оленцевич Д.А., Сидоров В.В., Лыткина Е.М.

**НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ТЯГОВОГО
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 196**

Иванов В.Н.

**НАДЁЖНОСТЬ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН
ЭЛЕКТРОВЗОВОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 198**

Худоногов А.М., Коноваленко Д.В., Оленцевич Д.А.,
Сидоров В.В., Лыткина Е.М., Иванова Н.А.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОВЗОВОВ В УСЛОВИЯХ
НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР 201**

Меновщиков Ю.А., Кеворкянц З.Н.

**ДИНАМИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
ПРИ РАВНОМЕРНОЙ СТРАТЕГИИ ВНЕДРЕНИЯ 205**

Шпиганович А.А., Довженко С.В.

**ВЛИЯНИЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ..... 207**

Дёмин Ю.В., Мозилов А.И.

**ЭКОНОМИКА ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ ОАО «ФСК ЕЭС»..... 210**

Дёмин Ю.В., Мозилов А.И., Алаев Е.Г.

**СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ 214**

Красильникова Т.Г.

**АНАЛИЗ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ В ДАЛЬНИХ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ В ФАЗНЫХ КООРДИНАТАХ..... 223**

Зильберман С.М.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ
СПОСОБНОСТИ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 226**

Шпиганович А.А., Шилов И.Г.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СТОИМОСТИ
БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 229**

Шпиганович А.Н., Зацепина В.И., Корченова Т.А.

**АСПЕКТЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК ПО УСЛОВИЯМ ПОДОБИЯ..... 232**

Зацепина В.И., Зацепин Е.П.

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ..... 235**

Зацепина В.И., Шпиганович А.А.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ..... 239**

Вишнягов М.Г., Иванова Ю.М., Сальников В.Г.

ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕТИ С ИСКАЖАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ	242
--	------------

Благинин В.А., Кажекин И.Е.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДУГОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ НИЗКИХ И СРЕДНИХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЙ.....	247
---	------------

Гурова Е.Г., Гросс В.Ю.

К ОПИСАНИЮ СИСТЕМЫ ПЕРЕСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОМПЕНСАТОРА ЖЁСТКОСТИ	250
--	------------

Комякова О.О., Привалов С.Я.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САЛЬДИРОВАННОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ.....	253
--	------------

Ушаков С.Ю.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ В ГРАНИЦАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И УЧАСТКОВ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА СЕВЕРНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ.....	256
--	------------

Кондратьев Ю.В., Привалов С.Я.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	258
--	------------

Пашков Д.В., Пономарев А.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	261
---	------------

Кандаев В.А., Елизарова Ю.М.

ПАРАМЕТРЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЯ	263
--	------------

Качанов А.Н., Королева Т.Г., Кукоба В.Л., Трошкин А.Н.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЦИКЛОМ.....	266
---	------------

Халиков К.Р.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ТОКОПРИЕМНИКОВ С КОНТАКТНЫМИ ПОДВЕСКАМИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЛЕТАХ СОПРЯЖЕНИЙ АНКЕРНЫХ УЧАСТКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	269
---	------------

Иванов Г.Я., Кузнецов А.Ю., Лисенков П.А.

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НАДЁЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА	272
--	------------

Манусов В.З., Гиззатов Р.Р.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В НЕЧЕТКО-ОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	275
--	------------

Иванов Г.Я., Кузнецов А.Ю., Лисенков П.А.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИСПОЛЪЗУЕМОГО ДЛЯ ЧАСТО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ.....	278
--	------------

Исмаилов Ш.К., Гателюк О.В., Селиванов Е.И., Бублик В.В.

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ДЕПОВСКОГО РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА.....	281
---	------------

СОДЕРЖАНИЕ

Демин Ю.В., Мозилов А.И., Палагушкин Б.В., Чураков А.А.	
ВЛИЯНИЕ ПОЧВЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН.....	283
Демин Ю.В., Мозилов А.И., Палагушкин Б.В., Чураков А.А.	
РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ.....	285
Сероштанов С.С., Аюпов Р.Ш.	
НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ	288
<hr/> ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ <hr/>	
Мизгирев Д.С.	
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СУДА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТХОДОВ.....	291
Клишин И.В.	
СОХРАНЕНИЕ ЧИСТОТЫ РЕК ОТ АНТРОПОГЕННОГО ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ – СОЦИАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ	294
Якубов А.В.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БОНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОТОКА ВОДЫ В РАЙОНЕ УСТАНОВКИ НЕФТЕСБОРНОГО УСТРОЙСТВА.....	300
Игонина М.В., Этин В.Л.	
РАЗДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕФТЯНОЙ СМЕСИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ С СУДОВ	304
Худоногов А.М., Коноваленко Д.В., Оленцевич Д.А., Сидоров В.В., Лыткина Е.М.	
МИКРОКЛИМАТ В КАБИНЕ ЛОКОМОТИВА.....	306
Ляпин В.Г.	
ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЯ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	308
Ляпин В.Г.	
К СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ В РАСТЕНИЯХ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ	312
Пшеницын Л.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРВ-КИРЛИАНА НА ПРАКТИКЕ.....	318
Михеева Т.А.	
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ.....	323
<hr/> ОБРАЗОВАНИЕ. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ <hr/>	
Овсянников А.С., Псинькова Л.А.	
УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ТРУДОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ РАБОТНИКА»	327
Шарлай В.Б., Герошенко Н.В.	
ПРОБЛЕМЫ МОРСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СВЕТЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	331

СОДЕРЖАНИЕ

Цепелева Н.В.	
СОДЕРЖАНИЕ И СМЫСЛЫ ПОНЯТИЯ «ДУХОВНОЕ ЗДОРОВЬЕ»	333
Слезко Л.Г.	
ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРАВА И МОРАЛИ	338
Зинченко Т.Е.	
ПРАВОВЫЕ ИДЕИ В ТРУДАХ РУССКИХ РЕЛИГИОЗНЫХ МЫСЛИТЕЛЕЙ	342
Шапиро С.А.	
СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ ВЗГЛЯДЫ ТВОРЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В ГОДЫ НЭПА (1922-1927 гг.)	346
Панова А.Г.	
СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ РОССИИ	350
Усенюк С.Г.	
ТЕХНОСФЕРА СЕВЕРА: К ПРОБЛЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	354

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока

Компьютерная верстка – Коновалов В.В.

Подписано в печать 23.12.08 с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 44,8 , тираж 1500 экз. Заказ №86
Цена договорная.

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» (ФГОУ ВПО «НГАВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68, факс (383)222-64-68

Отпечатано в издательстве ФГОУ ВПО «НГАВТ»

ISSN 2071-3827

Почтовый индекс 62390