

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Зачёсов

MAIN AREAS OF RIVER TRANSPORT OF SIBERIA
Novosibirsk state academy of water transport
A.V. Zachyeysov

The basic conceptual directions of development of inland waterway transport in the region.

Keywords: northern delivery, transport corridors, the small rivers

Изложены основные концептуальные направления развития внутреннего водного транспорта региона.

Экономика Сибири //Сибирь рассматривается в соответствии с ее энциклопедическим определением как часть России от Урала на западе до Охотского побережья на востоке и от берегов Северного Ледовитого океана на севере до границ с Казахстаном, Китаем и Монгольской Народной Республике на юге// имеет гипертрофированную сырьевую направленность со слабым развитием производственной и социальной структур. Инфраструктурные отрасли, направленные на жизнеобеспечение производительных сил и населения продукцией и товарами собственного производства в общем объеме производства занимают ограниченную долю.

В настоящее время проблемы внутреннего водного транспорта Сибири определяются комплексом новых, порожденных экономическими преобразованиями в стране, взаимоотновязанных факторов, основные из которых являются следующие:

- изменились социально-экономические условия в стране;
- рынок транспортных услуг пополнился множеством новых судоходных компаний, в том числе и маломощных;
- образовалась конкурентная среда, повысились требования потребителей к качеству транспортных услуг;
- тарифы на перевозки стали свободными;
- значительно снизились объемы транспортной работы, появились свободные провозные способности флота и мощности перегрузочной техники;
- изменилась структура грузопотоков;
- идет неукротимый процесс старения флота, средний возраст судов превышает нормативные сроки;
- ухудшилось состояние водных путей, реки приходят в естественное состояние;
- серьезно ограничился доступ к информации, необходимой для проведения научно-практических исследований в области эксплуатации флота;
- современная среда деятельности речного транспорта приобрела неопределенность;
- резко ухудшились эксплуатационно-экономические показатели работы флота и перегрузочной техники.

Анализ проблем внутреннего водного транспорта Сибири свидетельствует о том, что они носят системный характер и требуют комплексного подхода к их решению.

Среди основных крупномасштабных проектов перспективного развития внутреннего водного транспорта Сибири на современном этапе целесообразно выделить под условным названием следующие три, если рассматривать только эксплуатационно-экономический аспект его деятельности.

- 1 Северный завоз грузов.
- 2 Международные транспортные коридоры.
- 3 Малые реки.

Это связано, прежде всего, с планами дальнейшего хозяйственного освоения региона и обеспечение необходимой жизнедеятельности на его территории, недостаточном развитии здесь других видов транспорта и расширением судоходства на малых реках как единых транспортных путей в ряде районов.

Северный завоз грузов справедливо отождествляется с перевозкой в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. В соответствии с постановлением правительства

Российской Федерации от 23 мая 2000 года №402 в перечень этих районов вошли шесть республик (Алтай, Бурятия, Карелия, Коми и Саха (Якутия), три края (Красноярский, Приморский и Хабаровский), десять областей, восемь автономных округов и одна автономная область. Таким образом, очевидно, что подавляющая часть этих районов находится на территории Сибири.

Экономические преобразования в России за последние 15 лет негативно отразились на развитии производительных сил на этой территории: разрушены многие предприятия горной и рудодобывающей промышленности, наступил демографический кризис, снижается численность населения, растет миграция, население за последние десять лет на этой территории уменьшилось более чем в два раза, появляется опасность безвозвратной потери богатого минеральными ресурсами региона России. В то же время, недра России богаты полезными ископаемыми (нефть, природный газ, алмазы, медь, никель, золото, кобальт, олово, сурьма, алюминий и т.п.), которые невозможно получать в необходимых для хозяйственного комплекса страны количествах, в других регионах России.

Освоение природных богатств на этой территории связано с крайне неблагоприятными природно-климатическими условиями, которые создают определенные трудности в организации работ и требуют дополнительных затрат. Надежда на то, что в результате экономических преобразований резко вырастут инвестиции в северные районы оправдываются мало.

В связи с этим отказываться от государственной поддержки северных территорий на современном этапе функционирования экономики ничем не оправдано. Необходимо разработать специальную программу государственной поддержки по отношению к северным территориям, в которой предусмотреть обоснованное льготное налогообложение для предприятий добывающей и обрабатывающей промышленности, организацию отдельных зон наибольшего благоприятствования для развития экономики, внедрения социально ориентированных мероприятий с целью обеспечения жизнедеятельности трудовых ресурсов, тем самым обеспечить в необходимых количествах северный завоз грузов на эти территории с наименьшими издержками.

В настоящее время популярной становится стратегия «Россия – транспортный мост». Этому способствует стремление усилить роль нашей страны в международных перевозках по маршруту «страны АТР-Россия-Европа» и обратно.

Перспективы развития водного транспорта Сибири связаны с недостаточным развитием здесь других видов транспорта и с формированием таких транспортных коридоров, как Северный морской путь (СМП), Транссиб, БАМ, АЯМ и внутренние водные пути Обь, Енисей, Лена.

Дальнейшее освоение СМП приводит к более интенсивному использованию рек Сибири для транспортировки судами продукции из этих регионов на мировые рынки. Речные пути становятся единственными транспортными связями между транспортными коридорами (Транссиб, БАМ, АЯМ и СМП) в меридиональном направлении через магистральные водные пути Сибири. В Дальневосточном Федеральном округе, в связи с этим, можно говорить о связи Транссиба, БАМа, АЯМа с СМП через Лену, тем самым сформировать межгосударственный транспортный Арктический коридор «Дальневосточные порты – СМП».

В Сибирском Федеральном округе возможна организация транспортных коридоров, «Транссиб-Енисей-СМП» и «Китай-Кош-Агач-Обь-СМП». По всем направлениям прогнозируется увеличение объемов перевозок, прежде всего леса, наливных грузов, строительных материалов и каменного угля.

Если Транссиб предполагается в ближайшее время практически полностью загрузить контейнерными перевозками, этот грузопоток переходит на реки Сибири и СМП. В этом случае железные дороги, внутренние водные пути и СМП включаются в систему международных и межрегиональных транспортных коридоров.

В настоящее время Транссиб связан своим западным звеном с международными транспортными коридорами, которые имеют выход в страны Европы. В восточной части магистрали планируется продлить Транссиб до Южной Кореи путем восстановления Транскорейской железной дороги. Таким образом обеспечивается постоянная круглогодичная транспортная связь АТР с Европой через территорию России.

После соответствующей модернизации Транссиба (в течение 5 лет) дорога может пропускать до 1,5 млн. контейнеров в год. В этом случае возникает необходимость существенно сократить внутрироссийский грузопоток по ней, переведя его на другие магистрали (реки Сибири, Северный морской путь).

В то же время Северный морской путь в последние годы приобретает все большее значение для России. Экономические и политические соображения заставляют нашу страну и заинтересованные страны северных районов Америки и Европы рассматривать СМП в качестве международного транспортного коридора круглогодичного действия, существенно (в 1,5-2,5 раза) сокращая протяженность маршрута по сравнению с Южным вариантом через Суэцкий канал и заметно удешевить доставку Российских товаров в Северную Европу, Америку и Азию.

Среди основных направлений решения проблемы экономического развития Сибири выделяется оптимизация транспортной системы с использованием внутренних водных путей для обеспечения сообщения с отдельными северными районами, где особую роль в системе транспортных связей играют малые реки. Протяженность этой категории водных путей составляет более половины речных магистралей региона. В большинстве районов они оказываются основным и даже единственным видом транспортных путей для перевозок массовых грузов и существенно влияют на развитие производительных сил и социально-экономическую ситуацию в этих районах.

На территории региона насчитывается более 200 рек отнесенных к категории малых рек, которые по своим характеристикам пригодны для судоходства. Однако в качестве судоходных путей освоены менее 40% рек от их общего количества.

В связи с этим важным направлением развития внутреннего водного транспорта в Сибири является расширение судоходства на малых реках. Концепцией развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации планируется определить совместно с субъектами Российской Федерации перечень малых рек и отдельных их участков, по которым целесообразно провести рекогносцировочные изыскания с целью организации по ним судоходства.

В результате перехода хозяйственного комплекса страны к рыночной экономике, смещение грузопотоков в отдаленные и труднодоступные в транспортном отношении северные районы Сибири, выдвигаются новые требования к задачам по управлению перевозками и работой флота на малых реках.

Реализация изложенных в статье направлений позволит:

- обеспечить интеграцию внутренних водных путей Сибири в общую транспортную систему России и через нее в систему международных и межрегиональных транспортных коммуникаций;
- разработать региональную целевую программу развития внутреннего водного транспорта Сибири на ближайшую перспективу;
- улучшить качество предоставляемых транспортных услуг в восточной части страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: северный завоз, транспортные коридоры, малые реки
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зачёсов Александр Венедиктович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

И.Г. Чиркова, С.В. Майер, А.В. Масловец

INSTITUTIONAL AND INFRASTRUCTURE ASPECTS OF DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY
Novosibirsk state technical university
I.G. Chirkova, S.V. Mayer, A.V. Maslovets

Tendencies of financing of the RES projects, which are caused by priorities of Public-Private partnership at development of infrastructure of renewable energy are revealed. Use of renewable energy resources is connected with achievement of energy efficiency and decrease in an environmental pressure on environment therefore attraction of investments can be carried out within programs of the international ecological funds. Also in Russia government support of «green» energy through regulation of the market of electric power is entered. Expediency of introduction in economic circulation of objects of RES in rural areas is proved.

Keywords: renewable energy projects, government support, investments promote renewable energy technologies, rural settlements

Выявлены тенденции финансирования проектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые обусловлены приоритетами государственно-частного партнерства при развитии инфраструкту-

ры возобновляемой энергетики. Использование возобновляемых энергоресурсов связано с достижением энергоэффективности и снижением экологической нагрузки на окружающую среду, поэтому привлечение инвестиций может осуществляться в рамках программ международных экологических фондов. Также в России вводится господдержка «зеленой» энергетики через регулирование рынка электрической мощности. Обоснована целесообразность введения в хозяйственный оборот объектов ВИЭ на сельских территориях.

В настоящее время развитие возобновляемой энергетики связано с необходимостью достижения энергоэффективности и снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Кроме этого, диверсификация топливно-энергетического баланса создает условия для усиления энергетической безопасности. А интенсификация введения в хозяйственный оборот ВИЭ способствует формированию нового энергетического бизнеса. Эксплуатационные затраты в системах возобновляемой энергетики значительно ниже, чем на ТЭС или АЭС, а топливные издержки отсутствуют. Однако объекты возобновляемой энергетики требуют больших удельных капиталовложений по сравнению с традиционной энергетикой.

Для проектов по возобновляемым источникам энергии необходимы долгосрочные инвестиции, а для институциональных инвесторов это связано с дополнительными рисками. Так, в странах ЕС привлечение финансовых средств парабанковского сектора сдерживается следующими обстоятельствами: некоторым пенсионным фондам не разрешается инвестировать в инфраструктуру, а страховые компании ограничивают неликвидные инвестиции, поскольку конвертировать в денежный эквивалент их смогут только в составе целостного имущественного комплекса. К тому же проекты возобновляемой энергетики могут быть небольших масштабов для привлечения значительных инвестиционных средств, а мелкие фонды не располагают достаточными кадровыми ресурсами для экспертизы инвестиционных предложений «зеленой» энергетики [1].

Для активизации притока финансовых ресурсов в возобновляемую энергетику практикуется применение инструментов фондового рынка. Создание секьюритизированных долговых обязательств позволяет банковские кредиты поддерживать эмиссией ценных бумаг. Что дает инвесторам возможность делать вложения в активы, которые иначе были бы им недоступны, а также увеличивать длительность и сокращать стоимость кредита по проектам ВИЭ. Государство также может выступать в качестве эмитента национальных и муниципальных «зеленых» облигаций для обеспечения инвестиций для широкого круга проектов, направленных на внедрение типичных и инновационных разработок по повышению энергоэффективности и расширению «экологического коридора». Реализация инфраструктурных проектов осуществляется и на основе государственно-частного партнерства при создании финансовой основы за счет выпуска облигаций, что уменьшает стоимость капитала, снижает риск вложений. Преимущества таких организаций могут быть использованы при финансировании «зеленых» технологических инноваций, инфраструктуры экологически чистой энергии. Доступным источником финансирования проектов по внедрению ВИЭ во многих странах мира являются федеральные и региональные целевые программы, которые предусматривают поддержку в виде государственных субсидий, гарантий, ссуд, грантов, налоговых льгот [2].

Объем инвестиционных ресурсов в развитие ВИЭ и индексы привлекательности стран с точки зрения инвестиций в возобновляемую энергетику (Renewable energy country attractiveness index – RECAI), составленные EY Foundation по 40 странам, показаны на рисунке. В оцениваемой совокупности стран на долю представленных государств приходится около 70% инвестиции, направляемых на реализацию проектов ВИЭ. Ранжирование стран в рейтинге инвестиционной привлекательности экспертами производилось по результатам анализа развития различных рынков возобновляемой энергетики: ветровой, солнечной, геотермальной и биоэнергетики. Также рассматривалось наличие инфраструктуры, требуемой для использования технологий ВИЭ, рост потребления электроэнергии, зависимость от импорта энергоносителей и структура энергетики. К финансовым факторам, влияющим на формирование рейтинга, были отнесены доступность внутреннего кредита, средние цены кредитного дефолтного свопа по облигациям развивающихся рынков и волатильности процентных ставок.

Из стран БРИКС наиболее активно развивается возобновляемая энергетика Китая за счет гелиоэнергетики. Правительство составляет список «солнечных» проектов, которые могут претендовать на финансирование от Банка развития Китая (CDB). Данный Банк предоставляет среднесрочные и долгосрочные финансовые ресурсы для развития национальной

инфраструктуры, тяжелой промышленности, ключевых развивающихся секторов и национальных приоритетных проектов, а также содействует скоординированному региональному развитию путем инвестирования малого бизнеса и сельского хозяйства. Кроме этого, Китай экспортирует фотоэлектрические модули в развивающиеся страны, что способствует развитию промышленности и позволяет совершенствовать оборудование ВИЭ. Тогда как Индия в основном импортирует технико-технологическое оснащение. Хотя могла бы уменьшить стоимость ветро- и гелиоэнергии на 28-32%, обеспечивая недорогой долгосрочный кредит для поддержки собственных производителей оборудования.

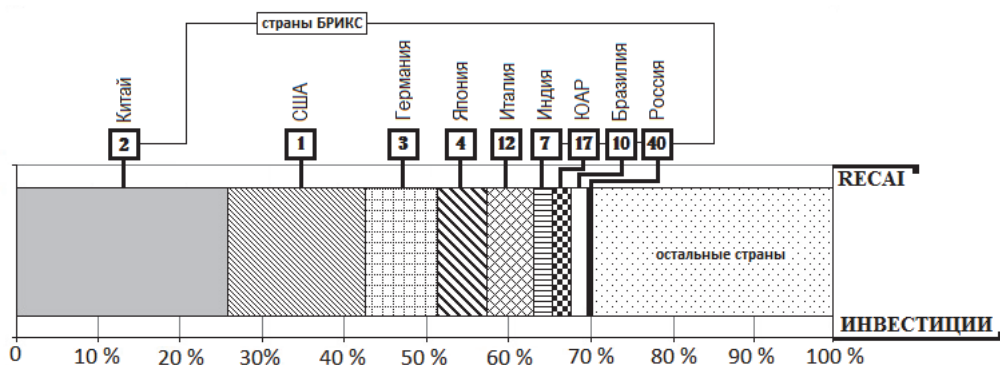


Рисунок – Характеристика инвестиционной деятельности стран мира в сфере возобновляемой энергетики (2013 г.), составлено по [3, 4]

В России для государственных инвестиций активно создаются компании в рамках государственных корпораций: «Роснано», «Ростехнологий», «Росатом» и «РусГидро», реализующих проекты возобновляемой энергетики. Помимо развития проектов в сегменте централизованной генерации электроэнергии, в России появляются производства топливных гранул, биотоплива, что способствует расширению внутреннего рынка децентрализованной генерации тепла и электроэнергии на основе ВИЭ [5]. Для увеличения доли возобновляемых источников энергии в общем объеме генерации до 4,5% к 2020 году вводится господдержка «зеленой» энергетики через рынок мощности (договоры на продажу мощности), когда на оптовом рынке присутствуют квалифицированные генерирующие объекты (мощностью свыше 25 МВт), функционирующие на основе использования возобновляемых источников энергии. На розничном рынке сетевые компании обязаны покупать энергию ВИЭ по регулируемым тарифам. Планируется принятие дополнительных правительственных решений по мерам поддержки ВИЭ на розничном рынке электроэнергии, которые будут направлены на установление долгосрочных тарифов с целью обеспечения окупаемости проектов за 7 лет [6, 7].

Государственная политика играет важнейшую роль в создании стимулов для инвестирования в возобновляемую энергию. Методы стимулирования, привязанные ко времени (стимулирующие тарифы, прямые субсидии и налоговые льготы) способны повышать привлекательность инвестиций в возобновляемую энергию посредством улучшения соотношения между риском и доходностью. По оценкам МЭА [8] комплексный пакет стимулирующих инвестиционных мер в размере 1-2% от мирового ВВП может перевести мировую экономику на энергопотребление возобновляемых энергоресурсов более 25% общего предложения поставок ТЭР к 2050 году. Причем продолжительность государственной поддержки должна быть регламентирована и синхронизирована с результативностью госрасходов. Однако следует поддерживать стабильность и информационную прозрачность условий субсидирования производства энергии из возобновляемых источников для инвесторов.

В состав партнерства по реализации проектов освоения ВИЭ в различных странах включаются: генераторы «зеленой» энергии, производители оборудования, представители инженерно-технического и научно-исследовательского сообщества, государственные властные структуры, органы региональной и местной власти; природоохранные организации; финансовые компании. Институт, представляющий государственную властную структуру, определяет приоритетные виды возобновляемых источников и порядок их поддержки. Учитывая национальные задачи по освоению ВИЭ, тенденции развития отрасли и возможности финансирования, опираясь на комплексный анализ эффективности затрат и рисков представ-

ленных проектов, этот орган определяет также энергетические и промышленные компании для привлечения к партнерству. Органы региональной власти обеспечивают соблюдение интересов местного населения и сохранение окружающей среды. Например, в Испании, Дании и Германии органы местной власти предъявляют к инвесторам в объекты ветроэнергетики требования осуществлять дополнительные вложения в развитие инфраструктуры или социальной сферы соответствующего региона [9].

Использование возобновляемых источников энергии способствует преодолению социально-экономических проблем, обеспечивая экономическую и технологическую доступность энергоресурсов для потребителей, что является актуальным в борьбе с энергетической бедностью. Так, на Кубе за счет солнечных фотоэлектрических систем обеспечиваются электроэнергией социально значимые объекты сельских и горных районов. Кроме этого, активно развивается ветроэнергетика в локальных системах энергообеспечения. Одним из главных источников сырья для биоэнергетики на протяжении многих лет являлся сахарный тростник, за счет использования которого генерировалось около 10% электроэнергии в стране. Однако в период 1990-х годов в связи с падением цен на сахар на мировом рынке многие заводы по переработке сахарного тростника были закрыты, также снизилась активность торговых контактов «сахар-нефть» с российскими партнерами. Поэтому биоэнергетика переориентировалась на сельхозотходы, что позволяет получать финансирование проектов по защите окружающей среды от международных организаций [10].

Все программы по возобновляемой энергетике на Кубе контролируются Министерством окружающей среды, технологий и науки и реализуются преимущественно в форме государственно-частного партнерства. Распределение финансирования программных мероприятий по источникам имеет следующую структуру [11]: госбюджет – 15%, частные инвесторы – 80%, международные организации (ADEME, UNIDO, UNEP) – 5%. Агентство по вопросам энергоэффективности и защиты окружающей среды Франции (ADEME) финансирует совместную деятельность по технико-экономическому обоснованию и экспертизе проектов. Специализированное учреждение ООН по промышленному развитию (UNIDO) поддерживает комплексные программы на Кубе, направленные на решение проблем промышленного развития, в том числе в области энергосбережения и использования технологий возобновляемой энергетики. В рамках Программы ООН по окружающей среде (UNEP) осуществляется продвижение чистых технологий при содействии распространению технических знаний. Небольшие островные государства – приоритет для UNEP в создании модели привлечения инвестиций в частный сектор на основе сотрудничества государства и бизнеса.

Если осуществление масштабных проектов ВИЭ ограничено инфраструктурными и институциональными факторами, то использование «зеленых» энерготехнологий в локальных и автономных системах энергообеспечения более доступно. Включение мероприятий по развитию источников ВИЭ в программы по повышению энергоэффективности следует производить на основе их отраслевой экспертизы [12]. Так, сельские поселения занимают значительную часть территории России и для их развития требуется эффективное энергообеспечение. В связи с этим сельская энергетика может быть сориентирована на внедрение объектов ВИЭ. Это создаст стимул для расширения рынка энергооборудования и энергоресурсов за счет потребителей сельской местности. Господдержка проектов ВИЭ может осуществляться в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. №717).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Big Green Bucket: towards a large-scale refinance facility for clean energy debt: 2014 [Electronic resource] / Research co Bloomberg New Energy Finance. -Режим доступа: URL: <http://jobs.bloomberg.com>. -28.07.2014.
- 2 Developing innovative energy infrastructure financing: report of the Milken Inst. [Electronic resource]. -Режим доступа: URL: <http://www.milkeninstitute.org>. -28.07.2014.
- 3 Renewable energy country attractiveness index (RECAI) [Electronic resource] / EY Foundation. -Режим доступа: URL: <http://www.ey.com/UK/en/Industries/Cleantech/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index>. -30.07.2014.
- 4 Перспективы развития возобновляемой энергетики России [Электронный ресурс] : отраслевой разрез / компания «АЭнерджи». -Режим доступа: URL: <http://aenergy.ru/contacts.php>. -28.07.2014.
- 5 Политика России в области возобновляемых источников энергии: пробуждение зеленого великана / Междунар. финансовая корпорация. -Режим доступа: URL: <http://www.ifc.org>. -28.07.2014.
- 6 Федорова, Е. Особенности работы на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности генерирующих объектов, функционирующих на возобновляемых источниках энергии [Электронный ресурс] / Е. Федорова; НП «Совет рынка». - Дюссельдорф, 2013. -Режим доступа: URL: http://rawi.ru/media/Materiali/Presentations/RAWI_Duesseldorf_27.02.13/NP%20Sovet%20rynka.pdf. -01.08.2014.
- 7 Механизм стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энер-

гии и мощности: утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 28.05.2013 №449: ред. от 17.02.2014.

8 Tracking Clean Energy Progress 2013: IEA Input to the Clean Energy Ministerial [Electronic resource]. -Режим доступа: URL: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TCEP_web.pdf. -20.07.2014.

9 Клавдиенко, В. Партнерство государства и бизнеса в сфере нетрадиционной энергетики: обзор мирового опыта [Электронный ресурс] / В. Клавдиенко. -Режим доступа: URL: <http://analyticsmz.ru/?p=5999>. -20.07.2014.

10 González, M.M. Renewable energy in Cuba [Electronic resource] / M.M. González, A.S. Sera. -Режим доступа: URL: <http://www.tiempocyperclimate.org/portal/archive/issue48/t48a1.htm>. -02.08.2014.

11 Generation and Delivery of Renewable Energy Based Modern Energy Services in Cuba [Electronic resource]. -Режим доступа: URL: http://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/repository/Cuba_-_Generation___Delivery-Isla_Juventud.pdf. -02.08.2014.

12 Щуров, Н.И. Отраслевая экспертиза как эффективный инструмент комплексного решения задач по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на предприятиях / Н.И. Щуров, Б.В. Малозёмов. -Новосибирск: МОСЭП, 2010. -184 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *инвестиции в развитие технологий возобновляемых источников энергии, сельские поселения, проекты возобновляемой энергетики, государственная поддержка*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Чиркова Ирина Григорьевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Майер Сергей Викторович, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Масловец Александр Васильевич, студент ФГБОУ ВПО «НГТУ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Мукасеев

FORMATION OF SYSTEM OF MOTIVATION OF HUMAN RESOURCES IN INNOVATIVE DEVELOPMENT OF WATER TRANSPORT

Novosibirsk state academy of water transport
A.V. Mukaseev

This article States that at present there is an acute problem of improvement of technology and equipment on the enterprises of water transport. Workers are growing needs for improved working conditions. To solve the main tasks should be to create a system of motivation of human resources in water transport and to link it with the innovative development of the enterprises of water transport.

Keywords: innovation, motivation, re-equipment, implementation, development, formation

В настоящее время остро стоит задача об усовершенствовании технологии и оборудования на предприятиях водного транспорта. У работников растут потребности в улучшении условий труда. Для решения основных задач следует создать систему мотивации человеческих ресурсов на водном транспорте и увязать ее с инновационным развитием предприятий водного транспорта.

При инновационном развитии водного транспорта роль системы управления человеческими ресурсами имеет важное значение [8].

В настоящее время при сложившейся низкой экономической эффективности водного транспорта одновременно растут потребности работников при достаточно эффективном заполнении российского рынка импортными товарами и услугами. Эти параметры привели к проблеме баланса между требованиями экономического развития предприятий и социальных нужд. Здесь необходимо сформировать механизм, который в большей степени будет ориентирован на решение социальных проблем. Это в свою очередь даст положительный эффект на инновационном развитии водного транспорта [4].

Большое затруднение в инновационном развитии на водном транспорте вызывает слабая трудовая мотивация ученых и высококвалифицированных специалистов, а также низкая заработная плата [2, 12]. Причина низкой заработной платы связана, прежде всего, с низкой производительностью труда. Поэтому решение проблемы формирования системы мотивации человеческих ресурсов для активации их трудовой деятельности является основной задачей.

Увеличение численности трудовых ресурсов предприятий водного транспорта в полной мере подчиняется закономерностям развития и воспроизводства трудовой силы. И в этом случае важную актуальность приобретают также вопросы формирования системы мотивации человеческих ресурсов предприятий водного транспорта, где наблюдается снижение качества труда работников и их отток в другие отрасли [1].

Темпы роста заработной платы на предприятиях водного транспорта напрямую связаны с ростом производительности труда. Одновременно с этим, дальнейшее повышение произ-

водительности труда за счет интенсификации труда невозможно, так как многие работники водного транспорта работают на максимуме своих физических и моральных возможностей. Поэтому уже в ближайшем будущем необходимо масштабное техническое перевооружение, имеющее инновационный характер [3].

В настоящее время невысокий уровень мотивации человеческих ресурсов предприятий водного транспорта приводит к увеличению текучести кадров [9, 10].

Проанализировав ситуацию, я сделал выводы о том, что основными причинами текучести кадров на водном транспорте являются:

- тяжелые и опасные условия труда;
- сменный график работы, включающий работу в ночное время, а также в выходные и праздничные дни;
- неудовлетворительное состояние основных фондов, которое является основной характеристикой транспортного хозяйства;
- оплата труда работников основного вида деятельности, ниже среднеотраслевых значений, несмотря на довольно высокий уровень средней заработной платы в целом по отрасли.

На водном транспорте существует проблема спроса на рабочих по обслуживанию техники, мотористов, диспетчеров, электриков, судоводителей, слесарей-ремонтников, механиков, токарей, газосварщиков. Особенно остродефицитными для водного транспорта и его береговых предприятий являются профессии, связанные с ремонтом, техническим обслуживанием и эксплуатацией техники.

Освоение новой техники и новых технологий на водном транспорте вызовет дополнительную потребность в специалистах нового профиля и рабочих новых профессий [5, 11]. Инновационное развитие водного транспорта потребует значительного повышения требований к уровню профессиональной квалификации рабочих и специалистов.

Под системой мотивации человеческих ресурсов на водном транспорте прежде всего следует понимать систему, в которой реализуются функции стимулирования и мотивации на всех стадиях жизненного цикла предприятия [7, 9]. В эту систему можно включить подсистемы, специализирующиеся на выполнении однородных функций. Формирование системы мотивации человеческих ресурсов на водном транспорте включает следующие основные этапы:

- предпроектная подготовка;
- проектирование;
- внедрение.

Особое значение в этой системе следует уделить увязке между мотивацией человеческих ресурсов и инновационным развитием предприятий водного транспорта.

Основными инновационными проектами на водном транспорте являются [6]:

- 1 развитие и расширение инфраструктуры водного транспорта;
- 2 увеличение численности судов нового типа;
- 3 внедрение инновационных технологий и нового оборудования;
- 4 повышение образовательного уровня работников водного транспорта и т.д.

Подробнее хотелось бы остановиться на п.4. Ведь для того, чтобы работник был готов к восприятию новой информации, тем более, если она связана с инновациями, необходимо вначале переориентировать его профессиональное сознание и мышление на новые программы.

Для реализации программы по повышению образовательного уровня необходимо будет, прежде всего:

- индивидуализировать обучение, то есть попытаться найти индивидуальный подход к каждому обучающемуся;
- использовать новые эффективные технологии в процессе обучения;
- применять новые методы для эффективной организации обучения;
- применять современную технику для обеспечения гарантированного качества обучения;
- проводить систематическое повышение квалификации работников водного транспорта.

В качестве положительных социальных эффектов от внедрения данных инновационных проектов могут выступать:

- увеличение количества рабочих мест и открытие новых рабочих мест;

- улучшение условий труда, отдыха, быта и медицинского обслуживания;
- рост совокупных доходов квалифицированных работников;
- повышение содержательности и творческой составляющей трудовой деятельности и

т.д.

В заключении хочу отметить, что вышеизложенные предложения по формированию системы мотивации человеческих ресурсов на водном транспорте требуют дальнейшего уточнения, а их реализация обеспечит рост производительности труда на водном транспорте и повышение уровня жизни его работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аньшин, В.М. Инновационная стратегия в условиях рыночной экономики / В.М. Аньшин. -М., 1993.
- 2 Бланк, Ш.П. Экономика внутреннего водного транспорта / Ш.П. Бланк, А.А. Митаишвили, В.А. Легостаев. -М.: Транспорт, 1983. -463 с.
- 3 Валдайцев, С.В. Оценка бизнеса и инновации / С.В. Валдайцев. -М.: Филинь, 1997.
- 4 Збрицкий, А.А. Кадровая политика социально-экономических систем: инновационная стратегия / А.А. Збрицкий. - Волгоград: ВолГУ, 2004. -119 с.
- 5 Инновационный менеджмент: учеб.-метод. пособие / под ред. А.И. Чулока. -М.: Изд-во УРАО, 2000. -170 с.
- 6 Королева, Е.А. Транспортные коридоры как фактор глобализации экономики / Е.А. Королева. -СПб.: СПГУВК, 2000. -206 с.
- 7 Лейман, Я.А. Управление по результатам / Я.А. Лейман. -М.: Прогресс, 1993.
- 8 Скобелева, И.П. Эффективность и качество работы водного транспорта: текст лекций / И.П. Скобелева, Е.А. Королева. -Л.: Изд-во ЛИВТ, 1987. -70 с.
- 9 Соколова, М.И. Управление человеческими ресурсами / М.И. Соколова, А.Г. Дементьева. -М.: Велби: Проспект, 2006. -240 с.
- 10 Титиевский, А.Н. Некоторые проблемы, связанные с развитием водного транспорта России / А.Н. Титиевский // Нота-риус. -2010. -№4.
- 11 Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление: учеб. пособие для ВУЗов / Р.А. Фатхутдинов. -М.: Инфра-М, 2000. -311 с.
- 12 Чекмарев, О.П. Мотивация и стимулирование труда: учеб.-метод. пособие / О.П. Чекмарев. -СПб., 2013. -240 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инновация, мотивация, перевооружение, внедрение, развитие, формирование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мукасеев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Мукасеев

PECULIARITIES OF HUMAN RESOURCES MANAGEMENT IN THE ORGANIZATION
Novosibirsk state academy of water transport
A.V. Mukaseev

This article States that for performance of the labor rights in the course of his employment, management must create motives and incentives that will encourage the achievement of goals and objectives. Also in the labor collective important moral and spiritual climate. In order to achieve high results, it is necessary to develop and implement particular activities.

Keywords: incentives, motivation, importance, significance, security, remuneration, interest, microclimate

Для высокопроизводительного результата труда человека в ходе его трудовой деятельности руководству организации необходимо создавать мотивы и стимулы, которые будут побуждать к достижению поставленных целей и задач. Также в трудовом коллективе важен морально-психологический и духовный климат. Чтобы достичь высоких результатов, необходимо разработать и реализовать определенные мероприятия.

Проведя анализ литературных источников я пришел к выводу, что в управлении человеческими ресурсами в организации играет мотивация. Для человека в процессе его трудовой деятельности необходимы стимулы, которые должны побуждать его к работе. Через восприятие стимулов в сознании человека возникают мотивы, побуждающие к достижению определенных целей или задач [1, 3].

Согласно точному определению, мотивация – это мероприятия, связанные со стимулированием деятельности человека, которые направлены на достижение определенных целей [12].

Мотивация может очень сильно влиять на поведение человека в трудовом коллективе. Она зависит от множества факторов. Мотивация должна быть тесно связана с потребностями

ми человека [2]. Эта связь будет побуждать к активности и придаст особый смысл действиям, целям и т.д.

В свою очередь, мотивы можно разделить на несколько критериев:

- значимость;
- социальная адекватность;
- место в структуре потребностной сферы;
- побуждение к решению определенной задачи;
- отношение к сознанию.

Исходя из анализа обработанной мной информации, к добросовестному труду могут побуждать следующие мотивы:

- увлеченность своей профессией или делом;
- ориентация на получение материального вознаграждения;
- осознание важности и необходимости работы.

Кроме того, мотивами эффективного трудового поведения являются такие факторы, как:

- рабочая среда;
- вознаграждение;
- безопасность;
- личное развитие;
- профессиональный рост;
- чувство причастности;
- интерес.

Из вышеперечисленных пунктов можно сделать вывод о том, что любые блага (материальные или духовные), удовлетворяющие потребностям человека, если их получение предполагает трудовую деятельность, можно отнести к стимулам труда. Благо становится стимулом труда в том случае, если оно формирует мотив труда [6, 7].

Стимулирование труда подразумевает создание условий, при которых в результате трудовой деятельности работник будет трудиться более эффективно и производительно. При этом он сможет выполнить больший объем работы, чем он это делал ранее. Стимулирование труда создает условия для осознания работником того, что он может трудиться более производительно; то есть появления у работника мотивов к более эффективному труду и реализации их в процессе труда [8, 10].

Формы стимулирования подразделяются на следующие виды:

- негативные (неудовольствие, наказание, угроза потери работы);
- денежные (заработная плата, премия, надбавка и т.д.);
- натуральные (покупка жилья, аренда жилья, предоставление автомобиля и т.д.);
- моральные (почетные грамоты, почетные знаки, награды, доска почета и т.д.);
- забота о работнике (социальное страхование, медицинское страхование, создание условий отдыха и т.д.);
- организационные (условия работы, содержание и организация работы);
- привлечение к содействию и участию в управлении.

Итак, на работника может оказываться воздействие в форме некоторого стимула [4]. Получив стимул, человек соответственно реагирует на него. Реакция может быть различной:

- положительной (человек изменит свое поведение так, как это задумывалось);
- нейтральной;
- отрицательной (нежелательное поведение только усиливается).

Хотя стимулы и побуждают человека трудиться, но их все же недостаточно для производительного труда. С момента вступления работника в трудовые отношения он должен выполнять определенный круг обязанностей за заранее оговоренные вознаграждения. В этой ситуации для стимулирования места еще нет [5, 11].

Работник организации с момента вступления в трудовые отношения должен четко знать: какие требования к нему предъявлены, какое вознаграждение он получит при их неукоснительном соблюдении и какие меры будут применены к нему в случае их нарушения. Дисциплина несет в себе элементы принуждения. Однако грань между контролированием и стимулированием условна и подвижна, так как работник с сильной мотивацией обладает самодисциплиной, привычкой добросовестно выполнять требования и относиться к ним как к собственным нормам поведения [2, 12].

Также в любом коллективе важную роль занимает морально-психологический климат (чувства, эмоции и настроение людей) и духовная атмосфера [5, 6]. Так, положительный и

здоровый морально-психологический климат способствует стремлению трудиться с желанием и высокой самоотдачей; и наоборот, нездоровый и отрицательный – резко снижает трудовую мотивацию.

Достижение здорового морально-психологического климата в коллективе – это довольно длительный процесс, реализовать который в короткий срок на основе призывов и лозунгов практически невозможно.

Именно при наличии здорового климата в коллективе устанавливается хорошая мотивация к труду и самодисциплина. Руководитель организации должен знать, что такие факторы, как прогулы, опоздания, алкоголь и др. ухудшают микроклимат в коллективе и вызывают падение производительности труда.

Существует и множество внешних факторов, которые порождаются событиями, происходящими за пределами организации (родственные связи, болезнь, смерть, автокатастрофы, хобби и т.д.) [9]. Тем не менее, они существенно влияют на климат в коллективе. Например, все, что случается в семье работника, очень быстро сказывается на его самочувствии на рабочем месте.

Проведя анализ вышеизложенного материала, можно выявить основные этапы оптимизации управления человеческими ресурсами в организации:

- определение методов по управлению человеческими ресурсами, необходимых для обеспечения нормального хода производственной деятельности;
- разработка процедуры планирования и регулирования численности человеческих ресурсов в организации;
- разработка процедуры оценки и аттестации человеческих ресурсов организации;
- разработка процедуры и принципов материального стимулирования;
- разработка процедуры развития человеческих ресурсов организации;
- разработка и проведение комплекса мероприятий, направленных на улучшение климата в коллективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Базарова, Т.Ю. Управление персоналом / Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. -М., 2008. -200 с.
- 2 Грехем, Х.Т. Управление человеческими ресурсами / Х.Т. Грехем, Р. Беннетт. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. -180 с.
- 3 Гончаров, В.И. Менеджмент: учеб. пособие / В.И. Гончаров. -Минск: Мисанта, 2003. -624 с.
- 4 Друкер, П.Ф. Эффективное управление: пер. с англ. / П.Ф. Друкер. -М.: ФАИР-ПРЕСС, 2008.
- 5 Иванцевич, Дж.М. Человеческие ресурсы управления / Дж.М. Иванцевич, А.А. Лобанов. -М., 2006. -340 с.
- 6 Маслов, Е.В. Управление персоналом предприятия / Е.В. Маслов. -М.: ЮНИТИ, 2005.
- 7 Мескон, М.Х. Основы менеджмента / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. -М.: Аспект Пресс, 2003. -471 с.
- 8 Мордовин, С.К. Управление человеческими ресурсами / С.К. Мордовин. -М.: ИНФРА, 2007. -320 с.
- 9 Одегов, Ю.Г. Управление персоналом / Ю.Г. Одегов, П.В. Журавлев. -М.: Финстатинформ, 2004.
- 10 Травин, В.В. Основы кадрового менеджмента / В.В. Травин, В.А. Дятлов. -М.: Дело, 2005.
- 11 Управление – это наука и искусство / А. Файоль, Г. Эмерсон, Ф. Тэйлор, Г. Форд. -М.: Республика, 2007. -224 с.
- 12 Управление человеческими ресурсами: энциклопедия. -СПб., 2006.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стимулы, мотивация, значимость, важность, безопасность, вознаграждение, интерес, микроклимат

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мукасеев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГавт»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГавт»

ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

О.А. Володина

PROBLEMS OF PLANNING AND FORECASTING IN THE SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR

Novosibirsk state academy of water transport

O.A. Volodina

The features of the planning and organization in the shipbuilding industry. Opportunities and difficulties of adaptation of automated control systems. Forecasting methods of demand, number of orders and volume of production.

Keywords: shipbuilding, ship repair, forecasting of demand, planning, adaptation of automated control systems

Описаны особенности планирования и организации судостроительного производства. Рассмотрены возможности и трудности адаптации автоматизированных систем управления и планирования. Приведены методы прогнозирования спроса и объема производства.

В современном мире ни одно производство, а особенно такое сложное и ресурсоемкое как строительство судов не может обойтись без системы стратегического и тактического планирования.

Единой системы планирования, применяемой на всех судостроительных предприятиях, в России не существует. Это затрудняет создание программ автоматизированного управления, планирования и учета в этой отрасли.

Рассмотрим основные этапы «классической», основанной на техпромфинплане, системы планирования в судостроении и судоремонте, оставшейся с советских времен и в тех или иных вариациях применяемой на многих верфях.

Составляется развернутая программа производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия на предстоящий год с поквартальной разбивкой. В ней решаются вопросы планирования объема производства и реализации продукции (производственная программа), организации производства и технического развития и капитального строительства. Устанавливаются нормы расхода времени и нормативы расхода ресурсов, определяется количественная и качественная потребность в материальных и трудовых ресурсах, планируются меры по совершенствованию кадров предприятия. Рассчитываются показатели себестоимости, прибыли, рентабельности и разрабатываются мероприятия по повышению эффективности производства. На основании вышеизложенных разделов плана составляется финансовый план предприятия.

План производства и реализации продукции включает в себя расчет производственной программы, баланс производственной мощности и план реализации продукции. Производственная программа служит основой для расчета всех последующих разделов плана. В ней рассчитываются объемы производства в натуральном, трудоемком и стоимостном выражении по видам работ: судоремонт (капитальный, средний, текущий); навигационный ремонт; судостроение; изготовление сменных запасных частей для нужд предстоящего судоремонта, по кооперации, нулевой этап (закупка запчастей на стороне); машиностроение; прочие затраты и собственные нужды.

Производится разбивка по структурным подразделениям, цехам и участкам. Структура производственной программы и распределение объема работ по судоремонту, судостроению и машиностроению зависит от профилирования предприятия. На заводах судоремонтного профиля заказы на судостроение выполняются в основном для равномерной загрузки производственных мощностей в течение года и могут составлять примерно 15-30 процентов от объема судоремонта и машиностроения. Если профиль завода судостроительный, то основу производственной программы обычно составляет выполнение заказов на судостроение.

Планируемый в производственной программе объем работ распределяется также по периодам выполнения. Для этого год условно делится на две равные части по 6 месяцев каждая: летний и зимний периоды. Средний и текущий ремонты (кроме работ по нулевому этапу) планируются на зимний период. От 20 до 50% объема капитального ремонта планируется на зимний период, а 50-80% – на летний период. Навигационный ремонт и нулевой этап относятся к летнему периоду, а судостроение распределяется по периодам года так, чтобы достигалась равномерная загрузка оборудования и людей.

Планирование объема работ в натуральном выражении на судоремонтно-судостроительном предприятии затруднено тем, что номенклатура продукции может быть неоднородна. Приходится по разным видам работ рассчитывать объемы производства в разных единицах.

Планирование объема работ, тесно связано с прогнозированием спроса на продукцию. На макроуровне потребность в судоремонте и строительстве новых судов определяется состоянием мировой экономики, политическими факторами, состоянием российской экономики (инвестиционный климат в стране и его соотношение с инвестиционным климатом других стран, стратегия развития страны, темпы роста производства, государственная поддержка отдельных отраслей, налоговая политика, величина госзаказа и др.). Также нужно принимать во внимание стратегию развития на региональном уровне и обеспеченность данного региона различными видами транспорта.

На микроуровне спрос на судостроение и судоремонтные работы будет зависеть от числа судовладельцев и количества судов, которые у них имеются, от сроков службы и технического состояния этих судов, планов обновления флота, а также от платежеспособности судовладельцев. Нужно учитывать внешнюю среду, уровень конкуренции, объем рынка и

возможную долю на нем рассматриваемого судоремонтно-судостроительного завода. При этом необходимо иметь в виду, что для верфей, обслуживающих суда внутреннего плавания, особенно в регионах замерзающей акватории, уровень конкуренции несколько ограничен. Так как дополнительные затраты на перегон судна из бассейна в бассейн могут перекрывать разницу в цене работ. Зато и объем спроса на судоремонт будет ограничен. Для судов смешанного плавания и морских возможности выбора судоремонтного предприятия значительно расширены. Для верфей, расположенных на морском побережье или недалеко от него прогнозировать объем работ нужно на основе исследования мирового рынка судоремонта и судостроения.

На практике планирование объема работ действующего судоремонтно-судостроительного предприятия производится позаказным способом на основе предварительных заявок судовладельцев или госзаказа. Как правило, крупные судовладельцы обслуживают свой флот на основе долгосрочных связей с конкретным судоремонтным предприятием. В таком случае существует программа ремонта флота судовладельца с указанием объема работ по очередному освидетельствованию, докованию, плановому ремонту судов, согласованная с судоремонтным предприятием. На эти документы судоремонтно-судостроительное предприятие опирается при планировании собственной деятельности. Часть работ может проводиться в рамках госзаказа на основании Федерального закона №94-ФЗ от 21.07.2005 г. «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд».

Число предстоящих заказов на ремонт судов предприятие может прогнозировать, зная число судов постоянных клиентов, подлежащих планово-предупредительному ремонту, объем госзаказа, объем работ по долгосрочным заказам, а также, собрав предварительные заявки на ремонт судов «по потребности». Это будет базовая (на которую можно рассчитывать с достаточной долей вероятности) часть объема производства ($Q_{баз}$). При этом в прогнозном объеме может присутствовать и вариативная часть заказов ($Q_{вар}$). Чтобы ее определить можно предложить два метода.

Метод экспертных оценок, основанный на анализе рынка судостроительных услуг, конкурентоспособности, объема спроса и предложения, предпочтений потребителей. При этом на основе изучения рынка определяется оптимистический объем заказов (при самом лучшем стечении обстоятельств), пессимистический объем заказов (при самом неблагоприятном ходе событий) и вероятности реализации этих прогнозов. Рассчитывается математическое ожидание объема заказов (M). Вариативная часть объема заказов тогда будет равна

$$Q_{вар} = M - Q_{баз}, \text{ ед.}$$

Этот метод достаточно трудоемкий и может давать погрешности из-за неучтенных факторов при анализе рынка и формировании экспертных оценок. Зато он учитывает возможность изменения ситуации.

Метод, основанный на статистике заказов данного предприятия или предприятия работающего в аналогичных рыночных условиях (предприятия-аналога). Он, наоборот, менее трудоемкий, и его можно применять при наличии необходимых статистических данных. Однако, он не учитывает изменившихся условий работы и факторов конкурентоспособности. Собирается статистика объема дополнительных (незапланированных заранее заказов) за ряд (от 1 до n) лет, но не менее 5 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n). Рассчитывается среднее арифметическое значение объема дополнительных заказов (Q_{cp}). Далее рассчитывается среднее квадратическое отклонение объема заказов

$$СКВО = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{cp})^2}{n - 1}}, \text{ ед.}$$

где i – номер года от 1 до n ;
 n – число лет статистических наблюдений.

Коэффициент вариации

$$K_v = СКВО / Q_{cp}, \text{ ед.}$$

Если $K_v < 0,25$, то ряд устойчивый и вариативная часть объема заказов может отклоняться от Q_{cp} в большую или меньшую сторону согласно коэффициенту вариации. Например, если получено значение коэффициента вариации $K_v = 0,1$, то мы можем ожидать ва-

риативную часть объема заказов на уровне Q_{cp} с отклонением на 10% в большую или меньшую сторону. Если получено значение коэффициента вариации $K_v = 0,3$, то ряд данных неустойчив и применение данного метода для прогнозирования нецелесообразно.

После прогнозирования объема заказов в натуральных единицах, рассчитывают трудоемкость предстоящих работ сначала в сметных часах, по общим нормам, а затем в нормированных часах и в человеко-часах с учетом, технологической оснащенности и организации работы людей на данном предприятии. Пересчет сметной трудоемкости в нормированную осуществляется по переводному коэффициенту, принятому на предприятии. Трудоемкость работ рассчитывается по видам работ и по отдельным подразделениям. Она сравнивается с производственной мощностью, чтобы удостовериться, что предприятие справится с предложенным объемом заказов.

Сейчас рынок предлагает большое количество программных продуктов для управления и планирования машиностроительным производством, такие как AVEVA MARS, Oracle, IFS Applications, 1С, Галактика, Витес и др. Однако судостроительные предприятия при их применении сталкиваются с большими трудностями. Это связано с рядом причин и отраслевых особенностей [1].

В России сегодня большая часть судов строится по прямым или косвенным госзаказам, поэтому классическая система рыночного маркетинга, опирающаяся на запросы потребителя, работает слабо. Действуют также территориальные, транспортные, технологические, экономические, политические ограничения свободного взаимодействия заказчиков и верфей. Это препятствует развитию рыночных механизмов в этой отрасли. В таких условиях готовые автоматизированные бизнес-системы планирования не вполне подходят. Строительство флота, особенно крупнотоннажных судов, может длиться несколько лет, что затрудняет прогнозирование цен на ресурсы и услуги и требует их оперативной корректировки. Параллельно с постройкой судна продолжается процесс рабочего проектирования и внесения большого числа технологических и конструктивных изменений. Поэтому программа должна обеспечивать возможность оперативного взаимодействия проектировщика и судостроителя. Также она должна учитывать то, что число контрагентов может достигать нескольких сотен, а номенклатура деталей на одно судно более миллиона наименований, неравномерность потребления материальных, трудовых и финансовых ресурсов, применение при планировании системы планово-учетных единиц (ПУЕ) из-за конструктивной сложности изделий. Кроме того, в судостроении этап подготовки к производству является сложной организационной системой, требующей значительных затрат, составляющих до 10-15% от стоимости постройки судна [2].

Существующие программные продукты предлагают большие возможности в области внутренней логистики для оптимизации запасов времени и технологических операций. Но это не так актуально в судостроении из-за растянутости производственного процесса. Однако возможности планирования в большинстве этих программ ограничены. Они не дают алгоритма обработки и применения в производстве сложной технической информации для привязки проектных данных к производству и обеспечения оптимального взаимодействия проектировщиков, судостроителей и контрагентов.

Применяя западные системы управления и планирования производством, судостроительные предприятия сталкиваются с необходимостью адаптации к текущей российской законодательной базе и реальным бизнес-процессам предприятия. Отечественные программы в основном созданы для машиностроения в целом и их тоже нужно адаптировать под нужды судостроительного предприятия. В любом случае на адаптацию и внедрение программного продукта поставщиком требуются значительные затраты, зачастую неприемлемые для предприятия. Остается возможность самостоятельной адаптации программы при наличии квалифицированных специалистов или создания собственной «корпоративной системы» как на Адмиралтейских верфях, Севмаше или Звездочке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анхимов, А.В. Алгоритм выбора корпоративной информационной системы для управления современным судостроительным (судоремонтным) производством / А.В. Анхимов // Флотэксперт. -2013. -№4.
- 2 Технология судостроения / В.Л. Александров [и др.]; под общ. ред. А.Д. Гармашева. -СПб.: Профессия, 2003. -334 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судостроение, судоремонт, прогнозирование спроса, планирование, адаптация автоматизированных систем управления
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Володина Оксана Анатольевна, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

АЛГОРИТМ ПОИСКА КРИТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения»

В.С. Наговицын, А.П. Буйносов

ALGORITHM OF SEARCH OF CRITICAL KNOTS OF THE ROLLING STOCK

Ural state university of railway transport

V.S. Nagovitsyn, A.P. Buinosov

The algorithm of search of critical knots of a rolling stock of railway transport is given in article. The system of designations is offered at a validity assessment with specification of a condition of mobile unit of a rolling stock.

Keywords: railway transport, rolling stock, knot, critical, search, algorithm

Приведен алгоритм поиска критических узлов подвижного состава железнодорожного транспорта. Предложена система обозначений при оценке годности с детализацией состояния подвижной единицы подвижного состава.

Основное оборудование железнодорожного подвижного состава, совокупность агрегатов разной физической природы и разной степени сложности [1], можно разделить на три составляющих – механическая (кузов, тележки, автосцепка и т. д.), пневматическая (компрессор, аппараты управления и торможения, воздухопроводы, арматура) и электрическая (источники питания, коммутационное оборудование, тяговые двигатели, преобразователи и т. п.) [2–3]. Функциональное назначение подвижного состава определяется техническими требованиями, а техническое состояние оценивается по критерию годности выполнять эти функции [4–6].

Оценка годности подвижного состава может определяться построением бинарного дерева и логическим исследованием диаграммы состояния объекта [7]. Пример построения бинарного дерева приведен на рисунке 1.

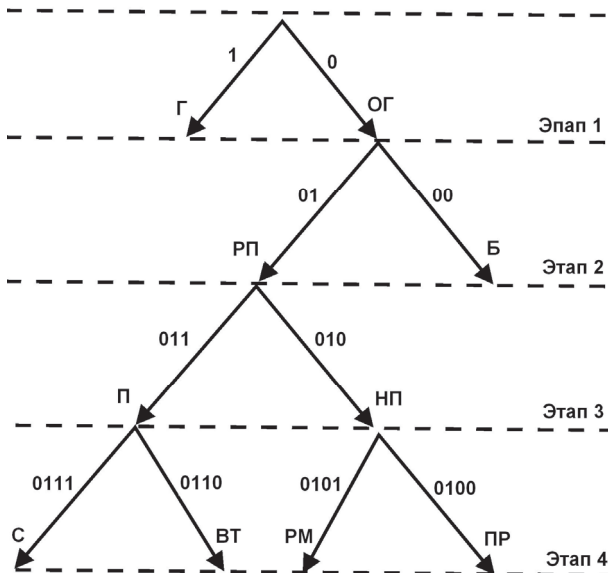


Рисунок 1 – Дерево анализа состояния подвижного состава

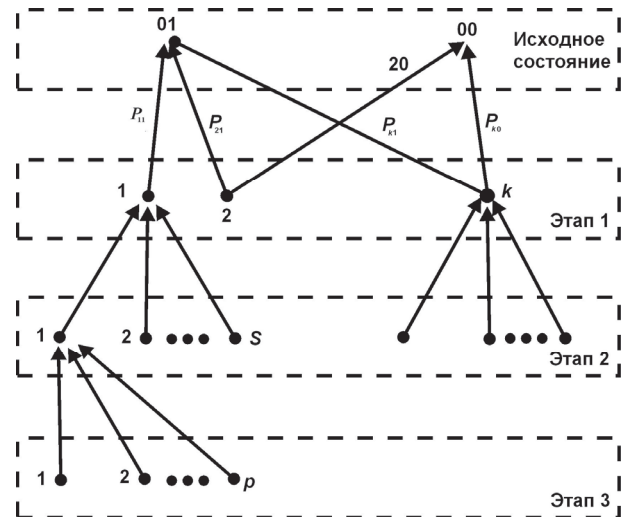


Рисунок 2 – Диаграмма состояния подвижного состава

На первом этапе детализации возможны два состояния: годен («Г») и ограниченно годен («ОГ»), что соответствует первому ветвлению графа. Если одной дуге графа присвоить код «1», второй – «0», тогда ветвь с кодом «1» соответствует состоянию объекта годен («Г») и дальше не детализируется. Ограниченная годность предполагает несколько исходов. Ветвь с кодом «00» соответствует состоянию непригодности – брак («Б») и дальше не рассматривается. Ветвь с кодом «01» соответствует ремонтпригодному состоянию («РП»). В свою очередь, ремонт может производиться с перемещением подвижного состава в депо на своем ходу (перемещаемый объект «П», код «011») или специальным способом, (непере-

мещаемый объект НП, код «010»). В последнем случае объект может перевозиться по частям (перемещение с разборкой ПР, код «0100») или ремонтироваться на месте (РМ, код «0101»). Перемещаемые единицы на своем ходу, могут двигаться самостоятельно (С, код «0111») или на внешней тяге (ВТ, код «0110»).

Используя предложенную систему обозначений можно продолжать детализацию состояния. Например, кодировать наличие сменного оборудования, необходимость перегрузки груза (для вагонов), с отцепкой от поезда или без отцепки [8] и т. д.

Для дальнейшего исследования из дерева анализа состояния (см. рисунок 1) достаточно выделить три ветви: две тупиковых – «Г», «Б» и ветвь ремонтпригодности «РП». Задача технических служб – поддерживать подвижной состав в годном состоянии (заблаговременно выводить его из эксплуатации). Таким образом, в представленном графе можно оставить три вершины (коды «1», «01» и «00») и перейти к дальнейшему рассмотрению частной задачи.

Если считать, что выделенные состояния являются результатом износа оборудования подвижного состава в эксплуатации, то логичен переход из состояния «Г» в «РП» и, далее в «Б». Тогда задачей технических служб останется минимизация вероятности таких переходов. Рассматривая ситуацию перехода в состояние «01» или «00», на первом этапе анализа выделяют наиболее крупные узлы и агрегаты, неисправность которых может привести к изменению состояния. Если таких узлов выделено «К», то состояние подвижного состава с возможными отказами оборудования представляется в виде графа (см. рисунок 2), где каждый из выделенных на этапе 1 узлов состоит из ряда деталей, а узел 1 разделен на S компонентов, каждый из которых, в свою очередь, состоит из p деталей (этап 3). Детализацию можно продолжить до границы, которая определяется объемом ремонта или восстановления деталей, но при их замене новыми, детализация не производится [9].

Диаграмма не может рассматриваться как совокупность изолированных графов, поскольку работа агрегатов взаимосвязана между собой. Декомпозиция графа на отдельные изолированные части возможна с помощью известных приемов преобразования и замены сочленения на эквивалентные ветви [10].

Рассмотрим этап 1, когда неисправность одного из K выделенных узлов может привести объект в состояние «01» или «00». При этом необязательно, что неисправность данного узла приведет к непригодности подвижного состава. Например, неисправность дизеля допускает перемещение тепловоза в депо для ремонта. Это означает, что соответствующие дуги на графе будут отсутствовать. Например, от блока 1 к вершине «00» дуги нет [11].

Соответствующие переходы на графе могут оцениваться числовыми характеристиками, одна из которых – вероятность перехода. На рисунке 2 введено обозначение: 1) P_{21} – вероятность появления неисправности блока 2, приводящая к частичной неисправности объекта; 2) P_{20} – вероятность появления неисправности блока 2, приводящая к полному выходу объекта из строя.

Возможны и другие оценки изменения состояния подвижного состава с помощью построения и анализа графа. Например, можно использовать время ремонта соответствующего узла T^p (очевидно, что для переходов в состояние «00» $T^p = \infty$), так как нормативное время ремонта каждого узла известно. Возможно применение других эквивалентных оценок, например, стоимостных, где критерием являются затраты на ремонт или время простоя подвижного состава.

Анализ, проводимый для оценивания вероятности отказа и, следовательно, ожидаемого времени безотказной работы, показывает, что в первом приближении на первом этапе соответствующие вероятности можно оценить с помощью величин $P_{\Sigma_i}(t)$, а именно:

$$P_{\Sigma_1}(t) = \sum_{i=1}^k p_{i1}(t); P_{\Sigma_0}(t) = \sum_{i=1}^k p_{i0}(t),$$

где $p_{i0}(t)$ – вероятность отказа i -го блока, приводящая подвижную единицу в состояние «00»;

$p_{i1}(t)$ – вероятность безотказной работы i -го блока – состояние «11», при этом считаем, что $p_{i0}(t) + p_{i1}(t) = 1$ для всех i .

Аналогичные формулы можно получить на этапе II, дополнительно суммируя вероятность по составным компонентам:

$$P_{\Sigma_1}(t) = \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^k p_{ij}(t); P_{\Sigma_0}(t) = \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^k p_{ij}(t),$$

где $p_{ij,0}(t) + p_{ij,1}(t) = 1$ для всех i и j .

Предполагаем, что вероятности $p_{i,r}$ и $p_{j,r}$ описываются экспоненциальным законом, тогда при построении и анализе полученных зависимостей, можно определять критическое время эксплуатации T_0^{KP} – допустимое время работы подвижной единицы без промежуточного контроля или ремонта.

Если обозначить допустимую вероятность отказа через Р01ДОП, тогда искомые характеристики определяются из выражений:

$$P_{\Sigma_1}(T_1^{KP}) \leq P_{01}^{ДОП}; P_{\Sigma_0}(T_0^{KP}) \leq P_{00}^{ДОП}. \quad (1)$$

Зная оценку T^{KP} , можно планировать график ремонта осмотра (или контроля) каждой единицы подвижного состава T^P

$$T^P < T_{(0)}^{KP}.$$

Эта же оценка может быть получена из анализа статистических данных при построении зависимости $P_{\Sigma}(t)$. На рисунке 3 обозначены качественные изменения вероятности отказов подвижного состава без ремонтов (кривая 1) и с периодическими ремонтами (кривая 2). Кривая 2 имеет характерные скачки в моменты t_{p1}, t_{p2} и t_{p3} , соответствующие времени проведения текущих ремонтов ТР-1, ТР-2, ТР-3 и большой скачок в момент КР (капитальный ремонт) [12].

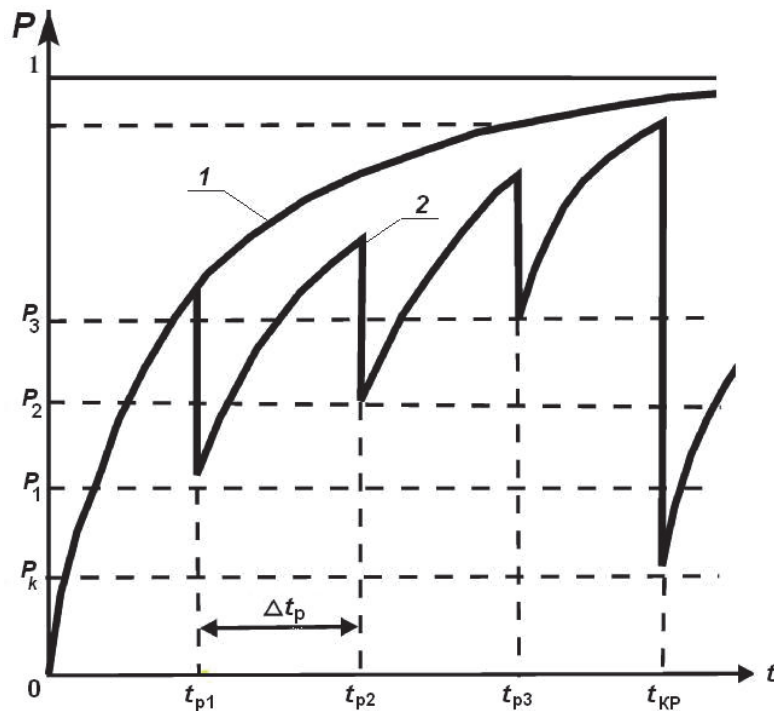


Рисунок 3 – Вероятности отказа в зависимости от времени эксплуатации и ремонта подвижного состава

После очередного ремонта вероятность отказа $p(t)$ снижается, как правило, не до нуля

$$p_1, p_2, p_3, p_k > 0. \quad (2)$$

При этом надежность оборудования после ремонта увеличивается:

$$p_k \geq p_3 \geq p_2 \geq p_1.$$

Увеличение межремонтного интервала повышает вероятность появления невосстанавливаемых неисправностей и количество unplanned ремонтов и остановок поездов в пути следования (увеличение расходов на перевозку) [13]. Однако снижение Δt_p означает увеличение расходов на плановый ремонт. Задача предложенного анализа – определение оптимальных межремонтных интервалов Δt_p по критерию наименьших совокупных затрат. Опи-

санный алгоритм является ядром общего алгоритма, изображенного на рисунке 4, по которому определяется наиболее уязвимый компонент.

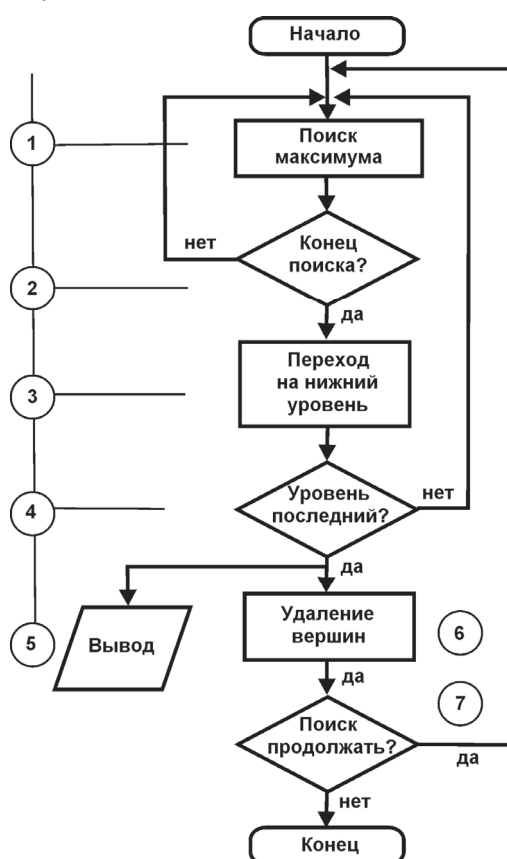


Рисунок 4 – Алгоритм поиска критических узлов

Алгоритм можно усложнить, если наименее надежные звенья последовательно исключать из дальнейшего анализа, что будет означать удаление на графе вершины с примыкающими к ней ребрами. Оставшийся граф подвергается анализу по приведенному выше алгоритму. На рисунке 4 это соответствует анализу блоков «1»-«5» и проведению исключения с помощью двух блоков «6» и «7» с последующим замыканием цикла.

В результате возможно построение ранжированного ряда вероятностей надежной работы в процессе их убывания

$$p_e > p_k > p_m > \dots > p_s \quad (3)$$

Ранжированный ряд вида (3) рассчитывается и сопоставляется с результатами обработки статистических данных об отказах [14]. На основе этой последовательности определяется комплексная система диагностики, технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Поскольку приведенный ряд представляет числовую последовательность, по нему можно составить граничные зоны и сгруппировать оборудование по периодам обслуживания с вероятностью отказа не ниже $P^{доп}$, определяемой из опыта эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Наговицын, В.С. Совершенствование системы ремонта тягового подвижного состава железных дорог с учетом фактического технического состояния: дис. ... д-ра техн. наук / В.С. Наговицын. -М., 2006. -250 с.
- 2 Буйносов, А.П. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации / А.П. Буйносов, И.М. Пышный, В.А. Тихонов // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. -2012. -Т.60, №1. -С. 85-91.
- 3 Буйносов, А.П. Уральский характер (Свердловской дороге-120 лет) / А.П. Буйносов, В.С. Наговицын, Г.С. Боярских // Локомотив. -1998. -№10. -С. 8-10.
- 4 Буйносов, А.П. Диагностика низковольтных цепей электровоза / А.П. Буйносов, В.С. Наговицын // Ж.-д. трансп. -1996. -№9. -С. 36-38.
- 5 Буйносов, А.П. Как повысить надежность бандажей / А.П. Буйносов, В.С. Наговицын // Локомотив. -1999. -№7. -С. 36-38.
- 6 Бесконтактное измерение бандажей / А.П. Буйносов, А.А. Калмыков, В.И. Елфимов, В.С. Наговицын // Ж.-д. трансп. -1995. -№11. -С. 34-36.
- 7 Смирнов, Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. -М.: Транспорт, 1987. -272 с.
- 8 Буйносов, А.П. Система бесконтактного измерения бандажей / А.П. Буйносов, В.С. Наговицын // Локомотив. -1995. -№12. -С. 27-28.
- 9 Наговицын, В.С. Локомотив тянет плохо, если работает на износ / В.С. Наговицын // Мир трансп. -2003. -№2. -С. 62-69.

- 10 Наговицын, В.С. Системы диагностики железнодорожного подвижного состава на основе информационных технологий / В.С. Наговицын. -М.: ВИНТИ РАН, 2004. -248 с.
- 11 Васильев, В.П. Методы оптимизации / В.П. Васильев. -М.: Мир, 1997. -824 с.
- 12 Наговицын, В.С. Структурная классификация технических средств диагностики тягового подвижного состава / В.С. Наговицын, А.П. Буйносов // Науч.-техн. вестн. Поволжья. -2012. -№6. -С. 326-329.
- 13 Новый смазывающий состав повышает надежность / А.П. Буйносов, В.С. Наговицын, М.Н. Трофимов, И.С. Цихалевский, К.А. Кузьмин, В.Х. Ганулин // Локомотив. -1998. -№7. -С. 36-38.
- 14 Правильно измеряйте износ бандажей / А.В. Горский, А.П. Буйносов, Н.Ф. Медведев, В.С. Наговицын // Локомотив. -1991. -№12. -С. 36-37.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *железнодорожный транспорт, подвижной состав, узел, критический, поиск, алгоритм*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Наговицын Виктор Степанович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «УрГУПС»*
Буйносов Александр Петрович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «УрГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *620034, г.Екатеринбург, ул.Колмогорова, 66, ФГБОУ ВПО «УрГУПС»*

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Н.П. Запашикова

STRUCTURAL ASSESSMENT OF RESIDENTIAL PROPERTY
Siberian state transport university
N.P. Zapashikova

The calculation variants of quality loss of composite envelop of enclosure because of its elements inoperability are shown.

Keywords: quality, reliability, refuse, envelop of enclosure, efficiency

Рассматриваются варианты расчета потери качества функционирования многослойных ограждающих конструкций из-за неработоспособности его элементов.

Управление техническим состоянием объекта недвижимости является относительно новым и актуальным направлением в научных исследованиях и деятельности управляющих компаний жилищно-коммунального комплекса, обусловленное отсутствием нормативов по долговечности многослойных ограждающих конструкций.

Для оценки технического состояния многослойных ограждающих конструкций введем показатель (критерий) качества функционирования системы (КФС). Количественная оценка КФС зависит от технического состояния системы в момент времени t и в общем случае может зависеть от предшествующих состояний. При количественной оценке качества, необходимо учитывать воздействия природных и технических факторов (влажность, температура, механические повреждения и др.), которые носят случайный характер.

Выделим следующие виды связи между КФС и надежностью.

1 Потеря КФС из-за недостаточной надежности элементов ограждающей конструкции. За оценочный показатель в этом случае примем функцию готовности системы $\Gamma(t)$ или коэффициент готовности системы $K_{гц}$, или средний коэффициент снижения эффекта [1], (например, энергоэффективности ε). Эти показатели характеризуют потерю эффективности системы из-за ненадежности ее элементов.

2 Изменение работоспособности многослойной ограждающей конструкции при установленном проценте потери качества функционирования.

При переходе от оценки качества функционирования системы (ее эффективности) к надежности воспользуемся известным в теории надежности подходом, заключающимся в построении графа работоспособных и неработоспособных состояний. При этом будем учитывать потери (эффективности) функционирования под воздействием случайных факторов, действующих на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий с многослойными ограждающими конструкциями.

При построении модели введем следующие допущения.

1 Возможны $(n + 1)$ состояний системы ограждающих конструкций. Одно состояние соответствует работоспособности всей многослойной конструкции, n -состояний соответствуют случаям неработоспособности одного из n -элементов при $(n - 1)$ работоспособных элементов («система одного состояния»).

2 Возможны $(n+1)$ состояний, из которых n соответствуют отказу одного из элементов. Каждому ν -му состоянию соответствует определенный выходной эффект \mathcal{E}_ν («схема одного отказа»).

3 Возможны состояния неработоспособности не более 2-х элементов («схема двух отказов»).

Общее число возможных состояний графа равно

$$n+1+C_n^2,$$

где C – число сочетаний состояний n элементов по двум отказавшим.

Потерю КФС из-за ненадежности элементов для «схемы одного состояния» определим следующим образом

$$\frac{\Pi}{\mathcal{E}_0} = 1 - P_0, \quad (1)$$

где Π – средние потери качества (например, энергоэффективности, градиента внешней и внутренней температур помещения и др.) в единицу времени;

\mathcal{E}_0 – средний эффект в единицу времени для полностью работоспособной (идеальной) системы;

P_0 – вероятность того, что все элементы ограждающей конструкции работоспособны.

Обозначим через:

λ_ν – интенсивность отказа ν -го элемента, $\nu = \overline{1, n}$;

μ_ν – интенсивность восстановления ν -го элемента, $\nu = \overline{1, n}$.

Тогда вероятность того, что все элементы работоспособны равна коэффициенту готовности системы и определяется следующим выражением:

$$K_{гс} = P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{\nu=1}^n \frac{\lambda_\nu}{\mu_\nu}}. \quad (2)$$

Потеря КФС из-за ненадежности элементов по «схеме одного отказа» (допущение 2) может быть рассчитана следующим образом

$$\frac{\Pi}{\mathcal{E}_0} = 1 - P_0 - \sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu P_\nu. \quad (3)$$

Потеря КФС в этом случае увеличивается на величину потери эффекта одного из отказавших элементов на вероятность его отказа.

С учетом интенсивностей отказов элементов и их восстановлений потерю КФС можно представить в виде

$$\frac{\Pi}{\mathcal{E}_0} = 1 - P_0 \left(1 + \sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu \frac{\lambda_\nu}{\mu_\nu} \right). \quad (4)$$

Потеря эффекта из-за отказа ν -го элемента определяется коэффициентом его состояния

$$\varepsilon_\nu = \frac{\mathcal{E}_\nu}{\mathcal{E}_0}, \quad (5)$$

где \mathcal{E}_ν – средний эффект в единицу времени для ν -го состояния системы.

В связи с недостаточностью статистических данных по отказам и восстановлению элементов многослойных ограждающих конструкций воспользуемся приближенным способом расчета при «схеме одного отказа».

Примем

$$\sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu \frac{\lambda_\nu}{\mu_\nu} = n * \varepsilon_{ср1}, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{ср1}$ – средний коэффициент снижения эффекта при отказе одного элемента.

Потери КФС при расчете по «схеме двух отказов» определяются по формуле

$$\frac{\Pi}{\mathcal{E}_0} = 1 - P_0 - \sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu P_\nu - \sum_{j=n-1}^s \varepsilon_\nu P_j. \quad (7)$$

Первая сумма по $n(\nu = \overline{1, n})$ характеризует потери КФС по «схеме одного отказа», вторая

сумма по $s(j = \overline{n-1, s})$ характеризует потери КФС по «схеме двух отказов». Вероятность P_v и P_j находят по графу состояний, по аналогии с [2].

Качество функционирования систем ограждающих конструкций зданий определяется надежностью их элементов, технологий и качеством строительно-монтажных работ и может быть спрогнозировано во времени для определения предельно допустимых значений параметров материалов и срока службы системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Снегирев, А.А. Оценка качества функционирования системы управления с учетом числа состояний отказов ее элементов / А.А. Снегирев, А.А. Илюхин // Надежность. -2011. -№4. -С. 42-46.

2 Верескун, В.Д. Оценка надежности системы управления выправкой пути на базе глобальных навигационных спутниковых систем / В.Д. Верескун, В.С. Воробьев, В.В. Щербаков // Вестн. РГУПС. -2009. -№4. -С. 53-56.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *качество, надежность, отказ, ограждающая конструкция, эффективность*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Запашкова Наталья Петровна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПУТЕВОГО РЕМОНТНОГО КОМПЛЕКСА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

М.М. Рассказова, А.А. Прудников

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF EFFICIENCY EVALUATION OF PRODUCTION BUSINESS PROCESSES OF THE TRACK REPAIR COMPLEX

Siberian state transport university
M.M. Rasskazova, A.A. Prudnikov

Improvement of the system of efficiency evaluation of production business processes is a necessary condition to maintain high quality of completed work and rational use of labour resources.

Keywords: track complex, production business process, evaluation, labour resources, efficiency

Совершенствование системы оценки экономической эффективности производственных бизнес-процессов является необходимым условием поддержания высокого качества выполненных работ и рационального использования трудовых ресурсов.

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

Непрерывному воздействию на путь проходящих поездов и природных факторов противопоставляется постоянное содержание его в исправном состоянии, что является главной задачей ведения путевого хозяйства. Непрерывное воздействие проходящих поездов на путь [1], влияние климатических факторов являются основными причинами поддержания его в исправном состоянии с целью обеспечения безопасности. При этом можно отметить, что ежегодный износ железнодорожного пути составляет около 1% от главных путей. В связи с этим перед Компанией встают вопросы о непрерывной модернизации и правильной организации текущего содержания пути, а также своевременном производстве его ремонтов в полном объеме и с высоким качеством.

Необходимость в ремонте пути появляется вследствие износа его элементов, накопления остаточных деформаций и загрязнения балластного слоя. Объем путевых работ, их характер, а также трудовые затраты и расход материалов при текущем содержании пути в большой степени зависят от своевременности и качества проводимых ремонтов.

В отечественных и зарубежных трудах большинство авторов сходятся во мнении, и предлагают описывать производственный блок через затраты трудовых и материальных ресурсов. При этом, акцентируя основное внимание на трудовых ресурсах, и характеризуя их через основные трудовые показатели, такие как: среднесписочная численность работников,

производительность труда, среднемесячная заработная плата и другие.

Можно отметить, что существующие системы оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности описывают весь производственный комплекс. А в настоящем исследовании, предлагается выполнять оценку эффективности использование трудовых ресурсов по каждому производственному бизнес-процессу, так как основное потребление трудовых ресурсов происходит в результате функционирования производственных бизнес-процессов.

Производственный бизнес-процесс потребляет основные виды ресурсов предприятия [2], то есть трудовые, материальные (также относятся основные производственные фонды). Однако в исследовании принято решение проводить оценку эффективности производственного бизнес-процесса по трудовым ресурсам, то есть на основе фактической трудоемкости.

Применяемые итоговые показатели по труду, в путевом ремонтном комплексе, позволяют констатировать фактические данные использования трудовых ресурсов и не позволяют точно определить причины их изменения. В связи с этим возникает необходимость поиска и применения более совершенных способов оценки трудовых ресурсов.

В путевом комплексе функционируют различные производственные бизнес-процессы. Именно они являются основными местами потребления различных видов ресурсов. При этом особого внимания заслуживают трудовые ресурсы, задействованные в каждом элементе производственного бизнес-процесса. Однако, для достижения данной цели необходимо выполнять моделирование каждого элемента производственного процесса. Для этого разработана графоаналитическая модель внутреннего бизнес-процесса (рисунок 1). Для оценки эффективности производственных бизнес-процессов планируется использовать трудовой метод. Одним из наиболее устоявшихся в современной теории способов оценки трудовых ресурсов, является такой показатель как трудоемкость. Определение данного показателя возможно при использовании типовых норм рабочего времени для планирования текущей деятельности путевого комплекса.

Однако, только нормативное значение этого показателя не позволит сформировать полноценную систему оценки эффективности путевого комплекса, но может служить эталоном для её определения. Соответственно, необходимо сформировать аналитическую базу фактической трудоёмкости по элементам бизнес-процесса, применяя для этого традиционные эмпирические методы исследования. Для железнодорожной отрасли таковыми являются фотохронометражные наблюдения, разработанные и утвержденные в Министерстве путей сообщения, а в настоящий момент, одобренные Компанией Российские железные дороги.

Опираясь на классические подходы определения трудоемкости, можно отметить, влияние прямых и косвенных факторов на данный показатель. Например, одними из таких факторов, являются время выполнения операции и фонд оплаты труда, который в свою очередь является основным мотивационным ресурсом. При этом нужно отметить, что для организации, это одна из ключевых статей эксплуатационных расходов. В производственных бизнес-процессах основное потребление трудовых ресурсов приходится на рабочих занятых в основной производственной деятельности путевого комплекса. Они осуществляют свою деятельность на основе повременной системы оплаты труда. Поэтому особое внимание следует уделить рациональному распределению работников задействованных в производственных бизнес-процессах. Это позволит оптимизировать некоторые статьи расходов в путевом ремонтном комплексе.

Все, что относится к дополнительному времени, отражается в виде доплат в ночное время и сверхурочной работы, оказывает негативное влияние, то есть увеличивает ФОТ.

Сформирована поминутная аналитическая база потребляемой трудоемкости в процессе функционирования производственного бизнес-процесса. Она отражает все временные затраты на работу монтеров пути, сигнальщиков, руководителей и машинистов. Это позволяет нам более четко разграничить оперативную, подготовительно-заключительную работу, а так же время простоев и время на пропуск поездов. Помимо этого можно отметить, что в сформированной аналитической базе наиболее точно видны места потребления ресурсов, которые появлялись в процессе функционирования производственного бизнес-процесса. Результаты проделанной работы позволяют сделать соответствующие выводы о фактической трудоемкости, сопоставимой с нормативной, а также о количестве исполнителей по родам деятельности.

Вышеизложенное послужило базой для расчета коэффициента, характеризующего эф-

эффективность производственных бизнес-процессов. Этот коэффициент является отношением фактической к нормативной трудоемкости. Данный коэффициент позволяет оценить эффективность трудовых ресурсов, то есть зная фактическую трудоемкость, можно легко сказать насколько она отклоняется от нормы, или же наоборот соответствует всем нормативам.

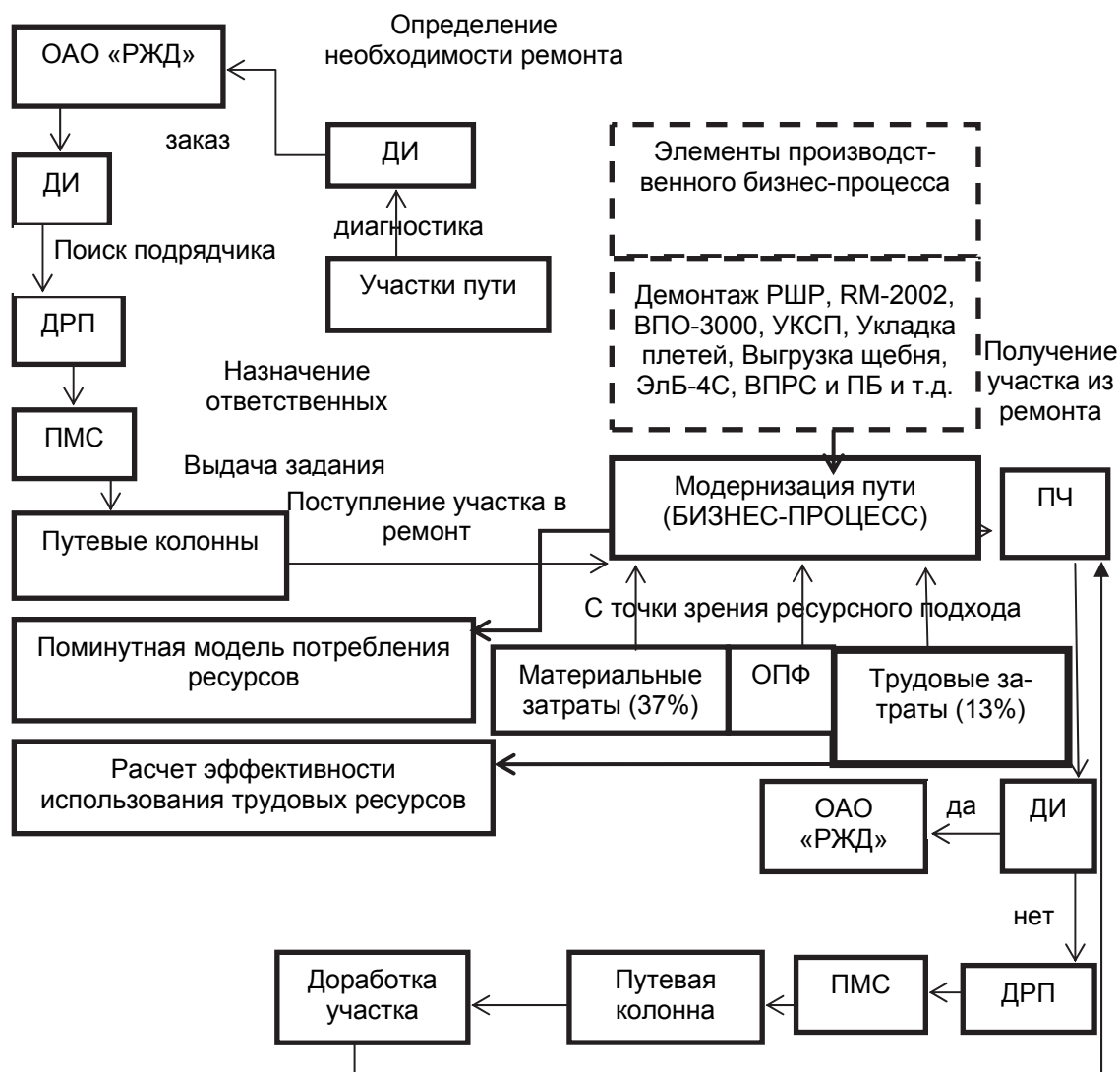


Рисунок – Модель внутреннего бизнес-процесса

Коэффициент эффективности бизнес-процессов можно рассчитать по формуле

$$\varphi = \frac{F}{N},$$

где F – фактическая трудоемкость, чел.-мин.;
 N – нормативная трудоемкость, норма-мин.

Определение коэффициента эффективности возможно по каждому элементу производственного бизнес-процесса. Предложенный коэффициент был рассчитан при модернизации верхнего строения пути на перегоне Блок-пост - Кокошино.

Предложенный коэффициент построен на основании традиционных статистических методов. Для коэффициента предложено установить нормативное значение, равное единице.

Если показатель превышает установленную норму, это говорит о неудовлетворительном функционировании производственного бизнес-процесса и соответственно требует серьезного разбирательства и поиска элементов по вине, которых произошел сбой в системе.

Если показатель находится в диапазоне $\pm 0,1$ можно считать оптимальным и производственный бизнес-процесс функционирует без сбоев.

Если показатель ниже установленной нормы, это говорит о неудовлетворительном функционировании производственного бизнес-процесса. Соответственно требует серьезного разбирательства и поиска элементов по вине, которых произошел сбой в системе, то есть

здесь возможно невыполнение всех стандартов предусмотренных в каждом элементе производственного бизнес-процесса, что может негативно отразиться на безопасности железнодорожного транспорта в целом. Однако в случае внедрения новой техники и технологии предложенный показатель может быть значительно ниже нормативного значения.

Полученное значение 0,86 говорит о необходимости проведения технологической экспертизы, а также разработки новых норм по технологическим элементам.

Оценка эффективности производственных бизнес-процессов, позволила сформировать ряд рекомендаций и мероприятий:

– разработать местные нормы времени на ряд операций технологического процесса, по которым они отсутствуют. Провести выборочную экспертизу норм затрат труда – насколько фактические затраты труда соответствуют нормативным значениям. На основании полученного хронологического ряда это не представляется возможным, так как недостаточна повторяемость работ;

– разработать план рационального распределения трудовых ресурсов на всем фронте работ с учетом необходимого по технологическому процессу доукомплектования бригад (по данной причине простои составляют 31 960 чел.-мин.);

– провести дополнительные исследования на других перегонах, так как во-первых, на данном перегоне условия проведения ремонта можно считать идеальными по следующим параметрам: погодные условия, прямой участок пути и другим; во-вторых, не предоставляется возможным выполнить репрезентативную выборку для объективной оценки трудоемкости и численности по операциям на ремонтных работах путевого комплекса.

Таким образом, по результатам дополнительных исследований необходимо подготовить предложения по внесению изменений в существующую нормативную документацию, учитывающую специфику работы в режиме «закрытого перегона» в части увеличения затрат, с учетом положительных результатов по сравнению с «оконным» режимом: повышения качества работ, увеличения выработки, сокращения общего срока работ, экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Дмитренко, А.В. Эффективные пути развития устройств инфраструктуры железнодорожного транспорта на перспективу / А.В. Дмитренко // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития / ООО «Центр развития науч. сотрудничества». -2013. -№3. -С. 88-91.

2 Прудников, А.А. Измерение эффективности внутренних бизнес-процессов ключевых хозяйств инфраструктурного комплекса компании ОАО «РЖД» / А.А. Прудников // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2013. -№2. -С. 28-31.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *путевой комплекс, производственный бизнес-процесс, оценка, трудовые ресурсы, эффективность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Рассказова Маргарита Михайловна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Прудников Алексей Александрович, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

РОССИЯ-КИТАЙ: СОТРУДНИЧЕСТВО ИЛИ КОНКУРЕНЦИЯ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРАХ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.П. Нехорошков

RUSSIA AND CHINA: COOPERATION OR COMPETITION IN INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS
Siberian state transport university
V.P. Nekhoroshkov

Perspectives of potential cooperation between Russia and China in terms of creation of economical zone of Siberia's growth on the base of ITC (international transport corridors) of Transsib and renaissance of Economic zone of the Silk Road were investigated in the article.

Keywords: international transport corridors, railway transport, foreign trade turnover, turnover, Russia, China

Рассматриваются перспективы возможного сотрудничества России и Китая в создании экономического пояса развития Сибири на основе МТК Транссиба и возрождения «Экономического пояса Шелкового пути».

В современных условиях ещё больше возрастает роль транспорта как определяющего

фактора процесса глобализации мировых регионов и увеличением товарообменных операций на основе формирования международных транспортных коридоров (объем международного грузооборота оценивается в триллион долл.). При этом значительная часть грузопотока приходится на товарообменные направления между Европой и Азией. В начале XXI века произошли существенные изменения в геополитической расстановке сил в мировой экономике. Наблюдается тенденция перемещения центра тяжести, богатств и экономического влияния с Запада на Восток не имеющая прецедентов в современной истории. Наибольший рост ВВП прогнозируется в Китае и Индии, где в 2010 году рост составил 10% и 9,5% соответственно, и в 2011 году рост на уровне 8,7% и 8,4% соответственно, несмотря на некоторое замедление темпов роста ВВП в Китае, в 2012 году – 7,8%, в 2013 году – 7,3%.

В настоящее время сложились три региона – триада так называемого «геостратегического треугольника»: Западная Европа с ее центральным ядром – Европейским Союзом (ЕС), Северная Америка с ее лидером – США и Азиатско-Тихоокеанский регион во главе с Японией и Китаем, динамично развивающийся с конца XX века. На долю ВВП четырех азиатских стран, среди которых находится и Россия, приходится более 20,4 триллионов долларов США, что заметно превышает показатели стран ЕС и США (таблица).

Таблица – Валовой внутренний продукт некоторых стран мира в 2012 г., рассчитанный по паритету покупательной способности (ППС) [1]

Страны	ВВП, млрд. долл.	ВВП в % к ВВП ЕС
ЕС	16 092	100,0
США	15 685	97,5
КНР	12 261	76,2
Индия	4 716	29,3
Япония	4 575	28,4
Германия	3 167	19,7
Россия	2 486	15,4
Бразилия	2 330	14,5

Помимо прогнозов роста ВВП показательным является прогноз изменений объемов мировой торговли. По данным Мирового банка, рост после падения объемов мировой торговли, вызванного общемировым экономическим кризисом, возобновился в 2010 году и его динамика увеличивается в последующие годы.

Динамичное развитие торгово-экономического сотрудничества и международного производства между странами и торгово-экономическими блоками мира требует надлежащего транспортного обеспечения, способного осваивать возрастающие объемы контейнерных перевозок в условиях глобальной экономики [2].

В настоящее время внимание бизнес сообщества Европы и Азии направлено на коридоры евро-азиатского континента, включая такие государства как Япония, Республика Корея, Индонезия, Китай и т.д., определяющие основные товарные потоки. Дальнейшее формирование железнодорожных сообщений в направлении «Восток-Запад» будет определяться решением проблемы конкурентоспособности транспортной составляющей в себестоимости товаров евро-азиатской торговли

Участие различных видов транспорта в обеспечении мирового грузооборота далеко не одинаковое. Так, в грузообороте преобладает морской транспорт благодаря низким затратам на транспортировку. В настоящее время морской транспорт охватывает 60-67% всего мирового грузооборота. На втором месте находится железнодорожный транспорт, который проигрывает морскому по стоимости, а также пока не позволяет обеспечить транспортные связи между всеми континентами и странами мира по суше. Разделенные океанами континенты вряд, ли удастся в ближайшие десятилетия объединить железнодорожными магистралями [2].

Но кардинальное решение в этом направлении обсуждается как вполне реальный проект. Это – объединение железнодорожных сетей евразийского и американского континентов через Берингов пролив. В этом случае основные производственные структуры мира будут объединены железнодорожными сетями. Исключение составят лишь Австралия и Африка.

Различные проекты, предлагаемые российскими и зарубежными учёными, могут быть объединены в виде карты сети железных дорог, охватывающих все континенты мира и в первую очередь группы стран «Геостратегического треугольника XXI века» [3].

Для формирования глобальной сети железных дорог требуется реализация ряда ключевых крупномасштабных проектов, обеспечивающих сухопутное соединение между разделенными водами океанов континентами.

В настоящее время уже сформировалась система международных транспортных коридоров на евроазиатском континенте. В частности она представлена системой панъевропейских транспортных коридоров, обеспечивающих международные грузопотоки в европейской части континента [4]. Основные международные транспортные коридоры, проходящие по территории Азии в России, Китае и государствах Средней Азии обеспечивают основные грузопотоки в направлении «Восток-Запад» [5].

МТК №2. В первую очередь, это уже существующий МТК №2 (Берлин-Варшава-Минск-Москва-Нижний Новгород-Екатеринбург). Он мог бы стать частью давно планируемого, но по ряду причин не реализованного транспортного коридора, который соединил бы Китай, Казахстан, Россию и Белоруссию и открыл бы выход к портам Азиатско-Тихоокеанского бассейна по направлению Запад-Восток.

Все перспективные проекты данных маршрутов создаются в рамках железнодорожного коридора «Азия-Европа-Азия» и пытаются сформировать конкурентный существующим маршрутам способ транспортировки грузов между странами Европы и Юго-Восточной Азии, которые в настоящее время преимущественно транспортируются по морскому пути через Суэцкий канал. В числе альтернативных маршрутов имеются как независимые от Транссиба, так и маршруты с возможными конкурентными вариантами выхода на Транссиб.

Первый вариант – Казахстан и проект TRACECA. Проект TRACECA – это стратегия создания нового транспортного пути, соединяющего страны Юго-Восточной Азии с Европой через Китай, Казахстан, государства Средней Азии, Каспий, Кавказ и Черное море. *Второй вариант – Китайский.* Это маршрут через Синьдзун, при котором значительную часть пути грузы преодолевали бы по территории Китая, попадая на Транссиб лишь в районе Забайкальска. *Третий вариант – Монголия.* Вариант выхода Транскорейской магистрали через Монголию (ст. Наушки) подобен Китайскому варианту, лишь с дополнением еще одной страны, а значит и дополнительных расходов на транспортировку грузов, тарифных ставок и таможенного оформления.

Ключевыми конкурентами на восточном направлении являются китайские и казахские железные дороги, которые активно развиваются в последние годы.

Одним из стратегических проектов китайское руководство страны выдвинуло концепцию создания «Великого шелкового пути». Они планируют создание на пространстве Центральной Азии экономического пояса с одноименным названием.

В конце XX века было предложено Великий шелковый путь возродить, как из ярких примеров исторического взаимодействия государств в создании древних торговых караванных дорог, ведущих из Китая в страны Ближнего Востока и Европы.

Альтернативный транспортный коридор ТРАСЕКА начали создавать в 1993 г. в рамках программы технического содействия Европейского Союза молодым независимым государствам. Китайский проект «Экономический пояс Шелкового пути», о котором председатель КНР Си Цзиньпин объявил в начале сентября 2013 года во время посещения азиатских стран – это всесторонний проект, который распространяется на Восток, Запад, Север и Юг; если он получит развитие, это принесет выгоду примерно 3 млрд. человек. В рамках китайской идеи экономического пояса планируется создание евразийской экономической зоны, которая будет включать Китай, Центральную Азию и Европу.

Китайский проект обладает крупными конкурентными преимуществами, такими как географическое преимущество, Китай имеет общую границу с тремя странами Центральной Азии; преимущества традиций, древний Шелковый путь глубоко вошел в историю. Но самым очевидным преимуществом Китая является его экономическая и финансовая мощь.

В силу географического положения России железные дороги страны также являются естественным «сухопутным мостом» между государствами Восточной Азии и Европы. Поэтому одной из приоритетных задач, поставленных перед ОАО «РЖД» в утвержденной Правительством «Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года», является эффективная реализация транзитного потенциала страны и позволяет «по-суху», через железнодорожную сеть, если не замкнуть полностью «на себя» все транспортные связи в Большом геостратегическом треугольнике, то, по крайней мере, создать мощную конкуренцию морским перевозчикам всего мира. Однако, реализация такого сценария возможна лишь при условии соединения опорной железнодорожной сети на востоке

России с глобальной железнодорожной сетью мира. По оценке экспертов, загрузка созданной железнодорожной сети по маршрутам, соединяющим вершины Большого геостратегического треугольника, позволит обеспечить их коммерческую эффективность, достаточную для конкуренции с морскими перевозчиками [6].

Долгосрочные интересы Российской Федерации, состоящие в создании современной экономики инновационного типа, интегрированной в евроазиатское экономическое пространство, определяют особую роль Сибири в силу ее географического положения и наличия значительного ресурсного, производственного, научно-технического, образовательного и кадрового потенциала. Сибирь и Дальний Восток играют ведущую роль в обеспечении страны сырьем, топливом и конструкционными материалами.

В условиях глобализации мирохозяйственных связей, активно влияющих на экономику государств, возрастает роль регионов в развитии внешнеэкономических связей России. СФО и ДВФО добились за последние годы существенных результатов в развитии внешнеэкономической деятельности субъектов, входящих в их состав, эффективно используя ресурсно-производственный и научный потенциал.

Основными внешнеторговыми партнерами СФО и ДВФО являются Китай, Япония, Республика Корея, США, Швейцария, Турция, Нидерланды, Индия. Внешнеторговый оборот со странами дальнего зарубежья в 2010 г. составил 55,3 млрд. долл. (91,6% от общего ВТО), со странами СНГ – 5,1 млрд. долл. (8,4 %) [1, 7].

Ориентация внешней торговли двух восточных федеральных округов Российской Федерации на восток уже не подлежит сомнению. 60,5% внешнеторгового оборота этих округов представлена торговлей со странами Юго-Восточной Азии, Австралии, Индии и США, тогда как на долю западного направления приходится всего 39,5%.

Транссибирская железнодорожная магистраль является ключевым звеном системы российских железных дорог в обеспечении транспортных связей между Европой и Азией, имеющим большие потенциальные возможности. Ускоренные контейнерные поезда позволяют доставлять груз через всю Россию от Тихого океана до западных границ за 11 дней, то есть со скоростью свыше 1000 км в сутки. В соответствии со Стратегией-2030, планируется дальнейшее развитие пропускной способности Транссибирской магистрали. В июне 2009 года в ОАО «РЖД» разработана и принята «Программа действий по развитию контейнерных перевозок с использованием Транссибирской магистрали на период до 2015 года», так называемый продукт «Трансиб за 7 суток».

Очевидно, что открытость транспортных коридоров, интеграция в мировую систему – это определяющий фактор успехов во внешней торговле. Усиление Юго-Восточного направления утвержденной Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года позволит более эффективно решить задачу развития транспортной инфраструктуры, стимулирующей внешнюю торговлю регионов, и в полной мере реализовать транзитный потенциал России на базе интеграции железнодорожного транспорта в международные транспортные системы.

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года отражает общую идею развития инфраструктуры, способной дать импульс экономическому развитию страны и ее эффективному включению в систему мирохозяйственных связей [8] на основе реализации крупномасштабных проектов.

В качестве такого рода проекта можно выделить Юго-Восточный вектор Стратегии развития железнодорожного транспорта РФ на период до 2030 года, отражающий актуальную тенденцию усиления торгово-экономического и инвестиционного сотрудничества России с азиатскими странами [9].

В него вошли ряд отдельных инвестиционных проектов развития железнодорожных линий:

- проект соединения Транскорейской и Транссибирской магистралей через станцию Хасан, в данном контексте как единственный вариант способный обеспечить Республике Корея эффективное участие в инвестиционных проектах на территории Сибири и Дальнего Востока;

- проект восстановления Байкало-Амурской магистрали и освоения приграничных территорий, потенциал недр которых оценивается экспертами в 0,5 триллиона долларов [10];

- проект «Урал Промышленный-Урал Полярный» территория зоны тяготения которого, разведанная менее чем на 15%, по промежуточным результатам геологоразведки 2006-2009 годов располагает запасом разведанных и прогнозных полезных ископаемых суммар-

ной стоимостью более чем на 0,4 триллиона долларов [11];

– проект «Приполярная магистраль» является необходимым элементом на пути освоения шельфа и глубоководной части Северного Ледовитого океана, где по данным Геологической службы США прогнозируется до тридцати процентов неоткрытых мировых запасов газа (90 млрд. баррелей) и тринадцати процентов неоткрытых мировых запасов нефти (47 трлн. м3), кроме того богатые залежи алмазов, золота, платины, олова, марганца, никеля и свинца [11];

– проект «Трансконтинентальная магистраль», способный помимо разработки месторождений открыть доступ через сухопутный транспортный коридор к североамериканскому рынку;

– проект «Амуро-Якутская магистраль» и освоение ее приграничных территорий, исключительно богатых природными ресурсами;

– проект «Материк-о. Сахалин», открывающий перспективы доступа к эффективному освоению месторождений газа и нефти и дальнейшего сухопутного выхода на Японию.

Как уже было отмечено выше, территории Сибири и Дальнего Востока, по которым проходят рассматриваемые железнодорожные линии, обладают огромным ресурсным потенциалом. Это, прежде всего:

– месторождения полезных ископаемых: извлекаемые разведанные запасы нефти в Сибири составляют 77% российских запасов, природного газа – 85%, угля – 80%, меди – 70%, никеля – 68%, свинца – 85%, цинка – 77%, молибдена – 82%, золота – 41%, металлов платиновой группы – 99%;

– гидротехнические ресурсы – 45% гидроэнергетического потенциала России;

– биологические ресурсы – около 9% мировых запасов древесины (более 41% российских запасов) [11].

Потенциальная ценность запасов основных видов полезных ископаемых, с учетом различных форм их освоения, в том числе и с участием иностранного капитала, позволяют говорить о значительной инвестиционной привлекательности транспортных проектов в этих регионах [12].

Одной из главных задач транспортной стратегии России является построение опорной транспортной сети Сибири и Дальнего Востока. Представленный и выделенный проект Юго-Восточного вектора в планах Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года России в комплексе со строительством Северо-Сибирской магистрали может стать основой построения «Экономического пояса развития Сибири» или по предложению Ю. Крупнова «Коридора развития Сибири». Это не аналогия, но это может быть реальная экономическая основа сотрудничества с «Экономическим поясом «Шелкового пути». Развитие транспортного комплекса, охватывающего северные территории выше Транссиба с богатейшими сырьевыми ресурсами с созданием сети мультимодальных узлов на пересечении с крупнейшими водными путями – Лена, Енисей, Ангара и Обь, создаст реальные условия развития интегрированных промышленно-транспортных зон и задействует богатейшие ресурсы региона. В условиях динамично развивающихся экономик Китая, Республики Корея, стран Юго-Восточной Азии и высокой потребности в энергоресурсах и сырье инвестиционное сотрудничество в развитии инфраструктуры Транссибирского коридора и развитии экономического потенциала Сибири и Дальнего Востока будет взаимовыгодно для всех стран.

В настоящее время Россия и Китай не являются прямыми конкурентами в Средней Азии. В беседе с Президентом КНР Си Цзиньпином Президент РФ Путин В.В. подчеркнул, что у России с Китаем «больше точек соприкосновения, связанных с сотрудничеством, чем конкуренции. России и Китаю необходимо умело распорядиться новыми возможностями, которые могут принести реализация проекта «Экономический пояс Шелкового пути» и развитие совместных крупных стратегических транспортных проектов Сибири и Дальнего Востока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нехорошков, В.П. Железнодорожный транспорт в развитии внешнеэкономической деятельности восточных регионов России / В.П. Нехорошков; Сиб. гос. ун-т путей сообщения. -Новосибирск: Наука, 2011. -227 с.

2 Авдокушин, Е.Ф. Страны БРИКС в современной мировой экономике / Е.Ф. Авдокушин, М.В. Жариков. -М.: Магистр: НИЦ Инфра-М, 2013. -340 с.

3 Могилевкин, И.М. Глобальные инфраструктуры в мировой экономике: долгосрочные тенденции, интересы России / И.М. Могилевкин. -М.: ИМЭМО РАН, 2007. -183 с.

4 Панъевропейские транспортные коридоры [Электронный ресурс]. -Режим доступа: World Wide Web, URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/143809>

5 Transport corridors. Transsystem company. - URL: <http://www.transsystem.kz/eng/rooteng.asp?id=2&lang=eng>

6 Комаров, К.Л. Российская Азия: транспортный мост или макрорегион устойчивого развития? [Электронный ресурс] / К.Л.

Комаров, Е.Б. Кибалов, С.И. Герасимов // Сборник докладов III Международной Евро-Азиатской конференции по транспорту, Россия, Санкт-Петербург, 10-13 сент. -СПб., 2003. -С. 66-68. -Режим доступа: URL: [http://www.stu.customs.ru; http://dvtu.customs.ru/ru/statistics/index.php?from695=1](http://www.stu.customs.ru;http://dvtu.customs.ru/ru/statistics/index.php?from695=1).

7 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации: утв. распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. №877р // Собр. законодательства РФ. -№29, ч.II. -Ст. 3537.

8 Кибалов, Е.Б. Юго-Восточный вектор стратегии развития опорной железнодорожной сети России / Е.Б. Кибалов, В.П. Нехорошков // Регион: Экономика и социология. -2009. -№3. -С. 175-182.

9 Сибирь в первые десятилетия XXI века / А.Г. Аганбеян [и др.]; РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т экономики и организации пром. пр-ва; отв. ред. В.В. Кулешов. -Новосибирск: Изд-тво ИЭОПП, 2008. -788 с.

10 Экономика России и Сибири: прошлое, настоящее и будущее / отв. ред. В.В. Кулешов. -Новосибирск, 2008.

11 Нефтегазовый комплекс России: альманах / учредитель: АСМО-пресс. -1997, 26 дек.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *международные транспортные коридоры, железнодорожный транспорт, внешнеторговый оборот, грузооборот, Россия, Китай*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Нехорошков Владимир Петрович, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПУНКТОВ ОТСТОЯ ПОРОЖНИХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.В. Дмитренко, С.В. Карасев, В.Э. Кончаков

PROSPECTS OF FOUNDATION OF SPECIALIZED STORAGE YARDS FOR EMPTY CARS

Siberian state transport university

A.V. Dmitrenko, S.V. Karasev, V.E. Konchakov

One of the ways to improve field operation of certain operation domains and railway lines is an adaptation of specialized storage yards for overmunched empty cars oncoming to the places with massive loading and unloading

Keywords: transport, railway, cars, station, yards, construction

Применение специализированных пунктов отстоя избыточного парка порожних грузовых вагонов при приближении к районам массовой погрузки или выгрузки грузов - это один из способов улучшения эксплуатационной работы определенных полигонов и направлений сети железных дорог.

На сегодняшний день магистральная сеть железных дорог Российской Федерации перенасыщена приватным парком грузовых вагонов. Парк вагонов, прежде всего, характеризует занятость железнодорожной инфраструктуры. По итогам 2012 года их более 1,15 млн. единиц, и это число неуклонно продолжает расти. Это вызывает сложности в организации перевозочного процесса. На сегодняшний день темпы роста вагонного парка в разы превышают темпы роста грузооборота. При этом объёмы погрузки меняются непрерывно. Это приводит к возникновению излишка временно неиспользуемых вагонов.

Преимущество этого роста в том, что обеспечивается удовлетворение потребностей страны в перевозках в полном объёме в современных рыночных отношениях.

Негативное воздействие заключается в том, что возрастает непроизводительный парк вагонов, занимающий ограниченное путевое развитие инфраструктуры железных дорог. Из-за большого числа собственников подвижного состава и роста избыточного парка вагонов при ограниченной пропускной способности сети снижается ряд качественных показателей работы железных дорог. Снижается участковая скорость, возрастает оборот вагона из-за непроизводительных простоев, возрастает загрузка станций, снижается пропускная способность станций и участков. Наблюдается рост эксплуатационных расходов и замедление продвижения поездопотока. Срок доставки как груженых, так и порожних вагонов возрастает. Как следствие, нарушается логистическая цепочка продвижения груза от отправителя до получателя. Перевозчику предъявляются иски о невыполнении сроков доставки. Железная дорога несет серьезные убытки [2].

На величину избыточного парка грузовых вагонов так же оказывают влияние размеры грузового движения поездов.

Избыточный парк вагонов определяется по формуле

$$\sum n_{изб} = \sum n_{факт} - \sum n_{потре} \quad (1)$$

где $\sum n_{факт}$ – фактический парк грузовых вагонов, имеющийся на дороге или сети в целом;

$\sum n_{потре}$ – потребный парк вагонов, задействованный в перевозочном процессе.

Потребный парк грузовых вагонов прямо пропорционален обороту вагона Θ , размерам грузового движения N_{ep} и количеству вагонов в поезде m_c

$$\sum n_{изб} = \sum n_{факт} - \sum \Theta N_{ep} m_c \quad (2)$$

Грузоотправитель сам определяет в заявке формы ГУ-12 оператора подвижного состава. Это является еще одной причиной простоя порожних вагонов, ожидающих погрузку. Например, на некоторых станциях имеется порожний парк вагонов и погрузочные мощности достаточны, но из-за юридических ограничений эти вагоны не следуют под погрузку, а непроизводительно простаивают, занимая путевое развитие, так как грузоотправитель ожидает вагоны другого оператора.

Чтобы эти порожние вагоны не занимали пути станций, их необходимо убрать с магистральных направлений сети железных дорог. Сделать это можно путем вывода вагонов с сети на пути отстоя частного подвижного состава.

Возможны следующие способы размещения избыточного парка порожних вагонов: на путях общего пользования; на путях необщего пользования; на путях владельца частного парка вагонов.

Некоторые операторы заключают договора на уборку временно не эксплуатируемых вагонов на станции, предназначенные для отстоя подвижного состава различной формы собственности. Данная услуга является востребованной для владельцев подвижного состава, которые понимают, что их порожние вагоны, стоящие на станциях, не позволяют им выгодно работать на рынке транспортных услуг.

Отстой на путях общего пользования является дорогим. Присутствует ряд обязательных требований, прописанных в технологии оказания услуг по временному размещению (отстоя) порожних вагонов на путях общего пользования ОАО «РЖД», утвержденной распоряжением № 1330р от 22 июня 2010 года.

В перечень станций для отстоя подвижного состава различной формы собственности входят наименее загруженные станции сети (как правило, промежуточные), удаленные от железнодорожных узлов и районов массовой погрузки.

Конкуренцию путям общего пользования для отстоя порожних вагонов составляют пути необщего пользования. Некоторые владельцы подъездных путей предлагают подобную услугу, и она в настоящее время распространена. Стоимость за отстой на этих путях гораздо меньше и зависит от количества вагонов.

Значительный парк порожних грузовых вагонов возникает также после выгрузки. В некоторых регионах (порты Дальнего Востока) объемы выгрузки значительно превышают объемы погрузки грузов, что приводит к росту порожнего парка вагонов. Так как владельцам подвижного состава невыгодно возвращать порожние вагоны в другие регионы страны, порожние вагоны ожидают дальнейшую погрузку, непроизводительно простаивая, занимая путевое развитие станций. Некоторые операторы заключают договоры с владельцами подъездных путей на временный отстой вагонов после выгрузки. Этой услугой пользуются далеко не все, но она востребована. Проблема создания пунктов отстоя порожних вагонов в данном случае тоже актуальна.

При высоких темпах роста парка вагонов и ограниченности пропускной способности сети железных дорог следует обязать крупных владельцев, приобретающих дополнительный парк вагонов, иметь свои собственные пути отстоя.

Строительство парков отстоя может осуществляться на основе средств нескольких собственников подвижного состава и иных инвесторов. Данные пути можно сдавать в аренду и другим операторам, либо взимать с них плату за временный отстой.

Определение мест размещения дополнительных пунктов отстоя порожних вагонов. После выгрузки избыточные порожние вагоны могут длительное время ожидать последующей погрузки, занимая путевое развитие станций и подъездных путей на всем пути следования от мест выгрузки до мест погрузки. Это влияет на работу станций и подъездных путей, а также на качественные показатели работы вагонного парка, курсирующего по сети железных дорог.

Размещать пункты отстоя желательно по мере приближения к пунктам погрузки и крупным железнодорожным узлам. Сгущение пунктов отстоя на направлении по мере приближения к местам осуществления погрузочных операций служит для ускорения передислокации вагонов с мест отстоя на грузовые фронты (рисунок 1).

Так как городская застройка ограничивает дальнейшее развитие крупных станций и зе-

мельная территория является дорогостоящей, то размещение парков отстоя лучше производить в сельской местности вблизи населенных пунктов. Как правило, там располагаются промежуточные станции. Промежуточные станции менее загружены и при их переустройстве требуются меньшие затраты на демонтаж элементов путевого развития [1].

На электрифицированных линиях отсутствие контактной сети при проектировании новых объектов позволит сократить затраты, связанные со строительством и дальнейшей эксплуатацией пунктов отстоя.

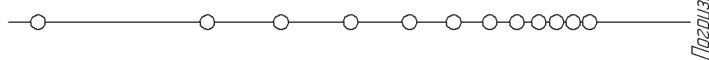


Рисунок 1 – Сгущение пунктов отстоя

Технические требования и варианты конструкции путевого развития парков отстоя порожних грузовых вагонов. Основные требования, которые должны предъявляться к конструкции дополнительных парков отстоя:

- размещение на любом уклоне, позволяющем обеспечить закрепление составов (в этом случае требования к закреплению повысятся), что позволит сократить капитальные затраты при строительстве [4];
- изоляция маршрутов маневровых передвижений от поездных;
- наличие вытяжного или ходового путей;
- радиусы кривых могут быть минимальны (200 м);
- экономия на электрификации (в некоторых случаях при обосновании возможна электрификация);
- экономия на устройствах СЦБ (рельсовые цепи, ЭЦ);
- укладка наиболее дешевой рельсошпальной решетки при использовании так же «старогодных материалов» [3].

Пункты отстоя могут размещаться на линиях с тепловозной и электрической тягой. Это влияет на параметры их путевого развития.

Основное преимущество неэлектрифицированных линий – это производство всех маневровых передвижений поездным тепловозом, что позволяет использовать различные варианты путевого развития парков отстоя вагонов. Размещать в данном случае пункты можно на любой станции, в том числе с примыканием к разъездам и обгонным пунктам.

Особенностью электрифицированных линий является то, что требуется использовать дополнительные средства для производства маневровых передвижений, так как электрифицировать все пути не имеет смысла.

Недостатки электрифицированных станций, где планируется строительство парков отстоя:

- требуется дополнительная вытяжка и маневровый локомотив для перестановки порожних составов;
- частичная электрификация горловины парка (при соответствующем обосновании).

Из этого следует сделать вывод, что варианты путевого развития дополнительных парков отстоя на электрифицированных линиях ограничены.

Располагать их целесообразно на больших промежуточных станциях, где имеется в наличии маневровый локомотив.

В настоящее время плата за заполнение инфраструктуры не взимается. В перспективе владельцы подвижного состава, возможно, будут оплачивать её занятие. Это направление находится сейчас на рассмотрении. Возможно, это побудит собственников частного парка вагонов иметь свои пути для размещения парка временно неэксплуатируемых вагонов.

Дополнительные пункты отстоя требуются, если оператор подвижного состава владеет или арендует вагоны, но при этом его транспорт временно не востребован (особенно в периоды спада перевозок). В его интересах обеспечить максимальную сохранность дорогостоящего подвижного состава и не создавать затруднений в оперативном регулировании продвижения вагонопотоков, так как в этом заинтересованы все участники перевозочного процесса.

Основные выводы:

- размещать парки отстоя следует на станциях с минимальным путевым развитием;
- пункты отстоя следует размещать так, чтобы концентрация их путевого развития увеличивалась по мере приближения к пунктам массовой погрузки (рисунок 2);
- наиболее целесообразно располагать дополнительные парки отстоя на линиях с тепловозной тягой;

– нормы проектирования данных пунктов должны соответствовать требованиям, предъявляемым к подъездным путям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.Г. Шубко [и др.]. -М.: УМК МПС России, 2002. -368 с.

2 Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Кн.1: сборник. -М.: Транспорт, 2003. -708 с.

3 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. -М.: Техинформ, 2003. -168 с.

4 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. -М., 2010. -255 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспорт, железная дорога, вагоны, станция, парк, строительство

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дмитренко Алексей Васильевич, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Карасев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Кончаков Виктор Эдуардович, студент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

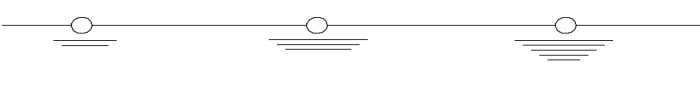


Рисунок 2 – Повышение концентрации путевого развития

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

М.О. Северова, М.А. Ромашева

THE ANALYSIS OF INFORMATION SUPPORT OF THE PRIME COST CALCULATIONS IN THE RAILWAY ENTERPRISE
Siberian state transport university
M.O. Severova, M.A. Romasheva

Effective management of economic activity and the formation of financial performance of railway enterprises should be provided by flexible system of valid and operative economic information, which requires constant improvement and development.

Keywords: cost of sales, management accounting, cost classification, information

Эффективное управление хозяйственной деятельностью и формирование финансовых результатов предприятий железнодорожного транспорта должно обеспечиваться гибкой системой достоверной и оперативной экономической информацией, которая требует постоянного совершенствования и развития.

Важнейшим элементом системы управления затратами на предприятии является формирование отчетности, которая позволяла бы как можно подробнее представить информацию об уровне расходов подразделений. Особое внимание в этой системе уделяется оптимизации затрат, так как при существующей системе регулирования «затраты-плюс» именно они являются ключевым элементом для определения размера прибыли компании. Это особенно актуально для предприятий входящих в состав инфраструктуры железнодорожного транспорта, которые в финансовой структуре компании являются центрами затрат.

Решая главную задачу – сделать перевозки прибыльными, компания сталкивается с тем, как правильно рассчитать себестоимость оказываемых услуг. Следует отметить, что для железнодорожного транспорта характерна большая доля накладных расходов и широкая номенклатура видов деятельности на настоящий момент. Поэтому, для расчета себестоимости транспортных услуг используется функциональный метод, применение которого решает проблемы искажения себестоимости, путем объединения издержек в статьи в соответствии с видом хозяйственной операции, которая может быть определена как первичный носитель издержек, и дальнейшего распределения накладных расходов между видами продукции в зависимости от количества отдельных хозяйственных операций, необходимых для их реализации [4]. Применение данного метода предполагает выбор научно-обоснованных драйверов затрат (операций, которые ведут к изменению, обычно увеличению, затрат), так как применение функциональных систем предполагает многоступенчатое отнесение затрат, а также множественную базу распределения. Также необходимо определиться с местами возникновения затрат и объектами учета расходов (видами деятельности).

При функциональном учете затрат предприятие разбивается не на структурные подразделения, а на виды деятельности, которые могут проходить сквозь многие подразделения, и

их измерители могут сильно отличаться от тех, которые используются в традиционных системах.

Этот подход является наиболее прогрессивным и применяется большинством крупных российских и международных компаний [1].

Основные положения формирования и учета расходов по видам деятельности изложены в документе «Порядок ведения отдельного учета доходов, расходов и финансовых результатов по видам деятельности, тарифным составляющим и укрупненным видам работ ОАО «РЖД», утвержденном приказом Минтранса России от 31 декабря 2010 года №311.

В качестве места возникновения затрат в системе управленческого учета выступает обособленное подразделение ОАО «РЖД», предоставляющее для целей дальнейшей консолидации управленческие отчеты по форме 7-у-предприятие [2].

В этом документе предоставляется информация обо всех расходах, понесенных структурным подразделением за анализируемый период. На уровне регионального центра корпоративного управления происходит консолидация форм 7-у предприятие и создание формы 7-у-отчетная в целом по РЦКУ и по функциональным дирекциям. Форма 7-у отчетная принимается за основу для анализа расходов по видам деятельности. Принцип построения формы 7-у представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Принципиальная схема формы управленческой отчетности 7-у

Авторами на примере предприятий путевого хозяйства инфраструктуры рассмотрены особенности группировки затрат в существующей форме отчетности. Следует отметить, что кроме расходов, относящихся на текущую эксплуатацию (то есть формирующую себестоимость), в форме 7-у отражаются расходы по модернизации и реконструкции пути и сооружений, финансируемые за счет инвестиционных источников, а также расходы на поддержание социальной сферы. В целом, затраты, представленные в данной форме, отражают в стои-

мостном выражении структуру объема работ, выполняемых хозяйством пути. Такая структура с указанием относительных объемов работ (в долях) представлена на рисунке 2.

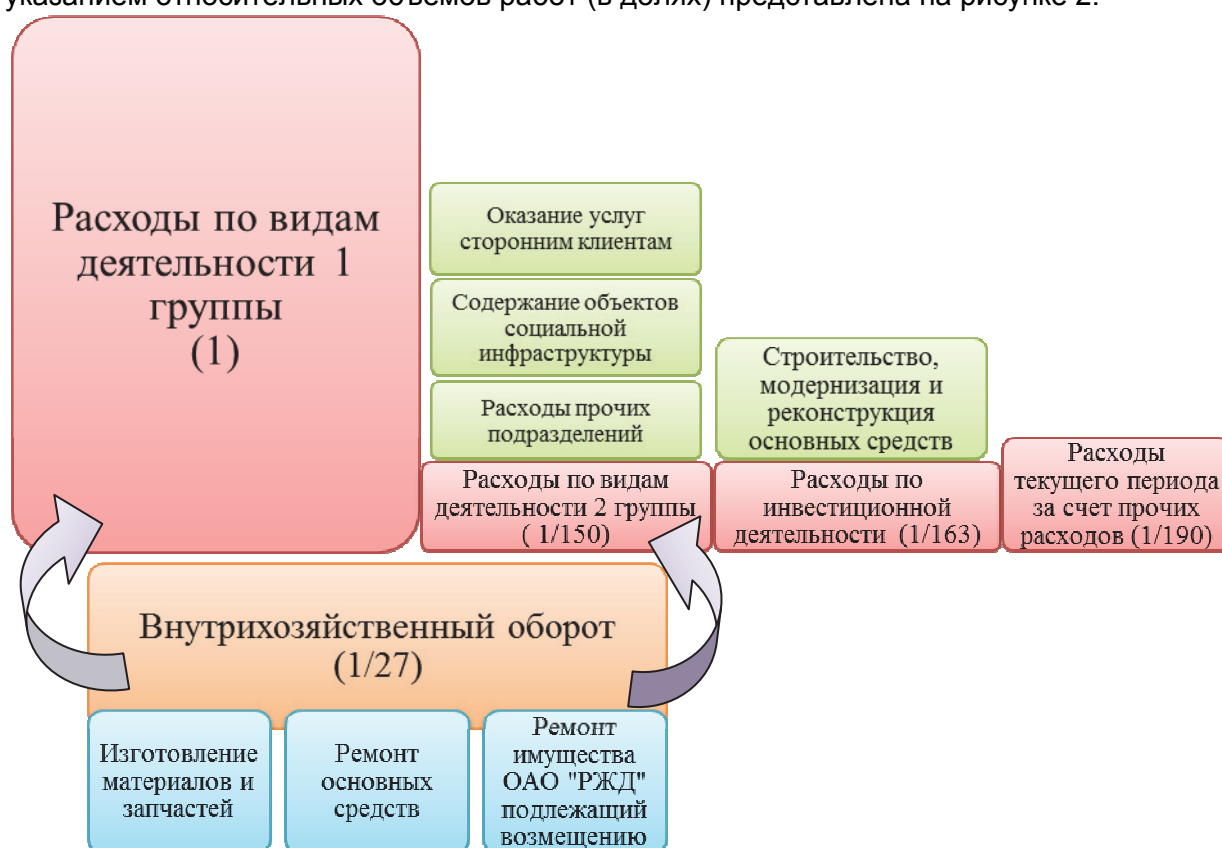


Рисунок 2 – Соотношение объемов работ, выполняемых хозяйством пути

На схеме (см. рисунок 1) представлены все разделы формы 7-у. Расходы по видам деятельности 1 группы (связанные с перевозками, предоставлением услуг инфраструктуры и локомотивной тяги) в форме 7-у отражены в разделе 1.1. Расходы по видам деятельности, не связанным с перевозками, предоставлением услуг инфраструктуры и локомотивной тяги, (2 группа) отражаются в разделе 1.2. Раздел 1.3 отражает расходы, относящиеся к внутрихозяйственному обороту, такие как: изготовление материалов, потребляемых подразделениями ОАО «РЖД», ремонт основных средств, выполняемый структурными подразделениями и затраты на ремонт имущества ОАО «РЖД». Эти расходы отражаются в подразделах 1.3.1, 1.3.2 и 1.3.8 и после использования в производстве распределяются на статьи разделов 1.1 и 1.2. В связи с этим при сведении общих расходов по форме 7-у данный раздел необходимо исключить, чтобы избежать двойного счета. Кроме того в разделе 1.3 содержатся расходы по модернизации и реконструкции основных средств, которые финансируются из инвестиционных источников, то есть из прибыли. В ходе реконструкции основные средства проходят переоценку и увеличивают свою первоначальную стоимость, которая впоследствии, в процессе эксплуатации, будет переноситься на себестоимость в качестве начисляемой амортизации.

Очевидно, что в форме 7-у находятся расходы, совершенно различные по источникам формирования. Поэтому в процессе поиска и анализа информации в форме аналитик сталкивается с проблемой правильности подведения итогов и нахождения общих сумм расходов, без двойного учета одних и тех же сумм затрат. В связи с этим возникает вопрос пересмотра структуры формы отчетности 7-у для наиболее удобного представления результатов деятельности подразделений и внесения ясности в структуру расходов.

В данной связи, по мнению авторов, можно осуществить дополнительный уровень группировки расходов в отчетности – по источникам формирования. В результате в 1 группе будут находиться расходы, финансируемые за счет себестоимости. Это расходы по текущей эксплуатации (виды деятельности 1 и 2 групп). Вторая группа – расходы по инвестиционной деятельности. Это расходы по модернизации и реконструкции объектов основных средств, сейчас находящиеся внутри раздела 1.3. Третья группа – расходы текущего периода за счет

затрат будущих периодов, которые будут относиться на себестоимость в следующем периоде. Отдельной группой выделяются расходы по внутрихозяйственному обороту. Предлагается подводить итоги по каждой группе расходов, чтобы избежать путаницы в источниках финансирования и повторного учета одних и тех же сумм затрат. Примерная схема группировки затрат по источникам представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Предлагаемая схема группировки затрат в форме 7-у

Проведенный анализ говорит о необходимости дальнейшего структурирования форм управленческой отчетности о затратах с целью обеспечения удобства и прозрачности информации для пользователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кондукова, Э.В. АВС: Себестоимость без искажений / Э.В. Кондукова. -М.: Эксмо, 2008. -288 с.
- 2 Распределение расходов от обычных видов деятельности, прочих доходов и расходов по видам деятельности ОАО «РЖД». -М., 2010. -208 с.
- 3 Расходы инфраструктуры железнодорожного транспорта: учеб. пособие / Н.П. Терешина, Н.Г. Смехова, С.М. Иноземцева, В.А. Токарев. -М.: ГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.», 2010. -224 с.
- 4 Северова, М.О. Проблемы применения функциональных систем калькуляций для расчета себестоимости железнодорожных перевозок / М.О. Северова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1. -С.84-88.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *себестоимость, управленческая отчетность, классификация затрат, информация*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Северова Марина Олеговна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Ромашева Мария Александровна, магистрант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТ В ОРГАНИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ УМСТВЕННОГО ТРУДА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.В. Давыдов, Е.А. Сиденкова

TIME MANAGEMENT OF BRAIN WORK QUOTA SETTING
 Siberian state transport university
 A.V. Davydov, E.A. Sidenkova

Increasing role of brain workers and their performance need some special methods which may result in fundamental changes in the structure of administrative staff management. While working brain workers use and transform information characterizing production status at a unit under their control into up-to-date effective programmes of economic growth.

Keywords: brain work quota setting, labour resources, efficiency

Возрастающая роль работников умственного труда и их производительности нуждается в специальных методиках, которые приведут к фундаментальным изменениям в структуре управления административным персоналом. В процессе трудовой деятельности работники умственного труда используют и преобразовывают информацию, характеризующую состояние производственного процесса на управляемом или обслуживаемом ими объекте в современные эффективные программы экономического роста.

Только в экономических теориях явно выражена разница между работниками физического и умственного труда. Экономическая теория и, в большой степени – практика, рассматривают физический труд как затратный. Умственный же труд, если мы хотим сделать его производительным, должен рассматриваться как интеллектуальный (основной) капитал фирмы, компании и т.п.

Работники физического труда не владеют средствами производства. Они должны обладать – и обычно обладают – огромным и очень ценным опытом работы. Но этот опыт можно применить только на данном рабочем месте. На каком-то другом рабочем месте его уже не применишь – он «не портативен».

Работники умственного труда владеют теми знаниями, которые хранятся у них в голове. Это абсолютно «портативный» и чрезвычайно емкий вид основного капитала. Образно выражаясь, работники физического труда больше заинтересованы в работе, чем работа в них. Возможно, не обо всех работниках умственного труда можно сказать, что они нужны работе больше, чем работа им [1]. Но в подавляющем большинстве случаев взаимоотношения работников интеллектуального труда с компанией, обеспечивающей их работой, характеризуются тем, что они заинтересованы друг в друге в равной степени.

В XX веке, лидерство в мировой экономике в большой степени зависело от умения добиться высокой производительности физического труда. В современных условиях это может сделать любая страна, любая отрасль, любая компания – с помощью методов, которые были разработаны нынешними развитыми странами и внедрены в повседневную практику за те 120 лет, которые прошли с того времени, когда Ф.У. Тейлор впервые взялся за изучение и нормирование физического труда. Нет сомнения в том, что его методики, даже в современных условиях производства, если их применить и обучить персонал, могут дать организации повышение производительности труда. В отличие от рабочих, работники умственного труда сами непосредственно не участвуют в производстве материальных ценностей, но без них невозможно обеспечить необходимые организационно-технические, технологические, управленческие и социально-экономические условия для эффективного труда людей, занятых выполнением производственных заданий [2].

Возрастающая роль работников умственного труда и их производительности тоже нуждается в таких методиках, которые приведут к фундаментальным изменениям в структуре и природе *экономической системы*. В процессе трудовой деятельности они (работники умственного труда) используют информацию, характеризующую состояние производственного процесса на управляемом или обслуживаемом ими объекте, и преобразуют ее в соответствующие решения как в форме документов (чертежей, технологических карт, экономических планов, распоряжений и др.). Информативный характер непосредственного предмета и продукта труда их обуславливает принципиальное отличие в содержании и результатах деятельности компании, в которой они работают.

Но изменения, происходящие в технике и технологии, большинством руководителей учитываются только на различных этапах совершенствования заработной платы, без учета сложности и качества труда конкретного инженера, специалиста, менеджера. Отсутствие количественных оценок не всегда позволяет с необходимой полнотой учитывать изменения в сложности труда, обусловленные научно-техническим прогрессом, новым уровнем структурных преобразований, квалификационными требованиями к занимаемой должности.

Важнейшим направлением работы по совершенствованию организации нормирования труда является создание системы определения трудоемкости работников умственного труда (специалистов, руководителей, менеджеров и т.д.), которая до настоящего времени осуществляется по функциональному и профессионально-квалификационному признаку.

Нормативное регулирование затрат и трудоемкости деловых процедур в условиях интенсификации железнодорожного бизнеса для категорий работников умственного и управленческого труда в компании «РЖД» должна базироваться на следующих основных принципах [4]:

1 Измерение затрат труда каждого работника не зависимо от квалификационной категории, выполняется преимущественно методами прямого нормирования, позволяющими определять трудоемкость работ и заданий, устанавливать оптимальную загрузку в течение рабочего дня, тем самым повышая эффективность труда и увеличение его оплаты.

2 Приведение фактически сложившихся затрат труда к необходимым, по отношению к конкретным организационно-техническим условиям производственного процесса, с учетом ориентации трудозатрат на общественно необходимый уровень издержек.

3 Устанавливаемые нормы трудоемкости должны учитывать социальные, психологические, гендерные функциональные особенности трудового процесса, что позволит обеспечить его результативность.

4 Нормативы регламентации численности работников, необходимой для качественного выполнения определенного вида и объема деловых процедур, инженерных и управленческих действий в определенных организационно-технических условиях, необходимо рассчитывать с учетом факторов, которые оказывают решающее влияние на уровень производственных издержек.

5 Функциональное разделение труда инженеров и специалистов, служащих заключается в организации управления, планирования, координации и оперативном управлении трудом. Для выполнения названных функций создаются специализированные структурные подразделения и службы, работники которых также соответствующим образом специализированы.

6 Критерии и измерители, характеризующие сложность и другие характеристики труда, их качественная оценка должны быть едины и увязаны по соответствующим функциональным категориям работников умственного труда. Это позволит более объективно принимать решения по установлению соотношений в оплате труда, так как задача сокращения производственных издержек включает в себя острую необходимость сокращения издержек на административный персонал.

7 Время-это основной фактор производственной среды, и как у многих других факторов производства, когда-то наступает оптимум, после которого дальнейшее его планирование и расходование не имеет смысла. Но если уделять этой проблеме хотя бы 10 минут в день, то можно сэкономить до 2-х рабочих часов в неделю.

Планирование своего рабочего времени, как и планирование вообще, является первой обязанностью любого специалиста и руководителя, но, к сожалению, как показывают исследования, проведенные в структурных подразделениях на ряде железных дорог, руководители уделяют этому немного времени или не уделяют вообще. Для решения проблем, связанных с рациональным использованием рабочего времени существует множество методик, имеющих общее название «тайм-менеджмент».

Тайм-менеджмент – это совокупность общих методов и рекомендаций, и для каждого человека по управлению эффективности использования рабочего времени и его организации. Анализ использования времени поможет выявить временные потери, показать сильные и слабые стороны практикуемого рабочего стиля. Такой анализ просто необходим работникам умственного труда, если неизвестно, на что вообще расходуется время, неизвестно, сколько времени требует выполнение тех или иных дел, неизвестно, какие факторы стимулируют или ограничивают работоспособность. Наиболее благоприятным является ведение учета времени в процессе работы, так как при учете времени «потом» можно забыть некоторые важные детали. В процессе анализа выявляются сильные и слабые стороны использования временного ресурса.

Процесс планирования времени начинается с постановки целевых ориентиров, для чего на предстоящий период составляется перечень первоочередных задач и возможных препятствий, на преодоление которых уйдет какое-то определенное время [3]. Впоследствии этот перечень регулярно корректируется путем исключения из него того, что на проверку оказывается несущественным и нереализованным (рисунок).

Каждый специалист, менеджер, руководитель должен планировать свое время укрупненными блоками, детализирование не приводит к положительным результатам и чем крупнее организация, фирма или компания тем меньше времени у руководителя остается для малозначительных дел [5].

Разнообразие выполняемых работ, отсутствие единых алгоритмов их выполнения, субъективные особенности процесса мышления при переработке необходимой информации и принятия решений объясняют применение разных методик нормирования и видов норм.

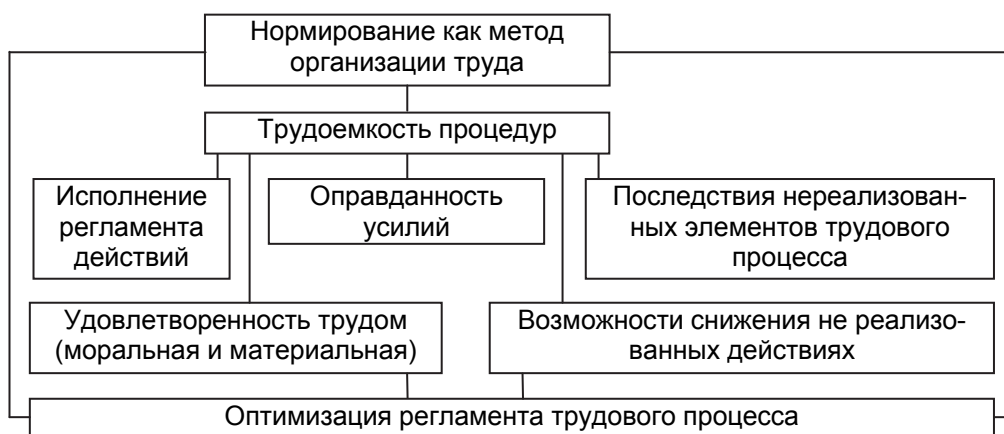


Рисунок – Взаимосвязь функциональных процедур и потребностей работников умственного труда

Отличительная особенность умственного труда происходит из информационного характера предмета и продукта труда, в силу которого, как правило, в большей степени, чем рабочим, работникам умственного труда приходится затрачивать нервно-эмоциональные усилия, в особенности при поиске и реализации решений. Кроме того, сам характер умственной нагрузки различен применительно к любой категории работников. Путем разработки процедур проектируется рациональное содержание трудового процесса специалиста с разделением его на отдельные элементы. Это позволяет использовать для определения времени их выполнения хронометражные наблюдения и фотографию рабочего времени. Норма времени для специалиста определяется по той же формуле, что и для рабочих, лишь с поэлементной разницей в содержании каждого элемента рабочего времени

$$H_B = T_{пз} + T_{оп} + T_{обсл} + T_{подд}, \quad (1)$$

где $T_{пз}$ – затраты подготовительно-заключительного времени имеют место у специалистов для изучения необходимых нормативно-правовых и производственных документов и статистических источников, коллективного обсуждения методик выполнения и т.д;

$T_{оп}$ – оперативное время не подразделяется на основное и вспомогательное. В основе процесса организации и нормирования труда управленческого персонала лежит состав функций и функциональное взаимодействие структурных подразделений на любом уровне производственной иерархии;

$T_{обсл}$ – рабочее время, затрачиваемое на момент включения (выключения компьютера), подготовку другой оргтехники, документации, обеспечивающей трудовой процесс;

$T_{подд}$ – время необходимое для поддержания работоспособности в течение рабочего дня.

Регламентация организации труда изучаемой и исследуемой категории работников умственного труда основывается на установлении и строгом соблюдении определенных правил, положений, указаний, инструкций, нормативов, параметров производственных процессов и т.п. Каждый элемент организации их труда – должен быть научно обоснованный, базироваться на объективных закономерностях, присущих организации труда [6].

Нам представляется, что наиболее полно этому требованию отвечает так называемый «поведенческий метод», позволяющий получить наиболее точные данные о деятельности инженеров, административных работников и других категорий работников умственного труда производственных подразделений любого уровня, что в целом соответствует главным постулатам теории управления и тейлоровскому подходу к организации нормирования трудозатрат в производственном процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Миляева, Л.Г. Мотивация, оценка и стимулирование труда персонала организаций: монография / Л.Г. Миляева. - Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2005. -190 с.
- Управление персоналом организации: учебник / под ред. А.Я. Кибанова. -3-е изд., доп. и перераб. -М.: ИНФРА-М, 2006. - 638 с.
- 2 Давыдов, А.В. Мотивация и оплата труда в рыночной экономике / А.В. Давыдов, А.С. Овсянников, И.М. Маложен. -

Новосибирск: Наука, 2003.

3 Волгин, Н. ВИЛ AP: Мотивационная основа эффективного труда / Н. Волгин, Е. Валь // Человек и труд. -2000. -№4.

4 Старобинский, Э.Е. Как управлять персоналом: учеб.-практ. пособие / Э.Е. Старобинский. -7-е изд., перераб. и доп. -М.: Бизнес-шк. «Интел- Синтез», 2007. -384 с.

Бизнес-шк. «Интел- Синтез», 2007. -384 с.

5 Современная психология мотивации / под ред. Д.А. Леонтьева. -М.: Смысл, 2002. -343 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *организация нормирования умственного труда, трудовые ресурсы, эффективность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Давыдов Анатолий Вячеславович, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

Сиденкова Елена Анатольевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИРЕКЦИЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

И.А. Чухломина

ON THE EFFICIENCY OF RAILWAY INFRASTRUCTURE BOARD ACTIVITIES

Siberian state transport university

I.A. Chuhlomina

Leading railway infrastructure development and reaching world standards level is a base for successful social and economic development of the country and it's competitiveness in the world.

Keywords: efficiency of railway infrastructure board activities, competitiveness in the world

Опережающее развитие инфраструктуры железных дорог и доведение ее до уровня мировых стандартов по убеждению автора есть залог успешного социально- экономического развития страны и повышения ее конкурентоспособности в мире.

Инфраструктура железнодорожного транспорта относится к естественно-монопольному рынку в силу своих технических и технологических особенностей, а также за счет эффективного удовлетворения спроса на железнодорожные перевозки в связи с существенным снижением затрат на перевозки при увеличении их объема.

Субъектом естественной монополии признается по Гражданскому кодексу России хозяйствующий субъект (юридическое лицо), занятый реализацией услуг по перевозке грузов и пассажиров в условиях естественной монополии.

Перевозки грузов, пассажиров, услуги по предоставлению локомотивной тяги, ремонту подвижного состава и прочие виды деятельности относятся к конкурентной среде на железнодорожном транспорте, так как выполнение всех перечисленных работ может выполняться сторонними организациями. Вид деятельности «Предоставление услуг инфраструктуры» относится к естественно-монопольному сектору и регулируется государством [3].

При осуществлении перевозок грузов и пассажиров компаниями-операторами необходимо обеспечить им недискриминационный доступ на железнодорожные пути общего пользования и исключить недобросовестную конкуренцию со стороны ОАО «РЖД», одновременно являющуюся компанией-владельцем инфраструктуры и оператором подвижного состава.

Независимые перевозчики имеют право доступа к инфраструктуре на конкурентной основе на основании статьи 14 Федерального закона «О железнодорожном транспорте Российской Федерации» №17-ФЗ от 10 января 2003 г.

Законодательством Российской Федерации установлены единые нормы и правила по осуществлению деятельности в сфере железнодорожных перевозок на конкурентной основе для всех участников перевозочного процесса независимо от их организационно-правовой формы. В соответствии с Постановлением №710 от 25 ноября 2003 г. «Об утверждении недискриминационного доступа перевозчиков к инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования» к общим принципам доступа к инфраструктуре относятся [6]:

- обеспечение равнодоступности инфраструктуры для всех перевозчиков, в том числе применение единых критериев доступа к услугам по использованию инфраструктуры;
- обеспечение конкуренции в сфере железнодорожных перевозок;
- проведение в отношении перевозчиков единой ценовой (тарифной) политики в сфере услуг по использованию инфраструктуры;
- доступность информации о перечне услуг по использованию услуг инфраструктуры,

порядке их выполнения, тарифах, плате и сборах за эти услуги для всех участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте общего

Разветвленность сети железных дорог и их значительные пропускные способности позволяют качественно и своевременно удовлетворять спрос на перевозки на внутреннем и внешнем рынках. Устойчивая работа железнодорожного транспорта обеспечивает жизнедеятельность и эффективное развитие всех отраслей экономики страны. По своей протяженности железные дороги России занимают второе место после США (эксплуатационная длина по состоянию на 01.01.2010 г. составила в США – 226,6 тыс. км, а в России – 82,62 тыс. км). Вместе с тем Россия является мировым лидером по протяженности электрифицированных линий, которые составляют в нашей стране 42,9 тыс. км.

Железнодорожные грузовые перевозки – одна из основных частей производственной инфраструктуры, которая продолжает и завершает процесс производства в сфере обращения [7].

Железнодорожный транспорт выполняет более 85% грузооборота транспортной системы страны (исключая перевозки трубопроводным транспортом). Для обеспечения эффективности грузовых перевозок массовых грузов и удовлетворения потребности общества в качественных и скоростных перевозках необходимо опережающее развитие инфраструктуры железных дорог, позволяющее организовывать специализированные маршруты для движения тяжеловесных грузовых и высокоскоростных поездов. От эффективности работы железных дорог зависит конкурентоспособность российской экономики. Устойчивая работа железнодорожного транспорта создает благоприятные условия для успешного развития бизнеса и привлечения частных инвестиций для строительства железнодорожных линий.

Вместе с тем важно отметить, что железнодорожный транспорт выполняет целый ряд общегосударственных и социальных функций. Основными из них являются:

- содержание сезонных и географических резервов пропускных способностей подвижного состава (для того чтобы в случае изменения мировой и внутренней рыночной конъюнктуры отечественная промышленность могла оперативно отреагировать);

- содержание мобилизационных объектов и резервов, выполнение мероприятий, связанных с прикрытием железных дорог и обеспечением их устойчивой работы в чрезвычайных ситуациях;

- осуществление специальных и воинских перевозок;

- межотраслевое регулирование и субсидирование отдельных отраслей экономики;

- обеспечение для граждан равных возможностей в перевозках;

- субсидирование необходимого объема и качества социально значимых пассажирских перевозок за счет общего финансового результата деятельности.

В настоящее время из организационной структуры холдингом «РЖД» выделяются отдельные бизнес-блоки и обособленные структурные подразделения, осуществляющие различные виды деятельности, в том числе и непрофильные (рисунок 1). При этом бизнес-блок «Инфраструктура» является одним из видов деятельности «РЖД» и может быть отнесена к категории особого материального производства услуг, в которой обеспечивается недискриминационный доступ пользователей объектами инфраструктуры железнодорожного транспорта и поддержание ее в эксплуатационном рабочем состоянии.

В современных экономических условиях инфраструктура железнодорожного транспорта играет роль катализатора экономического роста в стране. В связи с этим требуется своевременное решение существующих транспортных проблем на основе внедрения инновационного подхода на железнодорожном транспорте.

Качество составляет основу конкурентоспособности перевозок, однако конкурентоспособность определяется совокупностью только тех конкретных свойств, которые представляют несомненный интерес для конкретного потребителя, а прочие характеристики стандартизируются с позиций минимизации издержек [2].

В общем случае качество перевозочного процесса определяет его конкурентоспособность и измеряется отношением интегрального показателя качества U к цене потребления товара, которая складывается из отпускной цены C и эксплуатационных затрат потребителя товара за объявленный ресурс работы $Z_{эк}^n$, а конкурентоспособность исчисляется по формуле

$$E_u = \frac{U}{C + Z_{эк}^n} \quad (1)$$

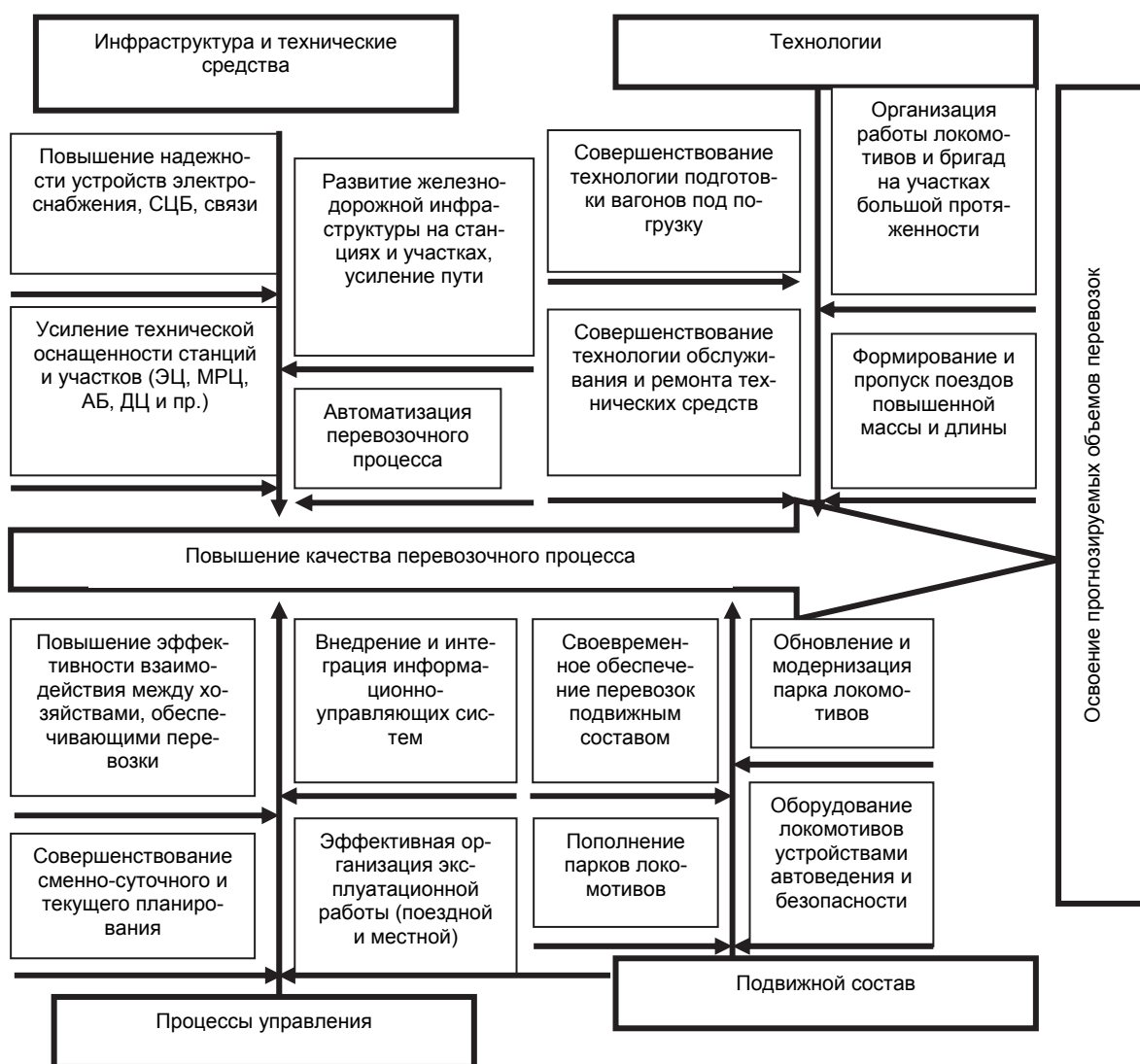


Рисунок 1 – Модель повышения качества перевозочного процесса

Рейтинг конкурентоспособности услуг компаний-перевозчиков с позиции грузовладельца определяется, прежде всего, ценой услуги, а также некоторой совокупностью показателей качества транспортного обслуживания, среди которых основным является срок доставки [5]. Приоритетное значение срока доставки объясняется действующим порядком оплаты услуг по перевозке до её реализации. Таким образом, скорость доставки напрямую влияет на скорость оборачиваемости капиталов не только в рамках отдельной фирмы, но и в народнохозяйственном масштабе, в связи с чем важнейшей задачей реформирования является повышение качества транспортного обслуживания клиентов, прежде всего, в части повышения скорости и надежности в доставке грузов. Реализация стратегии развития железнодорожного транспорта позволит решить ряд важнейших задач по развитию инфраструктуры железных дорог и создать условия для ускорения роста экономики страны, а также обеспечить приток инвестиций в развитие железнодорожного транспорта и снизить совокупные транспортные затраты в экономике страны в рамках развития диверсификации ее деятельности по альтернативным стратегиям их развития (рисунок 2).

Инфраструктура железнодорожного транспорта общего пользования, как естественно-монопольный вид деятельности, является объектом, на который в наибольшей степени распространяется государственное регулирование. Государство, как экономический субъект, заинтересовано в повышении эффективности использования инфраструктуры железнодорожного транспорта. В данном контексте задачей государственного регулирования является стимулирование более полного использования мощностей инфраструктуры путем наращивания объема перевозок, повышения качества эксплуатации подвижного состава, использования прогрессивных технологий в перевозочном процессе, что приводит к снижению эксплуатационных расходов, положительно влияет на себестоимость железнодорожных пере-

возок и, как следствие, ведет к снижению транспортной составляющей в структуре валового национального продукта.

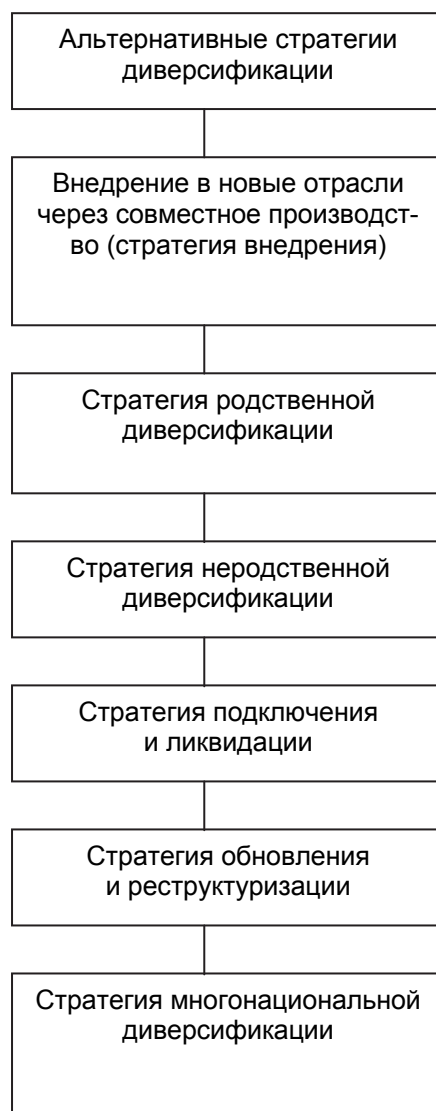


Рисунок 2 – Классификация стратегий диверсификации

Для стимулирования более полной загрузки мощностей инфраструктуры целесообразным, на наш взгляд, является применение методов ценовой дискриминации в виде дифференцированной системы оплаты услуг инфраструктуры.

Создание и функционирование независимых железнодорожных перевозочных компаний в условиях конкуренции призвано решить задачу сокращения продолжительности производственного цикла железнодорожного транспорта не только по внутри-транспортным операциям, а более полно «от двери поставщика к двери потребителя», а также по агрегированному процессу «производство-транспорт-склад-рынок». Признание показателя «скорость доставки» определяющим при расчете рейтинга конкурентоспособности компании-перевозчика, сопряжено с определенными трудностями введения на рынок железнодорожных перевозок через обеспечение равных условий доступа к инфраструктуре, чему должно способствовать отделение перевозочной деятельности от инфраструктуры, с сохранением полного государственного контроля над последней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бунеев, В.М. Эффективность городского транспорта. Методы оценки и обоснования: монография / В.М. Бунеев, В.И. Новосёлов, Н.Н. Путилова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2008. -418 с.
- 2 Виханский, О.С. Менеджмент: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов. -3-е изд. -М.: Гардарики, 2000. -528 с.
- 3 Виханский, О.С. Стратегическое управление: учебник / О.С. Виханский. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Гардарики, 1999. -296 с.
- 4 Комаров, К.Л. Транспортное освоение Сибири: стратегии XX века: монография / К.Л. Комаров. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2001. -216 с.

5 Давыдов, Г.В. Рынок перевозок: какой и для кого? / Г.В. Давыдов // РЖД-Партнер. -2010. -№5.

6 Лapidус, Б.М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений / Б.М. Лapidус. -М.: Изд-во МГУ, 2001. -300 с.

7 Мачерет, Д.А. Экономические проблемы грузовых железнодорожных перевозок / Д.А. Мачерет, И.А. Чернигина. -М.: МЦФЭР, 2004. -234 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *эффективность деятельности дирекций инфраструктуры железных дорог, конкурентоспособность в мире*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Чухломина Ирина Алексеевна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Казахская академия транспорта и коммуникаций
им. М. Тынышпаева

К.Н. Алданиязов

IMPROVING THE QUALITY OF PLANNING MAJOR REPAIRS OF OIL WELLS

Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaeva

K.N. Aldaniyazov

The article deals with methodological approaches to capacity planning of wells using the reporting data specific oil and gas companies and shows the results of calculation of the rate of change of the amount of repair work that is abnormal in intensity, and characterizing small amount optimality targets and the ability to reduce the amount of loss in crude oil due to the failure of the normative time of repair crews.

Keywords: quality planning, optimal targets, the number of well-repairs, the normative time of repair, the coefficient of optimality, the cost

Рассмотрены методические подходы к планированию объема скважин с использованием отчетных данных конкретного нефтегазодобывающего предприятия и показаны результаты расчета величины коэффициента изменения объемов ремонтных работ, аномальных по трудоемкости, и характеризующих незначительную величину оптимальности плановых заданий и возможность уменьшения объема потери добываемой нефти по причине невыполнения нормативного времени ремонтных бригад. Показано, что плановая загруженность ремонтных бригад имеет не полную величину и установление одного планового показателя – количество ремонтируемых скважин будет иметь весомое значение, чем показатель скважино-ремонтов в одной скважине.

В основу планирования объема, как основного инструмента эффективной организации работ по капитальному ремонту скважин (КРС) в натуральном выражении, принимается принцип, выражающий соблюдение равенства между количеством скважино-ремонтов с усредненным нормативным временем 1 ремонта и числом вахт на начало планируемого периода с нормативным временем работы 1 вахты в этот период. По этому плановый объем КРС определять по предлагаемой нами следующей формулой

$$TN = t_a n,$$

где T – усредненное время 1 ремонта;

N – количество планируемых ремонтов;

t_a – нормативное время работы 1 вахты в планируемый период;

n – число вахт на начало планируемого периода.

Однако как показали наши расчеты, плановый объем работ в скважино-ремонтах по Жетыбайскому цеху ТОО «Химремонтскважина» на 2014 г. в количестве 130 скважино-ремонтов оказался заниженным, тогда как он должен быть равным

$$N = \frac{t_a n}{T} = \frac{2100 \cdot 26}{235,8} \approx 232$$

где $T = 235,8$ бр. ч – нормативное время продолжительности 1 скважино-ремонта по фактическому объему выполненных работ в 2013 г.

Это означает, что если бы бригады КРС укладывались в нормативное время, они выполнили бы не 154 фактических скважино-ремонтов, а гораздо больше то есть 232.

Этот вывод можно подтвердить оценкой, то есть определением коэффициента напряженности плановых заданий по формуле

$$K_n = N_w / N_p,$$

где N_w – объем КРС в скважинном ремонте на планируемый период
 N_p – расчетное количество скважино-ремонтов, которое может выполнять предприятие (цех) в планируемом году с учетом все возможных условий, могущих повлиять на него)

$$N_p = B_{\phi} \cdot T_a \cdot t_a \cdot K_{nm} \cdot K_{us} \cdot K,$$

где B_{ϕ} – фактическое количество вахт КРС на начало планируемого года;
 T_a – годовой фонд рабочего времени 1 вахты КРС;
 t_a – расчетный норматив продолжительности 1 ремонта, определявший на основе статистической обработки сложившейся ее величины в базисном периоде;
 K_{nm} – коэффициент повышения производительности труда за счет внедрения новой техники и технологии в планируемом году;
 K_{us} – коэффициент улучшения использования рабочего времени за счет совершенствования организации работ в планируемом году;
 K – коэффициент учета изменения объемов, аномальных по трудоемкости ремонтных работ в планируемом году по сравнению с базисным).

В данном случае все эти коэффициенты принимаются равными единицами, так как фактическая продолжительность ремонта не снижается против нормативной, что и характеризует отсутствие влияния внедрения новой техники, улучшение использования рабочего времени и изменения трудоемкости выполняемых работ.

При представлении вышеиспользованных данных показателей Жетыбайского цеха КРС ТОО «Химремонтскважина» за 2009 г. величина коэффициента напряженности получилась равной 0,56 (130:232), здесь 130-принятый годовой плановый объем в скважино-ремонтах на 2014 г. и 232-планово-расчетный (нормативный) годовой объем тоже в скважино-ремонтах, что и показывает на большую заснеженность принятых плановых заданий, значительно перевыполненных (на 18,5%=154:130), в основном, за счет значительного превышения фактической продолжительности 1 скважинного ремонта над нормативной (на 48,2%=349,5:235,8).

Полученный результат показывает, что при соблюдении нормативного времени бригады КРС могли бы выполнить объемы ремонтных работ гораздо больше (на 78 скважино-ремонтов=232-154) и просрочка сроков выполненных работ из-за организационных простоев привела к значительной потере количества отремонтированных скважин, недобору нефти из них. Например, при количестве ремонтов на 1 отремонтированную скважину 2,6 (124:47) можно принять 78 скважино-ремонтов как 30 отремонтированных скважин (78:2,6). Тогда при среднегодовом дебита 1 скважины 3,5 т/с и коэффициенте эксплуатации 0,863 по НГДУ «Жетыбайнефтегаз» потерю нефти только по этой причине в 2009 г. можно уменьшить на 33,1 тыс. т (30·3,5·365·0,863).

Аналогичный подход к определению коэффициента оптимальности принятых плановых заданий по исполнителям КРС также показывает на их значительную долю снижения объемов (ТОО «Буыргышы» и «Мангистаубарлау»), где величины этого показателя составили 0,31 и 0,47, соответственно. Это видно также из значительного перевыполнения занижения принятого планового объема в скважино-ремонтах на 113,6 (133,3% достигнуто), в основном, за счет значительного превышения (перерасхода) фактической продолжительности 1 ремонта на нормативной на 255,7 и 109,9% по этим же исполнителям КРС.

При этом следует особо отметить, что на показатель «планирование объема» в отремонтированных скважинах (КРС) и его выполнение, не обращается должного внимания. Это подтверждается значительным невыполнением плана по этому показателю при значительном перевыполнении плана по количеству скважино-ремонтов во всех исполнителях КРС. Например, если в ТОО «ХРС», «Бургышы» и «Мангистаубарлау» степени выполнения плана по первому показателю за 2013 год, составили 83,6%; 100,0% и 0% (в последнем ТОО он даже не запланирован, хотя имеет место фактическое количество (20) отремонтированных скважин), то второй показатель характеризуется значительным перевыполнением его плановых уровней на 31,1, 13,6 и 33,3%.

Расчет коэффициента оптимальности плановых заданий по показателю «количество отремонтированных скважин» и на 1995 г. по Жетыбайскому цеху ТОО «ХРС» также показал, что расчетное количество скважин, которое необходимо отремонтировать по данному цеху в планируемом году составило 89 при запланированном количестве 80. Отсюда и величина коэффициента оптимальности 0,93. А планируемое число вахт для выполнения за-

планированного количества ремонтов скважин должно было равняться 23 при фактическом их количестве 26 в 2013 г.

Для повышения качества планирования производственных показателей, необходимо базирование всего хозяйственного механизма на четко определяемых единых для всех уровней управления производством принципах планирования, нормирования процессов ремонта и его затрат, а также на системе четко налаженного бухгалтерского учета. Особое внимание необходимо обратить при планировании количественных показателей, на экономическую целесообразность КРС малодебитных, высоко обводненных, из них отработавших срок службы скважин.

Это весьма важно, учитывая, что не по всем отремонтированным скважинам затраты на КРС могут быть окуплены дополнительной прибылью от реализации дополнительной добычи после КРС. При этом необходимо отметить, что при планировании только экономически целесообразного количества ремонтируемых скважин имеющееся число бригад и исполнителей КРС может оказаться больше, чем надо, что и может потребовать сокращения последних.

При планировании количественных показателей КРС необходимо установить только один плано-оценочный показатель – «количество отремонтированных скважин», что способствующий исключать двойную оценку результатов работы бригад КРС, добавляя к нему еще показатель количества скважино-ремонтов. Это позволит исключить противоречивую оценку результатов работы бригад КРС. Заказчики и подрядчики должны быть одинаково заинтересованы в увеличении количества скважино-ремонтов на 1 скважину.

Для повышения качества планирования крайне необходима разработка классификатора видов, методов и способов КРС, включающего всевозможные ремонтные работы в 1 скважине, позволяющего заранее определить продолжительность и стоимость КРС. Его внедрение будет способствовать предварительному определению количества ремонтируемых скважин, исходя из производственной необходимости, и объема работ в стоимостном выражении на планируемый период, а также препятствовать приписке недостающего объема выполненных работ.

Вышеизложенное по данной проблеме позволяет сделать основной вывод о том, что плановая загруженность бригад КРС, исходя из их имеющихся производственных возможностей (количество вахт), не выдерживает никакой критики, что видно из низких уровней принятых плановых обязательств бригад КРС и отсутствия должного внимания на планирование и его выполнение по показателю количества отремонтированных скважин с учетом того, что его значение весомее для заказчиков, чем показатель скважино-ремонтов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *качество планирования, оптимальность плановых заданий, количество скважино-ремонтов, нормативное время ремонта, коэффициент оптимальности, уровень затрат*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Алданиязов Коркенбай Назарович, канд. экон. наук, доцент КазАТК им. М. Тынышпаева*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *050012, г. Алматы, ул. Шевченко, 97, КазАТК им. М. Тынышпаева*

МЕХАНИЗМ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ В ИЕРАРХИИ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

С.А. Давыдов

THE MECHANISM OF TASK HIERARCHY MANAGEMENT KEY INDICATORS OF ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT
Siberian state transport university
S.A. Davydov

To create a balanced system management key performance indicators of railway undertakings is the provision of conditions for promoting the efficient functioning of economic entities in the transport sector. It should reflect the interests of all participants of the transportation process, given its place and function in the economic policy of the company, to promote economic, interregional, intra-regional industrial relations.

Keywords: management indicators, managerial work, the object of labour, employment processes, work operations

Целью создания сбалансированной системы управления ключевыми показателями деятельности железнодорожных предприятий является обеспечение условий содействия эффективному функционированию хозяйствующих субъектов на транспорте. Она должна отражать интересы всех участников транспортного процесса, учитывая его место и функции в экономической политике компании,

способствовать поддержанию общеэкономических, межрегиональных, внутри региональных производственных связей.

Чтобы эффективно конкурировать в борьбе за клиентов и реализовывать глобальные маркетинговые планы специалисты филиалов и подразделений компании «РЖД» должны обладать специальными познаниями и профессиональными качествами, обладать гибкостью ума и компетентностью [2]. С помощью этих качеств железнодорожные предприятия могут получить конкурентное преимущество, максимально совершенствуя планирование объемов перевозок, понимая потребности своих клиентов и предлагая им дополнительные высококачественные услуги.

В этой связи предлагается новый подход к организации автоматизированной системы управления и технология его реализации с учетом конкретного производственного процесса, разделение его на элементы, проектирования целевых ориентиров, рациональных режимов работы персонала, организации труда [3], расчета необходимых затрат времени по трем основным признакам:

- способу получения исходных данных;
- степени разделения и кооперации труда;
- характеру зависимости эффективности труда от производственных факторов, влияющих на их величину.

Среди предметов и продуктов управленческого труда материальным и регистрируемым фактором являются только первичные документы источников информации, ее достоверность и временной период ее формирования, изучения и обработки. Важным в иерархии автоматизации управления является и временная регистрация документов, а также их взаимосвязь с конкретными временными затратами исполнителями [5]. Система установление необходимых затрат рабочего времени управленческого персонала содержит совокупность приемов установления норм труда аналогичных для всех категорий работников железнодорожного производства, выполняющих различные управленческие, технологоспецифические, административные или управленческие функции.

Следовательно, система управления ключевыми показателями представляет собой совокупность анализа производственного процесса по его функциям и содержанию, рациональности технологии деловых процедур, организации труда и рабочего места, процесса оценки [6], конечную цель и задачи хозяйствующего субъекта (рисунок 1).

Первый уровень иерархии объектов определяется идеологией, которую должна выполнять система АСУ по отношению к внешней среде – управлять ключевыми показателями бизнес-процессов компании и ее бизнес-блоков, как некие преобразования входного потока в выходной поток под контролем управляющей системы. Для этого используется «механизм» преобразования, где его основой служат средства производства [1], управленческий и административный персонал (руководители и специалисты различных уровней управления. Потоки информации как предмет труда подразделяются следующим образом:

- входной поток – финансовые и материальные ресурсы;
- управляющие потоки – правила принятия управленческих решений в виде методических рекомендаций;
- преобразования – технологические процессы;
- выходной поток представляет собой услуги или продукцию.

Первый уровень объектов управления представляет собой:

- 1 Услуги, продукция;
- 2 Средства производства;
- 3 Персонал;
- 4 Финансовые ресурсы;
- 5 Материальные ресурсы;
- 6 Технологические подсистемы.

Второй уровень иерархии объектов – функции системы:

- определение задач системы управления по отношению к каждому выявленному объекту нормирования первого уровня;
- изучение и исследование окружающей среды рассматриваемого объекта в целях получения информации о его востребованных свойствах;
- разработка и уточнение востребованных свойств объекта в целях эффективного достижения результатов;

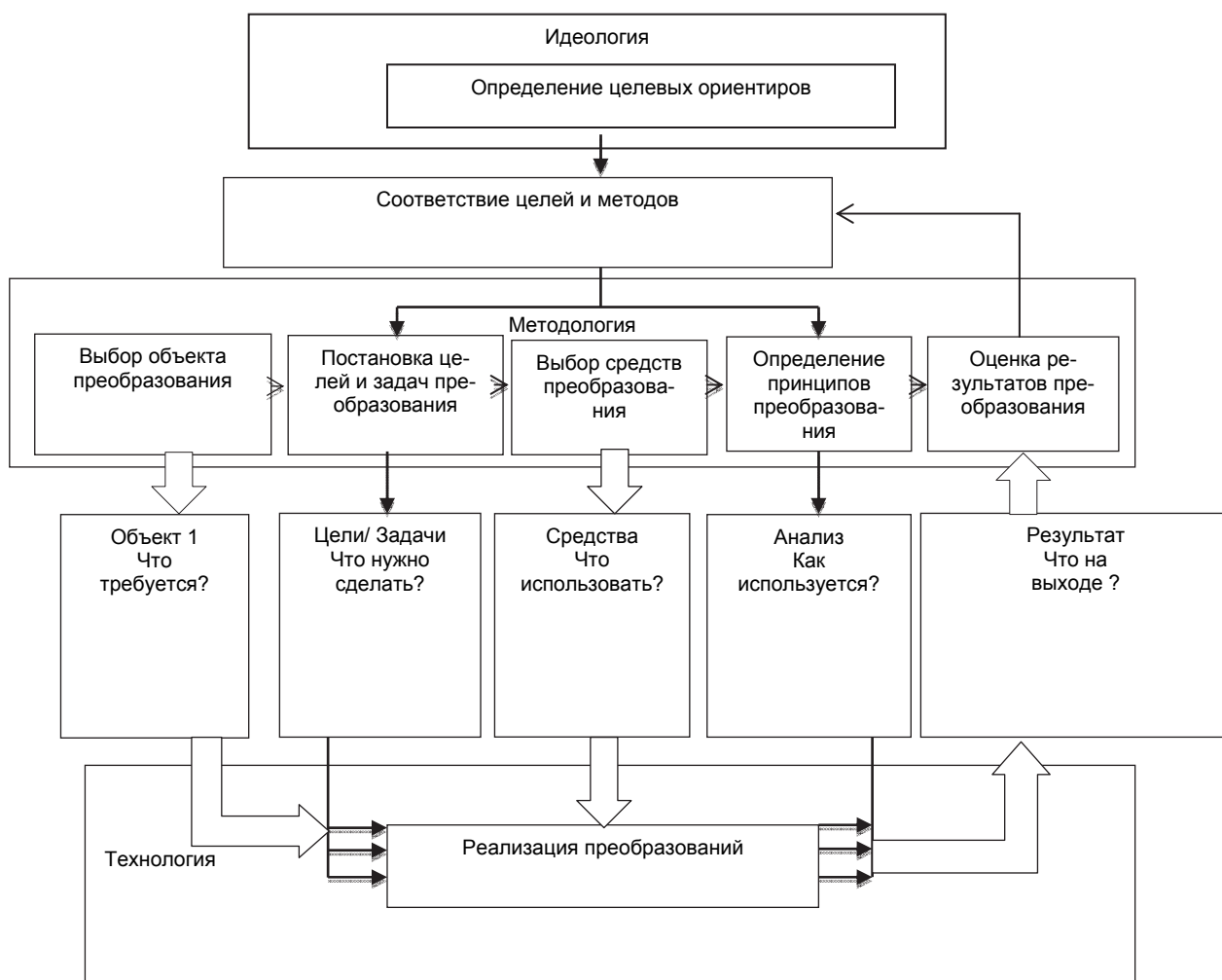


Рисунок 1 – Постановка задач в системе управления ключевыми показателями

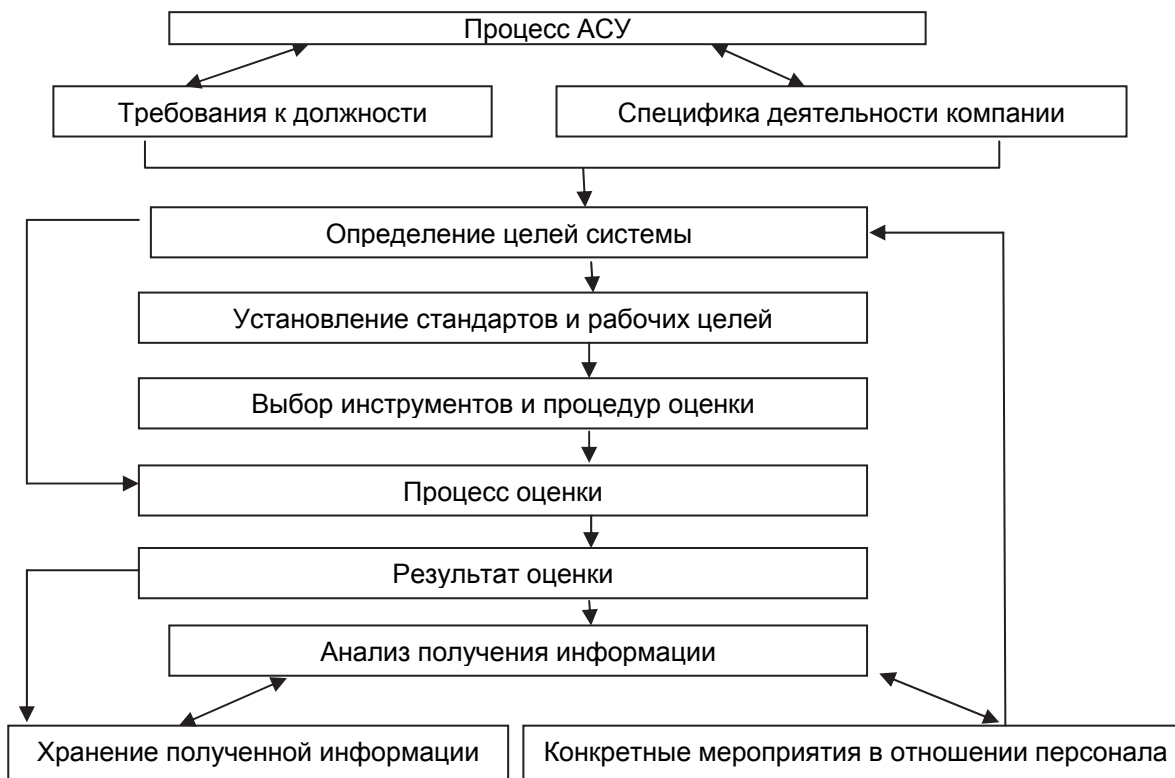


Рисунок 2 – Основные элементы процесса автоматизированного управления

- реализация функций достижения результатов;
- управление результатами.

Предполагая, что управлять потоком информации как предметом труда означает – управлять изменением его состояния, формализуя вышеперечисленные задачи, описывая их совокупностью по следующим атрибутам, образующих своеобразную систему: цели управления; требования; средства; результаты (таблица 1).

Таблица 1 – Задачи и функции объектов второго уровня системы

Объект управления	Задачи системы управления			
	Цели	Требования	Средства	Результат
Услуги, продукция	Рынок услуг	Свойства услуг или продукции	Продвижение и продажи	Показатели продаж
Средства производства	Рынок капитала, средств производства	Потребности производства в техническом обеспечении	Обеспечение средствами производства	Показатели технологического обеспечения производства
Персонал	Рынок труда	Требования производства к квалификации, специализации и численности	Подбор кадров	Показатели обеспечения трудовыми ресурсами
Финансовые ресурсы	Финансовый рынок	Потребности производства в финансовых ресурсах	Привлечение денежных средств	Показатели обеспечения финансовыми ресурсами
Материальные ресурсы	Рынок поставщиков	Потребности производства в материальном обеспечении	Снабжение	Показатели материального обеспечения производства
Технологические подсистемы	Технологическая система предприятия	Требования к технологиям	Регулирование процессов и достижение результатов	Показатели результатов функционирования технологических подсистем

Третий уровень иерархии объектов системы (иерархия): определяется параметрами объектов второго уровня, которые различаются по количественным и качественным свойствам. Для определения объектов третьего уровня детализируем задачи до функциональных операций управления по каждому объекту второго уровня.

Процессы управления построены по известному циклу Деминга, описывающему процесс управления как планирование, реализация, учет, контроль и анализ. Процесс планирования представляет собой цикл непосредственного расчета плановых показателей на основе норм или прогноза, согласования результатов и корректировки результатов до окончательного утверждения.

Анализ операций административных процессов позволяет сделать вывод о том, что в основном они связаны с формированием, переработкой и хранением информации средствами офисной организационной техники и образуют три основные группы работ(операций):

1 Обработка информации в целях ее изучения, перевода на производственный алгоритм, формирование на его основе новой информации, в том числе обработка по заданному порядку (алгоритму).

2 Организация и управление информации в виде банка данных.

3 Использование офисной организационной техники для оформления и тиражирования информации.

В первой группе работ различаются пять операций по обработке информации – это:

- Изучение структуры информации;
- Изучение содержания информации;
- Разработка структуры формируемой информации;
- Формирование или корректировка информации;
- Обработка информации по алгоритму (в том числе – перевод информации с одного языка на другой).

В целях унификации операций деловых процедур по иерархии объектов управления необходимо четко проработать дефиниции в виде условий работы и состав.

Состав первой группы работ:

- определение предназначения исследуемой информации;
- выбор значимых элементов с точки зрения требований изучения информации;
- изучаемая информация может быть представлена в электронном виде или на бумаге;
- структура информации уже размечена, имеются закладки на выделенных для изучения частях;

– в результате изучения содержания информации необходимо прочитать каждую выделенную часть и сделать пометки в местах, отвечающих заданным требованиям [7].

Во вторую группу работ включены четыре операции по работе с банком данных – это:

- добавление(удаление) записи;
- редактирование записи;
- поиск информации в банке данных;
- ввода информации в электронной базе);
- добавление записи в регистр конкретной сущности банка данных.

Третья группа работ представлена шестью операциями, связанными с использованием организационной офисной техники – это:

- маршрутизация информации;
- копирование информации;
- создание электронной версии информации;
- распечатка электронной версии информации;
- листоподборка;
- брошюровка.

Приведенные описания выполняемых работ [4] и операций позволят унифицировать трудовые процессы, процессы мониторинга, анализа и принятия решений по всем объектам управления и разработать стандарт, позволяющий систематизировать эти операции и определить необходимую численность административного персонала (таблица 2 и 3).

Таблица 2 – Структура автоматизации процесса расчета ключевых показателей

Наименование операции	Вход	Выход	Фактор трудоемкости
Определение и оценка источников информации, определение порядка организации работы с ними	Структура объекта свойства элементов, период	Пустая форма запроса /повторная форма запроса	Количество источников информации
Сбор исходной информации		Значения свойств элементов объекта за базовый период	
Оправка запроса	Пустая форма запроса/ повторная форма запроса	Уведомление о получении запроса	Степень доступности информации
Прием данных	Заполненная форма запроса	Уведомление о приеме	Степень доступности информации
Формализованное описание объекта на основании принятой структуры полученной информации, разрабатывается модель управления объектом	Структура объекта, изменение свойств и функций объекта за базовый период	Модель объекта	Уровни иерархии в структуре объекта (сложность или простота связей между элементами)
Согласование/утверждение	Проект плана	Замечания/согласованный проект плана, приказ	Количество согласований
Корректировка	Замечания	Проект плана	Количество рассчитанных показателей

Такой анализ просто необходим административно-управленческого персонала, если неизвестно сколько времени требует выполнение тех или иных процедур и операций, и какие факторы стимулируют или ограничивают работоспособность как персонала так и системы в целом. Наиболее благоприятным является ведение учета временного фактора в процессе работы, так как при системе учета «потом» можно забыть некоторые важные детали и выполненные операции. В процессе анализа выявляются сильные и слабые стороны использования временного ресурса в реализации функций производственного процесса.

Таблица 3 – Процесс учета времени и его организации

Наименование операции	Вход	Выход	Фактор трудоемкости
Прием документов в экономической службе	Первичный документ	Контрированный документ	
Проверка	Первичный документ	Правильный документ/документ с ошибками	
Проверка формы документов, реквизитов на бланках установленной формы, заполнены ли в нем обязательные реквизиты и правильно ли они заполнены, имеются ли подписи должностных лиц			Количество реквизитов
Проверка операций по содержанию процесса, целесообразность указанных в документе операций, соответствует ли содержание нормам, плановым заданиям и т.п.			Количество контрольных критериев
Брошюровка и аналитическая проверка (подсчет итогов, определение скидок и т.д.)			Количество расчетов
Исправление ошибок в документах	Документ с ошибками	Правильный документ	
Учетная обработка и разметка корреспондирующих счетов и статей затрат на документах	Правильный документ	Контрированный документ	Количество кодов
Запись данных в учетные регистры (регистрация)	Контрированный документ	Учетная запись в документе	Форма бухгалтерского учета, вид регистра
Архивация первичных документов	Погашенный документ	Архив	

Анализ использования времени поможет выявить временные потери, показать сильные и слабые стороны практикуемого рабочего стиля. Выработка корпоративных стандартов передачи информации может значительно сократить время, которое теряется в процессе обработки полученной информации, то есть в «попытке понять» сказанное, а также то время, которое необходимо для исправления ошибок, допущенных в результате неправильного интерпретирования полученных сведений. Эти стандарты должны включать себя точные значения терминов, применяемых в процессе деятельности организации, а также перечень параметров, которые должны передаваться при информировании о каком либо событии, явлении, факте или предмете, то есть требование полноты информации. Также служебная информация, передаваемая в рамках организации должны быть достоверной, что может обеспечиваться ответственностью лиц, передающих ее за качество информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бунеев, В.М. Эффективность городского транспорта. Методы оценки и обоснования: монография / В.М. Бунеев, В.И. Новосёлов, Н.Н. Путилова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2008. -418 с.
- 2 Гейтс, Б. Бизнес со скоростью мысли / Б. Гейтс. -Изд. 2-е, испр. -М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. -480 с.
- 3 Гибсон, Д.Л. Организации: поведение, структура, процессы: пер. с англ. / Д.Л. Гибсон, Д.М. Иванцевич, Д.Х. Доннелли. - 8-е изд. -М.: ИНФРА-М, 2000. -662 с.
- 4 Каплан, А.В. Решение оптимизационных задач в экономике / А.В. Каплан. -Ростов н/Д.: Феникс, 2007.
- 5 Мильнер, Б.З. Теория организации: учебник / Б.З. Мильнер. -2-е изд., пер. и доп. -М.: ИНФРА-М, 2000. -480 с.
- 6 Попов, С.А. Стратегическое управление: 17-модульная программа для менеджеров «управление развитием организации». Модуль 4 / С.А. Попов. -М.: ИНФРА-М, 2000. -304 с.
- 7 Федосеев, В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш. -М.: Юнити-Дана, 2005.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *управление показателями, управленческий труд, предмет труда, трудовые процессы, трудовые операции*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Давыдов Сергей Анатольевич, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

С.Б. Тастулеков

POSITION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT STATE-PRIVATE PARTNERSHIP IN A TRANSPORT INDUSTRY OF KAZAKHSTAN

Siberian state transport university

S.B. Tastulekov

In the article the prospects of development of SPP are considered as a factor of increase of competitiveness of national economy of Kazakhstan. Recommendations are given on overcoming of situations, hampering realization of projects of SPP in a transport industry of Kazakhstan.

Keywords: state-private partnership, purchases, investors, transport industry, concession projects, effective technologies, financial mechanisms, legislation

Рассмотрены перспективы развития государственно-частного партнерства (ГЧП) как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики Казахстана. Даны рекомендации по преодолению ситуаций, затрудняющих реализацию проектов ГЧП в транспортной отрасли Казахстана.

В Послании Президента Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Казахстанский путь-2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее», являющемся программным документом стратегической важности, четко определены основные пути развития независимого Казахстана. Послание отражает ряд важных задач, среди которых существенное место занимают обеспечение динамичного развития транспорта и транспортной инфраструктуры. «Транспортная инфраструктура – это кровеносная система нашей индустриальной экономики и общества. Я много раз говорил о том, что развитой страны без качественных современных магистралей не бывает» [1].

Таким образом, отечественная экономика нацелена на масштабные инновационные преобразования и, в первую очередь, в транспортной отрасли. В то же время экономическая модернизация Казахстана требует интенсивного освоения новых территорий, создания современных производств, перевооружения основных промышленности, опережающего развития инфраструктуры всех видов. Одним из ключевых факторов, сдерживающих рост экономики Казахстана в настоящее время, является недостаточный уровень развития инфраструктурных отраслей, таких как транспорт, энергетика, коммунальное хозяйство. При этом данные отрасли испытывают острую нехватку инвестиций для реализации необходимых проектов по развитию и модернизации инфраструктурных объектов, а также недостаток эффективных управленческих кадров и технологий работы в рыночных условиях.

Международный опыт показал, что перевод экономики на модернизационный путь развития невозможно совершить с привлечением только государственных ресурсов. Наиболее эффективным способом привлечения инвестиций и технологий в экономику является использование механизма государственно-частного партнерства. Именно ГЧП позволяет максимально ускорить создание новых и модернизацию существующих объектов инфраструктуры, принадлежащих государству, и содействовать развитию экономики в целом [2].

С точки зрения отраслевой структуры в мире доминируют транспортные проекты ГЧП (в первую очередь это строительство и эксплуатация автомобильных и железных дорог).

В Казахстане в настоящее время на стадии реализации находится 3 концессионных проекта в транспортной сфере:

- 1 Строительство и эксплуатация железнодорожной линии «Станция Шар-Усть-Каменогорск»;
- 2 Строительство и эксплуатация пассажирского терминала международного аэропорта г. Актау;
- 3 Строительство и эксплуатация железнодорожной линии «Ералиев-Курык».

На стадии планирования по схеме концессии находятся порядка 15 проектов в транспортной и социальной сферах, с общим объемом предполагаемых инвестиций в строительство более 800 млрд. тенге.

Опыт первых концессионных проектов показал следующий положительный эффект применения механизмов ГЧП:

- привлечение негосударственного финансирования для инвестирования в объекты государственного значения;
- разделение рисков по реализации проекта между государством и частными инвесторами;
- обеспечение экономически эффективного управления реализацией проекта путем передачи управленческих функций частному инвестору;
- привлечение современных, высокоэффективных технологий в развитие инфраструктуры.

Вместе с тем, необходима проработка ряда вопросов, касающихся, с одной стороны - повышения инвестиционной привлекательности, с другой стороны - качества планирования и подготовки концессионных проектов центральными и местными исполнительными органами, таких как: развитие мер государственной поддержки; пересмотр перечня объектов, не подлежащих передаче в концессию; пересмотр правил и подходов формирования тарифов; идентификации, расчета стоимости и распределения рисков в договорах концессии.

Развитие ГЧП, являющегося одним из эффективных инструментов при реализации инфраструктурных проектов за счет привлечения внебюджетного финансирования и качественного их управления частным сектором, становится актуальным в рамках государственной политики Правительства Республики Казахстан.

Для внедрения в практику применения механизма ГЧП необходимо обратить внимание на следующие проблемные вопросы, а также проработать возможные пути их решения:

1 В международной практике взаимоотношения государства и частного сектора при реализации проектов, традиционно относящихся в сферу ответственности государства, закреплены на уровне законодательства стран.

Отсутствие законодательного определения понятия ГЧП приводит к пониманию того, что механизмы ГЧП – это любые договорные и не договорные отношения между государством и частным сектором.

В связи с чем, с целью определения границ применения механизмов ГЧП для реализации общественно значимых проектов, возникает необходимость проработки вопроса по законодательному закреплению понятия ГЧП.

2 Международная практика показывает применимость механизмов ГЧП, как в проектах требующих новое строительство и/или реконструкцию, так и в проектах требующих улучшение эффективности управления.

Вместе с тем, сегодня интерес инвесторов к реализации крупных проектов находится на низком уровне ввиду высокой стоимости хеджирования валютных рисков, что существенно при привлечении займов в валюте, либо вхождении в проект иностранного инвестора. Кроме того, дефицит долгосрочного и проектного заемного финансирования затрудняет реализацию проектов ГЧП. Недостаточно также проектов с сильной экономикой. Автодорожные проекты не получили развития по схеме ГЧП из-за слабой коммерческой привлекательности в связи с низким трафиком, большой протяженностью дороги и низкой платежеспособностью пользователей.

В перспективе развитие ГЧП в Казахстане будет сдерживаться усиливающейся конкуренцией за ресурсы на развивающихся рынках. Следует также учитывать, что международные инвесторы все более тщательно подходят к выбору проектов с учетом страновых рисков и законодательной основы.

Кроме того, сегодня в транспортной отрасли Казахстана существуют определенные законодательные и институциональные факторы, затрудняющие реализацию проектов ГЧП:

- ограниченность финансовых механизмов для равномерного распределения рисков в ГЧП проектах. Это отсутствие механизмов для гарантированного возврата инвестиций и обеспечения доходности инвестора, нестабильность тарифообразования в сфере естественных монополий и неустойчивость денежных поступлений при оказании услуг в проектах ГЧП;
- отсутствие в законодательстве других видов контрактов ГЧП, что затрудняет привлечение инвестиций в транспортную сферу;
- длительность и сложность процедур планирования и подготовки проектов в транспортной отрасли делают проекты ГЧП непривлекательными как для инвесторов, так и государственных органов, особенно на региональном уровне;
- несовершенство институтов поддержки ГЧП тормозит практическую реализацию проектов ГЧП в транспортной сфере.

В целях реализации Указа Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года №958 «О Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2011-2015 годы» Правительство Республики Казахстан 29 июня 2011 года утвердило «Программу по развитию государственно-частного партнерства в Республике Казахстан на 2011-2015 годы». Программа определяет круг важных задач, требующих решений для развития механизмов ГЧП в отраслях традиционной ответственности государства. В Программе представлены меры, направленные на создание необходимых условий для повышения инвестиционной привлекательности проектов, реализуемых с использованием механизма ГЧП [3].

Преодоление вышеназванных трудностей в перспективе возможно на основе решения следующих задач:

– Повысить привлекательность ГЧП проектов. Для повышения привлекательности ГЧП проектов, по поручению Главы государства, в этом году был принят Закон о проекте финансирования, который защищает права кредиторов и позволяет заимствоваться под будущие денежные потоки по проекту, в отличие от традиционного подхода – под твердые залоги или гарантии.

– Внедрить наряду с существующим механизмом «Плата с потребителей» новый механизм «Плата за доступность», предусматривающий, что концессионер обеспечивает строительство и эксплуатацию объекта, при этом концессионер не взимает плату с потребителей, либо взимаемая плата направляется в бюджет. При этом государство обеспечивает концессионеру возмещение инвестиционных, эксплуатационных затрат и вознаграждения за управление путем равномерных выплат. Это позволит оптимизировать расходы госбюджета, равномерно распределяя нагрузку на долгосрочный период. В отличие от традиционных госзакупок, инвестор будет нести финансовую ответственность за качественное строительство и долгосрочное содержание объекта ГЧП. «Плата за доступность» будет применяться на проектах строительства и эксплуатации автодорог с низким уровнем трафика, где окупаемость проекта не обеспечивается.

– Изменить размер участия инвесторов в проектах ГЧП с фиксированных 20% до не менее 10% от стоимости проекта с целью расширения круга участников.

– Закрепить порядок формирования тарифа в контрактах для обеспечения стабильности тарифного регулирования в сфере естественных монополий, что даст финансовую устойчивость проектам на долгосрочный период.

– Предусмотреть внедрение новых видов контрактов ГЧП. Отметим, что в соответствии с Законом «О концессиях», принятым в 2006 году, в Казахстане применяется только концессия по механизму «ВТО». Другие модели, применяемые в международной практике и позволяющие шире привлекать частный сектор в проекты ГЧП, в казахстанском законодательстве не предусмотрены.

– Совершенствовать процедуры подготовки ГЧП проектов. Для повышения качества отбора концессионеров, сокращения сроков подготовки проектов привести конкурсные процедуры в соответствие с международной практикой. Для сложных проектов отбор инвестора проводить по принципу предварительной квалификации, основанной на опыте компании, и применения двухэтапного конкурса. То есть на первом этапе отбираются лучшие проектные решения с проведением госэкспертизы и на втором – лучшее финансовое решение.

В целом, вышеназванные инициативы учтены в разработанном законопроекте по внесению изменений в Закон о концессиях и другие законодательные акты в соответствии с пунктом 45 Общенационального плана мероприятий по реализации Послания Президента народу Казахстана от 27 января 2012 года.

Выводы: В перспективе развитие ГЧП должно снизить нагрузку на бюджет, обеспечить привлечение частного сектора в транспортную отрасль. Закон «О концессиях» станет базовым законом, регулирующим государственно-частное партнерство в Казахстане. Впервые на законодательном уровне будет закреплено понятие «государственно-частное партнерство», соответствующее международной практике, вводятся новшества и устраняются отдельные коллизии в законодательстве, мешающие реализации ГЧП проектов.

В результате для отечественных инвесторов участие в проектах ГЧП станет альтернативой ежегодным государственным закупкам. Обеспечивая долгосрочный бизнес, а для государства – развитие сектора услуг.

Решение в ближайшей перспективе вышеназванных проблем действующих концессионных проектов придаст новый импульс развитию ГЧП в Казахстане, а также стимулирует

экономическое развитие страны через возможности инноваций, прямых инвестиций, эффективных технологий ГЧП проектов, как на отраслевом, так и региональном уровне.

В целом перспективы развития государственно-частного партнерства в Республике Казахстан как фактора повышения конкурентоспособности национальной экономики предусматривают:

- совершенствование законодательства по вопросам ГЧП;
- обеспечение подготовки и повышения квалификации государственных служащих;
- установление критериев эффективности реализации проекта через качество предоставления услуг населению;
- изменение подхода к планированию реализации бюджетных инвестиций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *государственно-частное партнерство, закупки, инвесторы, транспортная отрасль, концессионные проекты, эффективные технологии, финансовые механизмы, законодательство*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Тастулеков Серикжан Бахытжанович, канд. экон. наук, докторант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ

Министерство регионального развития Российской Федерации по Новосибирской области

И.А. Колпаков

METHODS AND TECHNIQUES OF OPTIMIZATION OF PRODUCTION CONTROL BUSINESS PROCESSES IN A TRANSPORT COMPANY

Ministry of Regional Development of the Russian Federation in the Novosibirsk region
I.A. Kolpakov

Among the theoretical issues, the development of which is in the center of attention of scientists from various scientific disciplines, a great place is the problem of production control business processes in the conditions of scientific-technical progress. Currently, due to increased competition, increasing consumer demands for quality characteristics of products and transport services you need to keep track of all market trends, to respond to them, to save all kinds of resources, from the material to the time.

Keywords: modeling of processes, management, transport company, production and business processes

Среди теоретических проблем, разработка которых находится в центре внимания ученых различных научных специальностей, большое место занимает проблема управления производственными бизнес-процессами в условиях научно – технического прогресса. В настоящее время в связи с ужесточением конкуренции, ростом требований потребителей к качественным характеристикам продуктов и транспортных услуг появляется необходимость отслеживать все тенденции рынка, своевременно реагировать на них, экономить все виды ресурсов, от материальных до временных. Это определяется важнейшей ролью не только взаимодействия труда и капитала в процессе производства, но и влиянием ускорения научно-технического прогресса на характер и содержание условий производства.

Теория управления общественным производством в своем арсенале имеет достаточное множество методов и задач для практического применения к модернизации и совершенствованию управления. Такое теоретическое наследие позволяет получить ту структуру, деятельность которой направлена на постоянное улучшение качества конечного продукта и удовлетворение клиента [1]. Такой подход основывается на различных теоретических понятиях и определениях.

Например, использование процессного подхода имеет следующие преимущества:

- повышение ориентации на конечный продукт, заинтересованности каждого конкретного исполнителя в повышении качества конечного продукта и заинтересованность в качественном выполнении своей работы;
- снижение нагрузки на руководителей, так как ответственность распределяется между владельцами процессов;
- высокая гибкость и адаптивность системы управления, обусловленные большей саморегулируемостью системы и естественной ориентацией на потребителя;
- высокая динамичность системы и ее внутренних процессов, обусловленная сильной вертикальной интеграцией ресурсных потоков и всеобщей заинтересованности в повышении скорости обмена ресурсами;

- снижение значимости и силы действия бюрократического механизма, емкого на временные и финансовые ресурсы;
- прозрачность и понятность системы управления, а тем же упрощение процедур координации, организации и контроля;
- возможность глубокой комплексной автоматизации.

Все эти преимущества перешли в последнее время в разряд необходимых для ведения эффективной конкурентной борьбы.

Вместе с тем существует непосредственная зависимость: любое усовершенствование техники не дает желаемого эффекта, если не созданы надлежащие условия ее эксплуатации. Таким образом, на эффективность деятельности транспортных центров и кластеров влияет не просто набор самостоятельно действующих производственных факторов, а единая производственная цепочка (цепочка ценности), в которой всегда есть необходимость совершенствования организации производства, организации труда и его оплаты, повышения квалификации персонала, которая в конечном счете предопределяется уровнем технического и технологического оснащения [2, 3].

Среди теоретических проблем, разработка которых находится в центре внимания ученых различных научных специальностей, большое место занимает проблема управления производственными бизнес-процессами в условиях научно-технического прогресса. Это определяется важнейшей ролью не только взаимодействия труда и капитала в процессе производства, но и влиянием ускорения научно-технического прогресса на характер и содержание условий производства.

В рамках применяемого инструментария имеется возможность определить требования к системе управления производственным процессом на основании следующих методов:

- метод «горизонтальной оптимизации» процессов – метод оптимизации бизнес-процессов, при котором происходит устранение неэффективных процедур процесса, итерационных согласований на одном уровне иерархии, сокращение времени выполнения процедур, количества шагов бизнес-процессов, повышение эффективности бизнес-процесса;
- метод «вертикальной интеграции» – метод оптимизации бизнес-процессов, при котором происходит сокращение уровней функциональной иерархии, задействованных в выполнении процедур процесса и принятии решений;
- метода имитационного моделирования – метод, позволяющий в рамках динамической компьютерной модели представить то, как функционирует производственный процесс и задействованные ресурсы, а также оценить работу или простой транспортных средств, время ожидания под погрузочно-разгрузочными операциями, выявить узкие места отдельного технологического или производственного процесса в целом [3, 4].

На самом верхнем уровне описываются наиболее сложные функции, представляющие собой бизнес-процесс или процедуру. Детализация функций образует иерархическую структуру их описаний. В настоящее время многие предприятия придерживаются классического функционально-ориентированного подхода к управлению организацией. Процессный подход основан на использовании иерархической организационной структуры производства.

В этом случае организация и управление деятельностью осуществляется по структурным элементам (таблица), а взаимодействие структурных элементов – через должностных лиц и структурные подразделения более высокого уровня. Такая организация управления базируется на принципе последовательного выполнения трудовых операций, то есть трудовая задача делится на отдельные операции, и каждый работник специализируется на выполнении одной операции.

В настоящее время в связи с ужесточением конкуренции, ростом требований потребителей к качественным характеристикам продуктов и транспортных услуг появляется необходимость отслеживать все тенденции рынка, своевременно реагировать на них, экономить все виды ресурсов, от материальных до временных. В связи с этим значительно увеличился объем обрабатываемой информации, и как следствие значительно выросли требования к качеству ее обработки, а именно к таким характеристикам как скорость, своевременность, актуальность, достоверность.

Соответственно из-за своих недостатков, таких как:

- ориентация руководителей на увеличение численности персонала и усложнение организационной структуры;
- узкая специализация отдельных сотрудников и подразделений;
- слабое делегирование полномочий и ответственности, усложнение системы согласо-

ваний;

– снижение эффективности ориентации деятельности подразделений на конечный результат;

Таблица – Описание объектов процессного подхода

Наименование	Детализация и описание объекта	П Обозначение
Функция	Объект «Функция» служит для описания функций (процедур, работ), выполняемых подразделениями/сотрудниками предприятия	«Функция»
Событие	Объект «Событие» служит для описания реальных состояний системы, влияющих и управляющих выполнением функций	«Событие»
Местоположение	Физическое местонахождение организационных единиц	Местоположение
Организационная единица	Объект, отражающий различные организационные звенья предприятия	Организационная единица
Штатный сотрудник	Отдельный служащий компании, может быть связан с организационными единицами и функциями.	Штатный сотрудник
Носитель информации	Носители информации: картотеки, документы, письма, электронная почта, Интернет	Документы, письма, электронная почта
Кластер	Логический взгляд на набор объектов, что требуется для описания сложных объектов	Кластер
Ключевой показатель результативности	Показатель эффективности процесса является мерой измерения степени достижения цели.	Время простоя транспортного средства
Цель	Выполнение выделенного состава функций с учетом критических факторов успеха.	Цель
Тип прикладной системы	Обобщение совокупности систем, имеющих одинаковое предназначение и схожие технические характеристики	Тип прикладной системы
Прикладная система	Информационная система	Прикладная система
Модуль системы	Независимо исполняемая часть прикладной системы	Модуль
Продукт	Результат человеческих действий или технологического процесса.	Продукт

Задачи управления бизнес-процессами связаны с пониманием того, как процессы устроены и как они работают, то есть с необходимостью их описания. Документирование бизнес-процессов – это обязательный этап любого проекта по настройке и оптимизации бизнес-процессов. Также часто потребности транспортного предприятия связаны не только с описанием процессов, но и с последующим анализом и оптимизацией, то есть возникает необходимость моделирования процессов [5, 6].

Моделирование процессов – это документирование, анализ и разработка структуры бизнес-процессов, их взаимосвязей с ресурсами, необходимыми для выполнения процессов, и среды, где процессы будут использованы.

Бизнес-моделирование – анализ и оптимизация производственной деятельности структурного подразделения или отдельных ее направлений, целей и задач, механизмов и ресурсов, используемых для их достижения.

Выше обозначенные модели в организации бизнеса:

- вводят достоверность и обоснованность;
- интегрируют процессы, информационные системы в единую информационную;
- позволяют выявить и проанализировать взаимосвязи;
- создают основу для своевременной оптимизации процессов.

Процесс бизнес-моделирования охватывает несколько этапов, содержание которых может варьироваться в зависимости от конкретного проекта. Поэтому определение целей проекта является начальным и ключевым этапом бизнес-моделирования, причем утверждение целей должно исходить от высшего руководства организации и зачастую может быть связано со стратегией развития всего предприятия [1, 6]. Необходимо рассмотреть стратегические цели компании и понять, как связаны основные показатели процессов со стратегией.

Организационный уровень – включает модели, описывающие иерархическую структуру системы - иерархию организационных подразделений, должностей, полномочий конкретных

лиц, многообразие связей между ними, а также территориальную привязку структурных подразделений.

Функциональный уровень – содержит модели, описывающие функции (процессы, операции), выполняемые в организации.

Уровень исходных данных – содержит базы данных, отражающие структуру информации, необходимой для реализации всей совокупности функций системы.

На рисунке представлена укрупненная авторская схема бизнес-моделирования процессов производства, описывающая этапы моделирования процессов «как есть» (то есть оптимизированных или действующих процессов), а также заключительные этапы, определяющие результаты моделирования. Данные этапы моделирования реализуются по двум направлениям: в направлении «горизонтальной оптимизации» и «вертикальной интеграции» процессов технического обслуживания и ремонта транспортных средств.



Рисунок – Блок-схема моделирования производственных процессов

Необходимость всестороннего описания сложной структуры бизнес-процессов организаций, то есть бизнес-моделирования, обуславливает выбор системной методологии управления производственными бизнес-процессами по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств и повышения их эффективного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Акофф, Р. Планирование будущего корпорации: пер. с англ. / Р. Акофф. -М.: Прогресс, 1985. -328 с.
- 2 Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия: пер. с англ. / И. Ансофф. -СПб.: Питер, 1999. -416 с.
- 3 Карлоф, Б. Деловая стратегия: пер. с англ. / Б. Карлоф; науч. ред. и авт. послесл. В.А. Приписнов. -М.: Экономика, 1991. -239 с.
- 4 Каплан, Р.С. Стратегическое единство: создание синергии организации с помощью сбалансированной системы показателей / Р.С. Каплан, Д. Нортон. -Киев: Вильямс, 2006.
- 5 Томпсон, А.А. Стратегический менеджмент: пер. с англ. / А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикланд. -М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1998. -576 с.
- 6 Уотермен, Р. Фактор обновления. Как сохраняют конкурентоспособность лучшие компании: пер. с англ. / Р. Уотермен. -М.: Прогресс, 1988. -364 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *моделирование процессов, управление, транспортная компания, производственные бизнес-процессы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Колпаков Иван Александрович, помощник руководителя Министерство регионального развития РФ по НСО*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630132, г.Новосибирск, ул.Салтыкова-Щедрина, 128, Министерство регионального развития РФ по НСО*

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКОМОТИВНО-РЕМОНТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЛДИНГА «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»

ОАО «Российские железные дороги»

П.Н. Рубежанский**METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE LOCOMOTIVE MAINTENANCE ACTIVITIES OF THE HOLDING COMPANY «RUSSIAN RAILWAYS»**
Russian Railways
P.N. Rubezhansky

The presence of structural units economically and scientifically sound regulatory costs to repair activities aimed at their minimization and cost reduction in the costs of the company «Russian Railways» in General. Presents methods tested in real production conditions and positive.

Keywords: the locomotive maintenance activities, rating, repair of rolling stock, model management

Основная повышения эффективности ремонтной деятельности методом рейтинговой оценки – это достоверное, объективное, комплексное информационное обеспечение Центральной Дирекции тяги по ремонту тягового подвижного состава о результатах деятельности филиалов и структурных подразделений дирекции для всестороннего анализа причин, ошибок или отклонений от целевых ориентиров и выработки своевременного и обоснованного механизма их исправления. Наличие в структурных подразделениях экономически и научно обоснованной нормативной базы затрат на организацию ремонтной деятельности должна быть нацелена на их минимизацию и снижение издержек в расходах компании «РЖД» в целом. Представленные методы апробированы в условиях реального производства и дали положительный результат.

В целях развития и повышения эффективности производственной деятельности локомотиворемонтного комплекса «РЖД», предусмотренного «Программой развития железнодорожного транспорта на период до 2015 г.» автором предлагается два наиболее эффективных методических подхода.

1 Применение рейтинговых оценок в мировой экономической практике является обязательным условием эффективности экономики как системы и представляет наличие развитой информационной инфраструктуры. При этом, управление информацией в широком смысле понимается как некоторый механизм «упорядочивания, установления взаимосвязей, определения направления развития конкретного предприятия в реальном времени.

2 Предусматривает создание эффективных систем управления бизнес-процессами с акцентом на использование качественной рабочей силы, обладающей более высокими способностями и повышенной мотивацией к решению проблемных задач, стоящих перед локомотиворемонтным комплексом компании «РЖД».

В научно-экономической литературе «рейтинговая оценка» и «рейтинг» зачастую используются как синонимы, что не соответствует действительности. На наш взгляд, необходимо четко разграничивать эти понятия, соотношение между которыми определяется обязательным условием «процесс-результат»[1].

Под рейтинговой оценкой следует понимать сравнительную оценку деятельности филиалов и структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД» за некоторый фиксированный промежуток времени (квартал, полугодие, год) по ряду ключевых показателей, определяющие цели и задачи деятельности Центральной Дирекции тяги в целом.

Под «рейтингом» следует понимать цифровой или условный показатель(условная единица), присвоенный структурному подразделению филиала, филиалу ОАО «РЖД» по методике, позволяющей определить результаты его деятельности в целом относительно других подразделений в определенном временном периоде.

Объектами рейтинговой оценки являются хозяйствующие объекты, выпускающие однотипную (или близкую к однотипной) продукцию или услуги, в результате чего возможно проанализировать эффективность самого процесса производства потребительских ценностей и выявить наиболее успешно работающие структурные подразделения и филиалы.

Результативность рейтинга как способа управления объектом зависит от того, насколько научно обоснованной является методика оценки состояния объекта (в конкретном случае – деятельность ремонтных локомотивных депо), образованная установленной центральной дирекцией тяги по ремонту (ЦДТР) системой ключевых показателей [2].

В зависимости от характера деятельности для оценки результатов деятельности под-

разделения могут использоваться различные показатели. Это выдвигает требование четкого соответствия анализируемых показателей деятельности подразделения как объекта оценки по установленным целям и задачам производства.

Большинство уже применяющихся на практике методов рейтинговой оценки деятельности подразделений железных дорог и филиалов предусматривает определение рейтинга на основе расчета интегрального показателя с использованием методов многомерного анализа. Разработка обобщающего показателя сопряжена с трудностями методологического характера, что предъявляет ряд требований к набору показателей, необходимых для его расчета.

Следовательно, показатели, включаемые в итоговую формулу рейтинга должны обладать рядом свойств, к которым относятся:

- полнота, действенность, избыточность, минимальная размерность;
- показатели должны быть соизмеримы;
- показатели не должны быть взаимосвязаны.

В системе оценки эффективности управления деятельностью структурных подразделений по ремонту тягового подвижного состава в качестве комплексной оценки может использоваться интегрированный показатель эффективности работы локомотивных депо, региональных дирекций и ЦДТР в целом [3, 4].

Поскольку по своей природе хозяйственное регулирование предполагает возможность осуществления оптимального управления объектом с учетом обратных связей, которые действуют через получение достоверной информации о поведении объекта в реальных, изменяющихся условиях, использование рейтинговой оценки (рейтинга) в качестве инструмента хозяйственного регулирования является не только обоснованным, но и необходимым.

Процедура определения рейтинга структурных подразделений Центральной дирекции по ремонту тягового подвижного состава представляет собой совокупность организационных подходов и специальных приемов (методов), применяемых для обработки экономической информации с целью определения комплексной интегральной оценки их деятельности и последующего ранжирования структурных подразделений в общей системе локомотивного ремонтного комплекса ОАО «РЖД».

Основные различия современных методов рейтинговой оценки заключаются в следующем:

- различный способ перевода количественных значений оценочных показателей в относительные величины;
- различный способ учета неравнозначности частных оценочных показателей с точки зрения вклада в интегральную оценку (определение весовых коэффициентов).

Следует понимать, что результаты расчетов для одной и той же системы объектов, полученные с использованием разных методов, не будут совпадать и ранжирование мест объектов в системе не будет идентично. Задача выбора метода рейтинговой оценки состоит в выборе таких оптимальных приемов и методов агрегирования информации о множестве разноплановых характеристик деятельности объектов системы, которые позволят получить наиболее объективный и достоверный интегральный результат с учетом специфических особенностей и условий деятельности исследуемой системы [2, 5]. При разработке предлагаемой методики определения рейтинга структурных подразделений Центральной дирекции по ремонту тягового подвижного состава предлагается научно-обоснованный способ расчета итогового интегрального показателя, позволяющий решить следующие проблемы:

- наиболее точное соответствие абсолютных значений оценочных показателей их нормированным значениям (качественным аналогам);
- определение объективной значимости каждого оценочного показателя на данном этапе функционирования объектов системы;
- определение интегральных (системных) качеств исследуемых объектов;
- возможность формулирования выводов и разработки мер воздействия со стороны управляющего органа системы на деятельность ее объектов.

Комплексным показателем оценки деятельности структурных подразделений ЦДТР является рейтинг (интегральное качество)

$$R_i = \sum_{j=1}^n k_{ij} p_j ; (i = \overline{1, m}),$$

где R_i – рейтинг i -ого структурного подразделения;

- k_{ij} – качественная оценка i -ого структурного подразделения по j -му оценочному показателю;
- n – количество оценочных показателей деятельности структурных подразделений, принятых для расчета рейтинга;
- m – количество объектов системы (структурных подразделений);
- p_j – «коэффициент значимости» каждого показателя на данном этапе функционирования системы.



Рисунок 1 – Проблемные области локомотивного комплекса «РЖД» и способы их решения

Чем больше разброс в значениях показателя, тем больше он неупорядочен. Эта неупорядоченность тормозит достижение цели, поставленной ЦДТР (системой). Любая система объектов стабильна только в том случае, когда стабилен каждый показатель, характеризующий деятельность объектов этой системы. Принципиальный подход к использованию второго метода к решению обозначенных проблем состоит из следующих направлений, а именно:

- оптимизировать основные процессы непосредственно связанные с эксплуатацией локомотивов и диагностики в процессе эксплуатации ресурсных параметров работы силовых установок локомотивов и вспомогательных узлов;
- повысить эффективность вспомогательных процессов, непосредственно не участвующих в производстве основного продукта, но добавляющие основному продукту экономическую ценность;
- оптимизировать процессы управления организацией локомотиво-ремонтной деятельности, связанные с принятием решений, результатом которых является деятельность всех филиалов и структурных подразделений ЦДТР.

Главные проблемные функции локомотивного комплекса (рисунок 1 и таблица) в обеспечении перевозочного процесса, которые сгруппированы в три основные группы:

- дефицит ремонтпригодного локомотивного парка на предъявленные объёмы перевозок и его материальный износ (старение);
- низкий уровень технической надёжности локомотивов в эксплуатации;
- высокий уровень издержек на рабочую силу и ремонт.

Отметим, что меры по продлению срока службы локомотивов с предельно допустимой нормой износа за счет их частичной модернизации не решают проблему дефицита рабочего парка.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица – Расчет оптимизированного бюджета затрат по видам ремонта

Виды ремонта		Удельный вес, %		Затраты, млрд. руб	
Существующие	Предлагаемые	Существующие	Предлагаемые	Существующие	Предлагаемые
Техническое обслуживание	Техническое обслуживание	15,2	15,6	26,79	23,85
Текущие ремонты	Текущие ремонты	48,5	36,1	86,51	55,19
Средние ремонты	–	19,7	–	34,19	–
–	Деповские (средние)	–	7,6	–	11,62
Капитальные ремонты	Капитальные ремонты	16,6	40,7	28,81	66,23
Итого		100,0	100,0	176,3	152,9

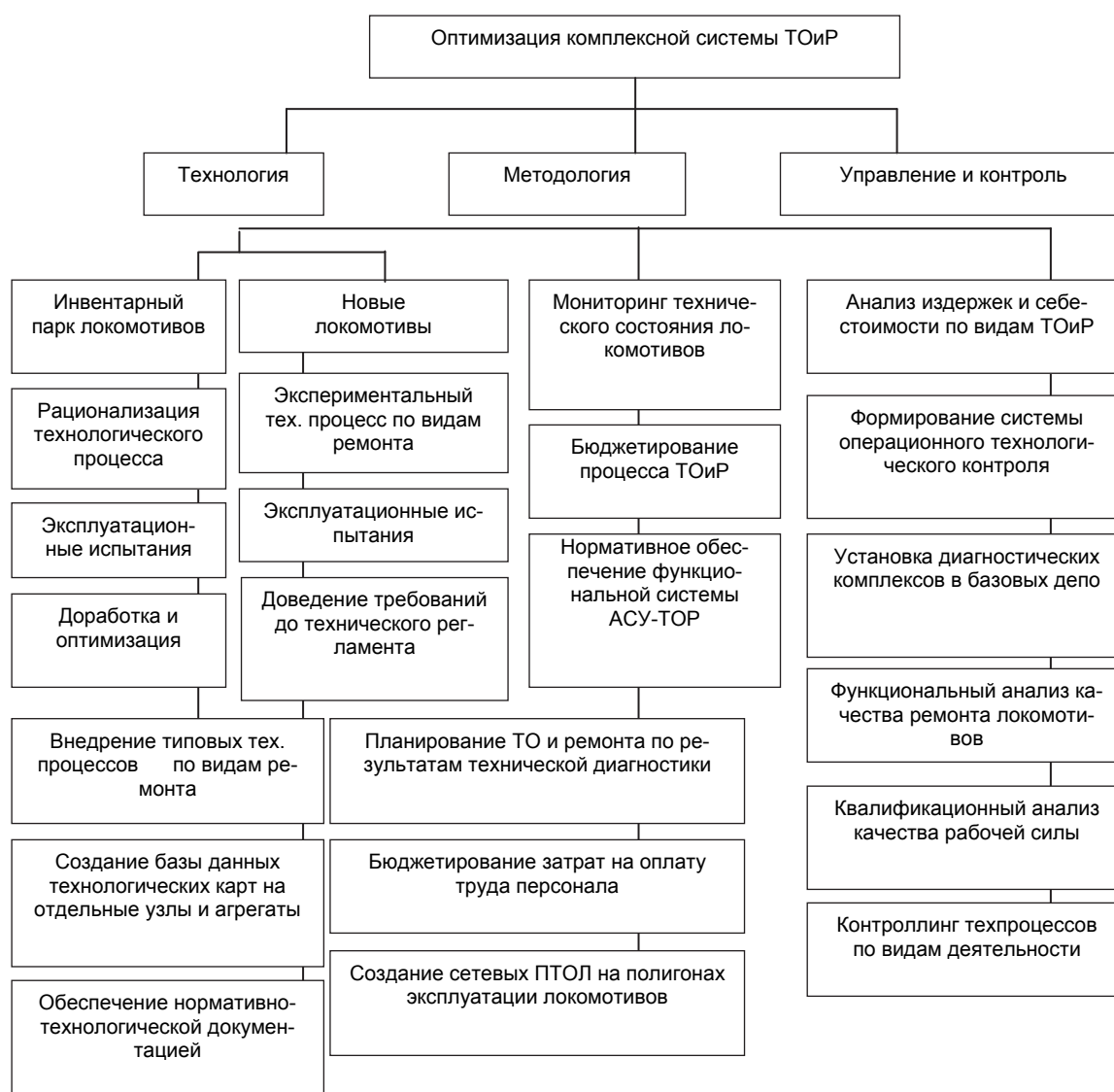


Рисунок 2 – Формализованная трехуровневая модель управления затратами при плановых видах ТОиР

– снижение уровня издержек на содержание и ремонт локомотивного парка не осуществляется на научной основе (целевой функции и процессного подхода) к оптимизации ремонтных мощностей ремонтных депо. Расчёт производился на период 15-летней эксплуатации, приближённо к «этапу эксплуатации» в жизненном цикле локомотива. Расчетное сокращение затрат на техническое содержание эксплуатируемого парка электровозов ВЛ80 за

15 лет эксплуатации при реализации модели СТОР УТС составило 20,6 млрд. рублей.

Новая модель управления локомотиворемонтным производством (рисунок 2) базируется на преваливании в структуре затрат доли заводских ремонтов, в то время как при существующей системе ремонта основную долю – 48,5% занимают затраты на текущие ремонты [4, 6]. В целом, без учёта ТО, структура затрат для депоовских ремонтов составляет 59,3%, а заводских 40,7 (без учета неплановых ремонтов и ТО).

Возможно дальнейшее осложнение экономической ситуации в регионах функционирования железнодорожной компании «РЖД» стимулируют топ-менеджмент компании на поиски путей сокращения затрат па производство и издержек на персонал. Практика управления персоналом обуславливает, чтобы его мотивация была более тесно связана со стратегией бизнеса. Поэтому мотивирующая система должна иметь креативный характер и ставить своей конечной целью повышение результативности перевозочного процесса компании «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Апенько, С.Н. Поведение в организации: учеб. пособие / С.Н. Апенько. -Омск: Омск. гос. ун-т, 2002. -331 с.
- 2 Апенько, С. Эффективность системы оценки персонала / С. Апенько // Человек и труд. -2003. -№10. -С. 73-75.
- 3 Друкер, П.Ф. Управление, нацеленное на результаты: пер. с англ. / П.Ф. Друкер. -М.: Вильямс, 2001. -127 с.
- 4 Рой, О.М. Теория управления: учеб. пособие / О.М. Рой. -СПб.: Питер, 2008. -256 с.
- 5 Рубежанский, П.Н. Системная методология компенсации результативности труда работников транспорта: монография / П.Н. Рубежанский. -Новосибирск: Сиб. гос. универ. путей сообщения, 2008. -175 с.
- 6 Рубежанский, П.Н. Фактор управления производственными системами / П.Н. Рубежанский // Железнодорожный транспорт Казахстана. -Алматы, 2007. -С. 132-138.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *локомотиво-ремонтная деятельность, рейтинговая оценка, ремонт тягового подвижного состава, модель управления*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Рубежанский Петр Николаевич, канд. экон. наук, советник президента ОАО «РЖД»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *129090, г.Москва, ул.Каланчевская, 35, ОАО «РЖД»*

ЗАЩИТА ЗОНЫ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

С.А. Казакова, Т.Т. Каверзнева, А.Г. Овсянников

THE PROTECTION OF LIVE WORKING PLACE ON EHV OVERHEAD LINES
Novosibirsk state technical university
Saint Petersburg state polytechnical university
S.A. Kazakova, T.T. Kaverzneva, A.G. Ovsyannikov

Live working (LW) is possible if the minimum approaching distances are in working place. This requirement provides the safety of LW excluding flashover of insulating gaps under the switching overvoltage impact. In some cases it is impossible to provide required gaps in LW zone. In order to protect it against possible flashover the special arresters were designed. Their effect on overvoltage magnitude was checked in calculations.

Keywords: overhead power lines, performance of repair works under voltage, switching overvoltages, surge arresters

Производство ремонтных работ под напряжением возможно, если изоляционные промежутки в зоне ПРН превышают минимальные допустимые значения. Это требование обеспечивает безопасность ПРН, исключая перекрытия изоляции в зоне ПРН при возможных перенапряжениях. В некоторых случаях изоляционные промежутки оказываются меньше допустимых. Чтобы защитить их от перекрытия, были разработаны специальные ограничители перенапряжений. Эффект от их установки проверен расчётами коммутационных перенапряжений.

Межсистемные связи энергосистем осуществляются с помощью воздушных линий электропередачи (ВЛ) классов напряжения 220-750 кВ. Высокие требования к надёжности межсистемных ВЛ и экономические потери при плановых и случайных отключениях диктуют необходимость обслуживания и ремонта этих линий под напряжением. Производство ремонтных работ под напряжением (ПРН) практикуется уже в течение десятков лет, в том числе в России. Технологии ПРН на ВЛ сверхвысокого напряжения 220-750 кВ проводятся по схеме «провод-человек-изоляция-земля», то есть работы проводятся с непосредственным касанием провода или других элементов ВЛ, находящихся под напряжением. Существующие технологии ПРН [1] принципиально различаются способами доставки верхового электромонтёра на потенциал провода. В России преимущественное распространение получил «метод маятника», согласно которому сиденье с сидящим в нём электромонтёром, подтягивают от стойки опоры к проводу с помощью изолирующих канатов наземные члены бригады. Конечно же, главной в ПРН является проблема обеспечения безопасности персонала. В ней кроме общих правил охраны труда [2, 3] выделяют несколько вопросов.

Первый вопрос – разработка надёжных инструментов и оснастки, особенно изолирующих, а также специальная профессиональная подготовка персонала. Надёжность изолирующих приспособлений обеспечивают выбором минимальных длин изолирующих частей и ограничениями на погодные условия, а также проверками изолирующей способности и других характеристик в ходе приёмосдаточных заводских и периодических эксплуатационных испытаний. Подготовка персонала ведётся в учебных центрах и передовых предприятиях отрасли.

Второй вопрос связан с защитой персонала от воздействия опасных и вредных факторов окружающей среды: электрических и магнитных полей промышленной частоты. Вредное воздействие электрических полей на человека практически полностью устраняют с помощью индивидуальных экранирующих комплектов [4]. Влияние магнитного поля и вредных продуктов коронных разрядов (озона, окислов азота и аэроионов) снижают ограничением времени пребывания ремонтников в зонах с повышенной напряжённостью магнитного поля в соответствии с санитарно-эпидемиологическими нормами [5].

Третий вопрос связан с исключением перекрытий воздушных промежутков в зоне ПРН и изоляции ремонтируемой линии при коммутационных или других перенапряжениях, амплитуда которых превышает электрическую прочность промежутков в зоне ПРН. Дело в том, что при транспортировке ремонтника к проводу и в дальнейшей его работе на потенциале имеет место сокращение воздушных изоляционных промежутков, что снижает электрическую

прочность зоны ПРН по сравнению с исходной и требует тщательной оценки уровня электробезопасности ПРН с учётом возможных перенапряжений. Указанную проблему решают выбором минимальных изоляционных расстояний в зоне ПРН, значения которых нормируются в [6]. Для рассматриваемых в данной статье ВЛ классов напряжения 220 и 500 кВ эти расстояния составляют 1,9 и 3,3 м, соответственно. Заметим, что приведённые значения немного меньше указанных в [2] допустимых расстояний до токоведущих частей в 2,0 и 3,5 м, что сделано с учётом профессионального мастерства и ограниченного времени пребывания верховых электромонтёров на потенциале.

Для ВЛ 220 кВ «проблемными» в организации ПРН являются опоры ПБ220-1, ПБ220-3, ПБ220-4 и некоторые другие конструкции, показанные на рисунке 1.

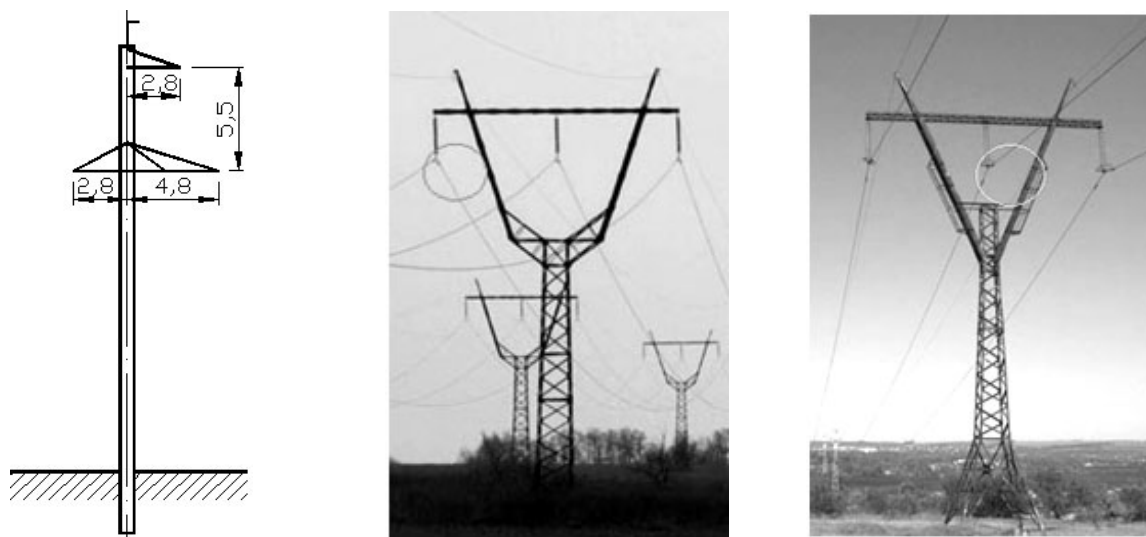


Рисунок 1 – Эскизы и внешний вид «проблемных» опор воздушных линий электропередачи 220 кВ

Как видно из эскиза опоры ПБ 220-1, расстояние между верхней и нижней траверсами составляет 5,5 м. Если из этого расстояния вычесть длину гирлянды изоляторов (2,4 м) и рост человека (1,8 м), то получим расстояние между головой человека, работающего на нижней траверсе и верхним проводом 1,3 м, что меньше допустимого значения. На других опорах ВЛ 220 кВ зоны с недостаточными воздушными промежутками очерчены окружностями.

На опорах ПБ 500-1, ПБ 500-3 и ПВС-500 ВЛ 500 кВ не соответствуют допустимым воздушные промежутки между проводом средней фазы и ветровыми связями (рисунок 2). Поэтому на время ПРН ветровые связи отсоединяются в нижних точках крепления и вытягиваются вдоль стоек опор [1].

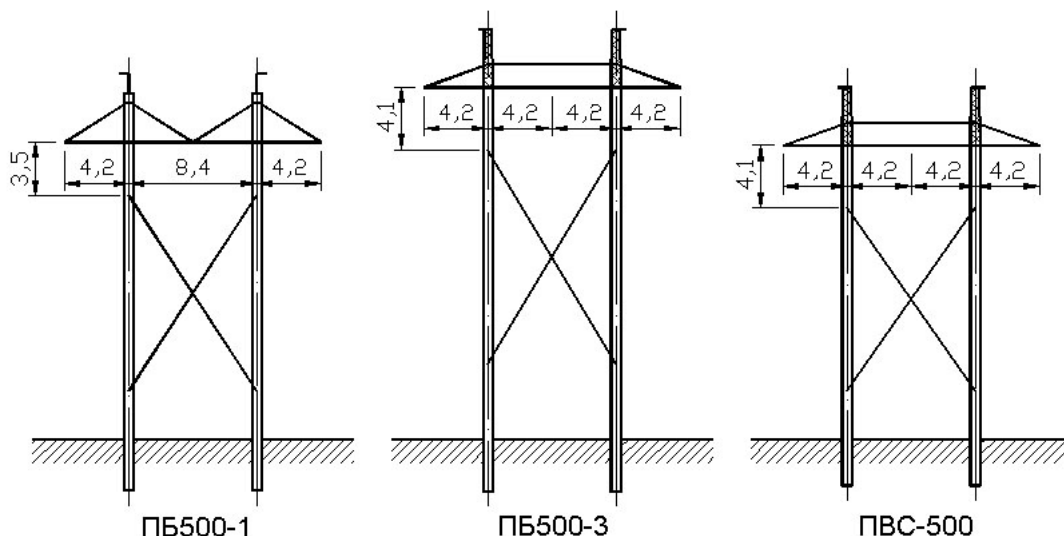


Рисунок 2 – Эскизы «проблемных» опор воздушных линий 500 кВ

Ещё труднее или вообще невозможно организовать ремонт под напряжением ВЛ компактного исполнения со сближенными друг к другу фазными проводами и минимальными воздушными промежутками между проводами и опорой (рисунок 3). Подобные линии повышенной пропускной способности уже построены в Швеции (400 кВ) и в Китае (500 кВ). Можно уверенно прогнозировать, что строительство подобных линий будет с каждым годом расти.

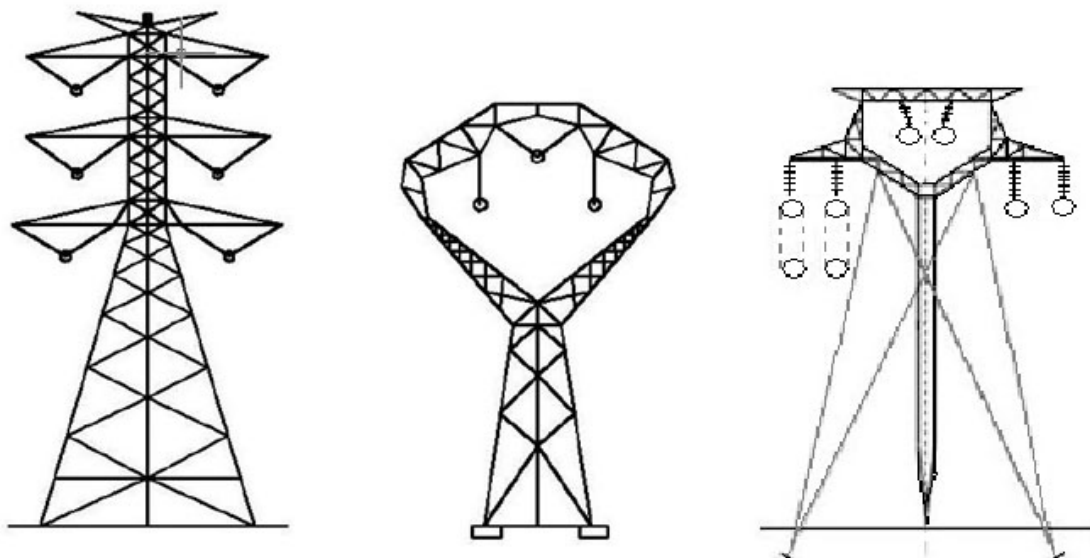


Рисунок 3 – Эскизы промежуточных опор компактных воздушных линий

Представляется очевидным, что для ПРН в стеснённых условиях необходимо ограничивать амплитуды возможных коммутационных перенапряжений. Ранее предлагалось использовать для этой цели защитные искровые промежутки [7]. В новой редакции стандарта МЭК [8] отмечается, что для ограничения перенапряжений применение ОПН предпочтительнее, т.к. их срабатывание не вызывает замыкания на землю и последующего отключения ВЛ.

Нами совместно со специалистами ЗАО «Феникс-88» были разработаны ограничители перенапряжений ОПН-ПРН, которые можно применять для защиты персонала в зоне ПРН при невозможности обеспечения минимальных изоляционных расстояниях. Сведения о конструкциях и характеристиках аппаратов приведены в [9].

Расчёты перенапряжений. Для определения возможных уровней перенапряжений, возникающих на ВЛ, в том числе ограниченных с помощью защитных аппаратов ОПН-ПРН были проведены расчёты в программах МАЭС [10]. В них синтез расчётной модели для анализа коммутационных перенапряжений проводился с применением простейшей модели ВЛ, предложенной Л. Бергероном ещё в первой половине прошлого века. В модели не учитывались потери энергии от поверхностного эффекта в земле и короны на проводах ВЛ, а также транспозиция проводов. Поэтому расчётные амплитуды перенапряжений получались завышенными. В данной работе расчёты были проведены в программе АТР-ЕМТР, лишённой указанных недостатков.

В расчётах моделировались однофазное короткое замыкание (КЗ) и автоматическое повторное включение ВЛ в циклах трехфазного (ТАПВ) автоматического повторного включения ВЛ 220 кВ и однофазного (ОАПВ) для ВЛ 500 кВ. Выбор классов напряжения диктовался наибольшей распространенностью данных ВЛ в России. Выбор вида коммутаций требует комментариев. Дело в том, что во всём мире на время ПРН устройства автоматического повторного включения линий выводятся из работы. Делается это в предположении, что КЗ может возникнуть из-за перекрытия изоляции в зоне ПРН, и в этом случае повторное включение линии только усугубляет опасную ситуацию. Однако, отключение устройств АПВ равносильно «потере» линии с позиции главной диспетчерской задачи обеспечения надёжности энергообъединения. По этой причине в редких пока случаях ПРН всё же организуют без отключения устройств АПВ. Напомним также, что на ВЛ 220 кВ применяется только ТАПВ, а на ВЛ 500 кВ преимущественно используется ОАПВ. Пример расчётной схемы приведён на рисунке 4.

Место замыкания на ВЛ варьировалось с шагом в четверть длины ВЛ. Присоединения

линии к энергосистемам через питающую и приёмную подстанции моделировалось эквивалентными узлами с некоторыми усреднёнными параметрами.

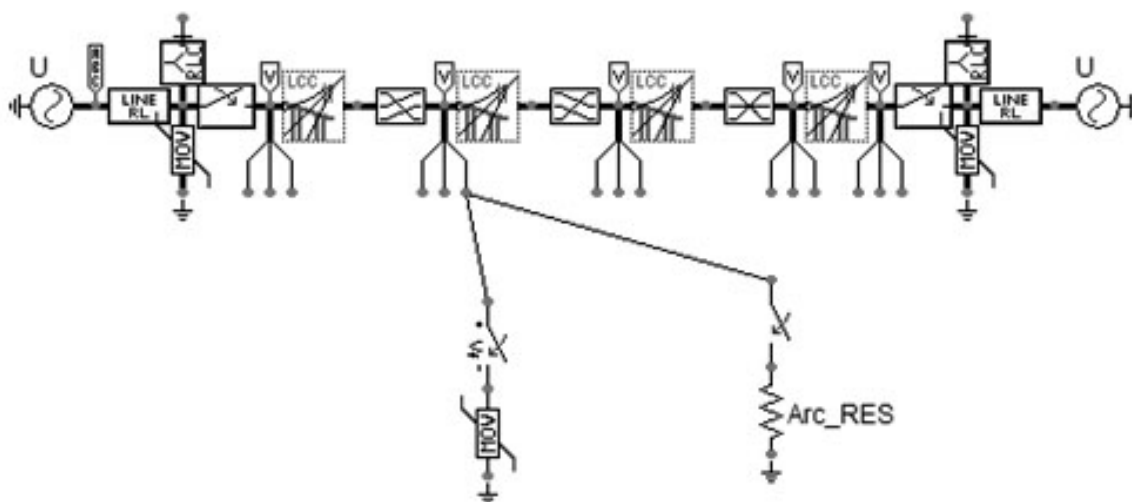


Рисунок 4 – Расчётная схема воздушной линии электропередачи

Одним из достаточно сложных подготовительных шагов оказался ввод данных по характеристикам защитного аппарата. Дело в том, что при испытаниях уже изготовленных образцов защитных аппаратов ОПН-ПРН выяснилось, что приложенное напряжение делится между искровым промежутком и ОПН в некоторой пропорции, которая зависит не только от соотношения ёмкостей экранов, но и от активного сопротивления ОПН. Поэтому напряжение срабатывания защитных аппаратов оказалось близким к кратности перенапряжений $k_n = U_{\text{макс}}/U_{\text{н.р}} \approx 2$. В результате оказалось, что амплитуды перенапряжений превышали указанную кратность только при ОАПВ на ВЛ 500 кВ. В других случаях защитный аппарат не «срабатывал». По этой причине основные расчёты проводились для уровня срабатывания защитного аппарата, соответствующем кратности $k_n = 1,8$. Результаты расчётов приведены в таблицах 1-4.

Выделим некоторые результаты расчётов:

– Кратность неограниченных перенапряжений при коротких замыканиях не превышает 1,8 и 1,7 для ВЛ 220 и 500 кВ, соответственно. Поэтому если на время ПРН устройства автоматического повторного включения линий выводить из работы, то надобности в ограничении перенапряжений не возникнет.

Таблица 1 – Кратность перенапряжений при коротком замыкании/трёхфазном автоматическом повторном включении воздушной линии 220 кВ

Место КЗ, L_x/L	Кратность перенапряжений, о.е., в точке измерения L_x/L				
	0	0,25	0,50	0,75	1
0	1,49/1,56	1,65/1,93	1,76/1,97	1,80/1,96	1,70/2,02
0,25	1,41/1,56	1,61/1,93	1,70/1,97	1,76/1,96	1,64/2,02
0,50	1,39/1,56	1,59/1,93	1,66/1,97	1,68/1,96	1,56/2,02
0,75	1,42/1,56	1,64/1,93	1,69/1,97	1,65/1,96	1,50/2,02
1	1,41/1,56	1,62/1,93	1,66/1,97	1,58/1,96	1,52/2,02

Таблица 2 – Кратность перенапряжений при трёхфазном автоматическом повторном включении воздушной линии 220 кВ и применении защитных аппаратов ОПН-ПРН 220 кВ

Место КЗ, L_x/L	Кратность перенапряжений, о.е., в точке измерения L_x/L				
	0	0,25	0,50	0,75	1
0	1,56*	1,80	1,81	1,80	1,81
0,25	1,56*	1,80	1,82	1,81	1,81
0,50	1,56*	1,81	1,82	1,82	1,81
0,75	1,56*	1,80	1,82	1,82	1,81
1	1,56*	1,80	1,81	1,81	1,81

*-срабатывание аппарата ОПН-ПРН не происходит

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Таблица 3 – Величина перенапряжений при коротком замыкании/однофазном автоматическом повторном включении воздушной линии 500 кВ

Место КЗ, L_x/L	Кратность перенапряжений, о.е., в точке измерения L_x/L				
	0	0,25	0,50	0,75	1
0	1,29/1,67	1,34/2,28	1,61/2,40	1,70/2,13	1,37/1,53
0,25	1,16/1,69	1,38/2,32	1,59/2,41	1,60/2,27	1,29/1,59
0,50	1,20/1,75	1,48/2,42	1,59/2,80	1,46/2,39	1,19/1,68
0,75	1,30/1,76	1,60/2,39	1,57/2,66	1,49/2,39	1,26/1,65
1	1,33/1,77	1,64/2,29	1,53/2,42	1,29/2,36	1,26/1,59

Таблица 4 – Кратность перенапряжений при однофазном автоматическом повторном включении воздушной линии и применении защитных аппаратов ОПН-ПРН 500 кВ

Место КЗ, L_x/L	Кратность перенапряжений, о.е., в точке измерения L_x/L				
	0	0,25	0,50	0,75	1
0	1,67*	1,81	1,81	1,80	1,53*
0,25	1,69*	1,81	1,82	1,81	1,59*
0,50	1,75*	1,83	1,85	1,82	1,68*
0,75	1,76*	1,82	1,84	1,82	1,65*
1	1,77*	1,82	1,81	1,81	1,59*

*-срабатывание ОПН-ПРН не происходит

– При ТАПВ ВЛ 220 кВ перенапряжения, возникающие в какой-либо из зон ПНР, не зависят от точки короткого замыкания, вызвавшего отключение ВЛ. Это вполне логичный факт, поскольку за время паузы ТАПВ заряды успевают стечь, и повторное включение линии возникает при нулевых зарядах на всех проводах.

– Максимальные неограниченные перенапряжения возникают в середине ВЛ 500 кВ при ОАПВ, что тоже не противоречит известным представлениям о коммутационных перенапряжениях.

– Работа защитного аппарата приводит к ограничению примерно на одном и том же уровне напряжения, который соответствует моменту пробоя искрового промежутка. Мгновенное значение напряжения U_n в этот момент равно сумме напряжений на искровом промежутке и ОПН, которые составляют $(0,55-0,60)U_n$ и $(0,40-0,45)U_n$, соответственно.

– Ток, протекающий через ОПН, имеет колоколообразную форму с амплитудой в несколько сотен ампер и длительностью на полувывсоте не более 1 мс, что вполне удовлетворяет условию нормальной работы защитного аппарата.

Переходя к общей оценке безопасности ПРН, будем считать равновероятными места проведения ремонтных работ под напряжением и места случайных коротких замыканий, что не противоречит смыслу задачи. По этой причине далее будем учитывать только максимальные кратности перенапряжений. На рисунке 5 приведены зависимости максимальных кратностей перенапряжений при различном расположении зоны ПРН на ВЛ 500 кВ при её однофазном автоматическом повторном включении.

Из этих кривых наглядно виден эффект ограничения амплитуды перенапряжений защитным аппаратом ОПН-ПРН 500 кВ практически во всех возможных местах проведения работ под напряжением. Лишь в конце линии перенапряжения не достигают порога срабатывания защитного аппарата, и его установка в данном случае не требуется.

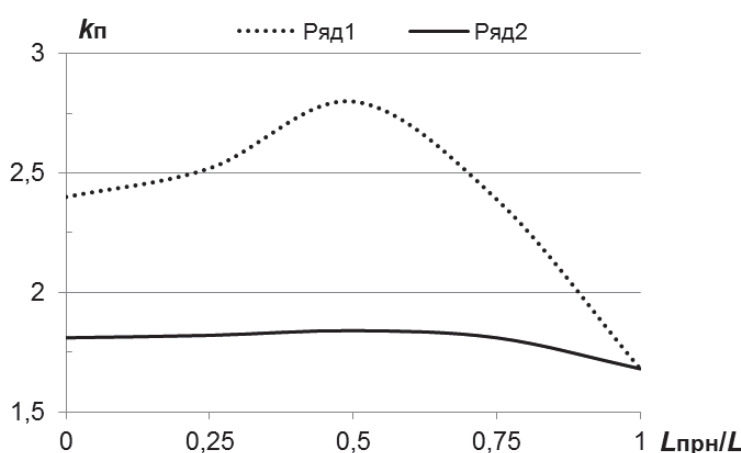


Рисунок 5 – Максимальные кратности перенапряжений при однофазном автоматическом повторном включении воздушной линии 500 кВ: 1- неограниченные; 2-с аппаратом ОПН-ПРН 500 кВ

В заключение определим, насколько можно сократить промежутки в зоне ПРН при использовании защитных аппаратов. Для этого воспользуемся методикой расчёта минимального расстояния по [8]. Согласно этой методике минимальное расстояние складывается из двух составляющих: «электрической», D_U , и эргономической, D_E

$$D_A = D_U + D_E. \quad (1)$$

Величина D_U определяется при помощи разрядных характеристик воздушного промежутка, а D_E определяется техникой выполнения ПРН, уровнем подготовки работника, типом конструкции опоры, непредвиденными ситуациями, такими, как неосторожные движения и ошибки в расчётах: $D_E = 0,3-0,5$ м.

Расчёт электрической составляющей проводится с использованием выдерживаемого напряжения изоляционных промежутков, U_{90} , и корректирующего коэффициента K_t

$$D_U = 2,17 \cdot \left(e^{\frac{U_{90}}{1080 \cdot K_t}} - 1 \right). \quad (2)$$

Понятие «90%-ое выдерживаемое напряжение» означает, что вероятность пробоя воздушного промежутка при коммутационном перенапряжении с максимальным значением, равна 10%.

Далее для простоты будем считать значения прочих коэффициентов, входящих в расчёт, равными $K_s = 1,1$; $k_a = 1,0$ (небольшие высоты расположения трассы ВЛ над уровнем моря); $k_f = 1,0$; $F = 0$ (нет изолированных объектов); $n_d = 0$ (нет дефектных изоляторов); $k_i = 1,0$; $k_s = 0,936$; $k_g = 1,2$. Тогда получим $K_t = 1,12$. Принимая значения наибольших рабочих напряжений U_s равными 525 и 252 кВ для классов напряжения ВЛ 500 и 220 кВ, соответственно, получим зависимости расстояний D_U от кратности перенапряжений, приведённые на рисунке 6.

Из приведённых данных видно, что наибольший эффект достигается в классе напряжения 500 кВ. Так, например, ограничивая перенапряжения при коммутациях ОАПВ с уровня 2,8 до 1,8, «электрическую» составляющую расстояния можно уменьшить почти в два раза с 4,3 до 2,2 м. Для ВЛ 220 кВ эффект снижения изоляционных промежутков значительно меньше по двум обстоятельствам. Во-первых, невелики перенапряжения, сопровождающие ТАПВ, а, во-вторых, удельный вес эргономической составляющей D_E становится значительно более весомым в общем допустимом расстоянии.

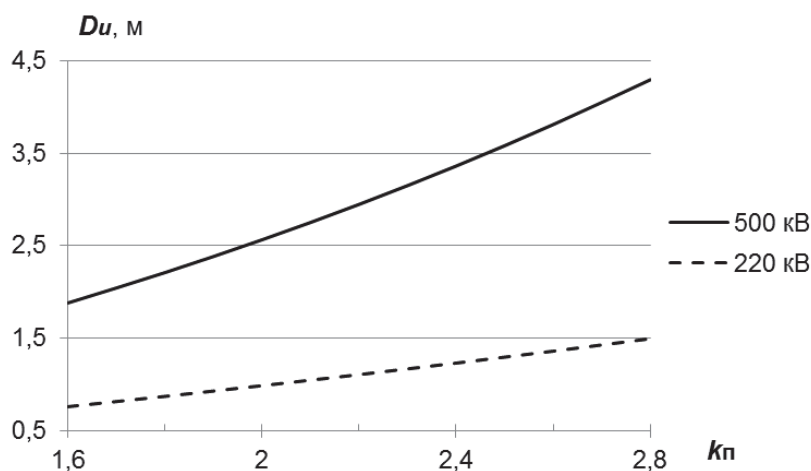


Рисунок 6 – Зависимости «электрической» составляющей минимальных изоляционных расстояний от кратности перенапряжений

Выводы:

- Определены «проблемные» опоры ВЛ, на которых ПРН невозможно без применения защитных аппаратов ОПН-ПРН.
- Перенапряжения, возникающие при случайных коротких замыканиях на здоровых фазах линии, не требуют ограничения амплитуды.
- Невысокие перенапряжения имеют место и при ТАПВ ВЛ 220 кВ.
- Наибольшие по величине перенапряжения возникают при коммутации типа ОАПВ на ВЛ 500 кВ и расположении зоны ПРН в средних частях линии. Именно в этих случаях эффективность применения защитных аппаратов в части сокращения требуемых изоляционных промежутков зоны ПРН особенно высока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Батраков, А.М. Производство ремонтных работ под напряжением на воздушных линиях электропередачи сверхвысокого напряжения / А.М. Батраков, Н.М. Коробков, А.Г. Овсянников. -Новосибирск: Наука, 2009. -320 с.
- 2 СО 153-34.03.150-00 (РД 153-34.0-03.150-00). Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ-016-2001. -М.: НЦ ЭНАС, 2001. -216 с.
- 3 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте: ПОТ РМ-012-2000. -М.: НЦ ЭНАС, 2000. -68 с.
- 4 ГОСТ 12.4.172-87 ССБТ. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы контроля. -М.: Изд-во стандартов, 2004. -11 с.
- 5 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.1191-03: утв. М-вом здравоохранения Рос. Федерации 19.02.2003.
- 6 ГОСТ 28259-89. Производство ремонтных работ под напряжением в электроустановках. Основные требования. -Введ. 01-07-1990. -М.: Изд-во стандартов, 1989. -23 с.
- 7 Electrical Performance of a Portable Protective Gap (PPG) in a Compact 550-kV Tower, EPRI Final Report, TR-103860, Nov. 1994.
- 8 IEC 61472 ED.3: Live working - Minimum approach distances for AC systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation. -Geneva, IEC Central Office, 2012.
- 9 Казакова, С.А. Характеристики подвесных ограничителей перенапряжений для обеспечения безопасности ремонтных работ под напряжением на ВЛ 220, 330 и 500 кВ / С.А. Казакова, Е.Н. Фролкин // Линии электропередачи 2012: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно-технический прогресс: материалы пятой Рос. науч.-практ. конф. с междунар. участием., Новосибирск, 11-13 сент. 2012 г. -Новосибирск, 2012. -С. 159-164.
- 10 Kazakova, S. Switching overvoltages and safety of live work on EHV overhead lines / S. Kazakova // Proc. of 18th ISH, Seoul, 25-30 Aug. 2013. -Paper OG 2-02. -С. 2236-2238 / Book of abstracts. -С. 498.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *воздушные линии электропередачи, производство ремонтных работ под напряжением, коммутационные перенапряжения, ограничители перенапряжений*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Казакова Светлана Алексеевна, аспирантка ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Каверзнева Татьяна Тимофеевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»
Овсянников Александр Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»
195251, г. Санкт-Петербурге, ул. Политехническая, 29, ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

АДАПТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

**Горновский завод спецжелезобетона, филиал ОАО «БэтЭлТранс»
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»**

Н.Н. Горбунов, Д.В. Величко

ADAPTATION PRODUCED CONCRETE SLEEPERS MODERN REQUIREMENTS

Gornovsky branch of BetEITrans
Siberian state transport university
N.N. Gorbunov, D.V. Velichko

The article presents an analysis of the dynamics of production of concrete sleepers of JSC «BetEITrans». The results of the analysis of features of other CIS producers in the russian market of concrete sleepers. Provides information about the structure of investment and other indicators of JSC «BetEITrans» to maintain a leading position. Discusses ongoing and planned activities modernization concrete products to expand the range and meet current and future requirements of JSC «Russian Railways».

Keywords: railway track, concrete sleepers, sleepers production, production line, technological efficiency

Представлен анализ динамики производства железобетонных шпал ОАО «БэтЭлТранс». Приведены результаты анализа особенностей работы других производителей СНГ на российском рынке железобетонных шпал. Представлены сведения о структуре инвестиций и других показателях работы ОАО «БэтЭлТранс» для поддержания лидирующих позиций. Рассматриваются реализуемые и планируемые мероприятия модернизации производства железобетонной продукции для расширения номенклатуры и удовлетворения современным и перспективным требованиям ОАО «РЖД».

Для удовлетворения современным и перспективным технико-экономическим требованиям предъявляемым ОАО «РЖД» к элементам верхнего строения пути, в том числе к железобетонным шпалам, отечественные производители реализует и планирует ряд мероприятий модернизации производства железобетонной продукции.

Основным потребителем продукции и единственным крупным заказчиком железобетонных шпал и брусьев является ОАО «РЖД», которое практически и формирует российский рынок на уровне 10 млн. шт./год. Доля сторонних заказчиков составляет 3-4%, к ним относятся промышленные и горнодобывающие предприятия.

В современных экономических условиях на российском рынке железобетонных шпал и брусьев признанным лидером является ОАО «БэтЭлТранс».

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Основными видами деятельности которого являются производство и реализация:

– железобетонных шпал Ш1, Ш3, Ш3-Д, ШС-АРС, Ш5-ДФ (Wossloh), ШП-350 (Pandrol) и их модификаций;

– комплектов железобетонных брусьев стрелочных переводов;

– мостовых безбалластных плит;

– общестроительных железобетонных изделий и товарного бетона;

– элементов рельсовых скреплений: клеммы, скобы ЖБР.

Производственные мощности филиалов ОАО «БетЭлТранс» (таблица 1) составляют – 10 млн. шт. железобетонных шпал в год и 5 тыс. комплектов железобетонных брусьев для стрелочных переводов.

ОАО «БетЭлТранс» обеспечивает более 90% российского рынка железобетонных шпал. Остальные 10% рынка железобетонных шпал занимают ОАО «РЖДстрой» и ОАО «ТрансЮжстрой», а также заводы Беларуси, Казахстана и Украины.

Таблица 1 – Производственные мощности

Филиалы ОАО «БетЭлТранс»	Количество технологических линий, (шт.) / производительность, (тыс. шт./год)					
	Ш1	ШС-АРС	Ш3	Ш3-Д	Ш5-ДФ	Всего
Горновский	1/290		2/580	3/870		6/1740
Вяземский		2/580	1/290	2/580	2/580	7/2030
Кавказский			2/580	1/290	2/580	5/1450
Челябинский			2/580	1/320		3/900
Чудовский	0,5/125	2,5/625				3/750
Лискинский		3,5/875		0,5/125		4/1000
Энгельсский		3/870	1/290			4/1160
Каликинский		1/250				1/250
Хабаровский				3/750		3/750
Итого	1,5/375	12/3250	8/2000	10,5/2945	4/1000	36/10030

Таблица 2 – Динамика производства

Наименование	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Железобетонная шпала, млн. шт	8,40	8,76	9,35	9,96	9,31
Железобетонный брус, комплект	4586	4943	5571	4915	4128
Плита БМП, м ³	765	979	1083	1918	1450
Клемма, скоба ЖБР, млн. шт.	15,11	22,07	20,71	21,05	20,95
Болт закладной с гайкой, болт клеммный с гайкой, тыс. т	10,07	4,38	0,43	0	0
Прочая продукция (трубы, опоры, бетон и т.д.), тыс. м ³	10,34	11,00	12,89	8,15	5,24

Практически для всех конкурентов характерны следующие недостатки:

– узкая номенклатура производимой продукции;

– малые объемы производства;

– отсутствие сертификации (для производителей СНГ).

С 2013 г. на всех заводах ОАО «БетЭлТранс» началась поставка железобетонных шпал укомплектованных промежуточными рельсовыми скреплениями (ранее, за исключением Горновского завода, как правило, поставлялись только «голые» шпалы), что также положительно влияет на сохранение и укрепление позиции общества на рынке.

В 2013 г. на ОАО «РЖД» пришлось 96% от объема отгрузки шпал и 87% от объема производства железобетонного бруса (таблица 2).

Загрузка производственных мощностей в 2013 г. по железобетонным шпалам составляет 96,3%, по железобетонным брусьям для стрелочных переводов – 82,6% (рисунок 1).

В соответствии с расширением полигона укладки современной конструкции бесстыкового пути, ОАО «РЖД» реализуется план внедрения новых скреплений с упругими клеммами [1], значительно лучше отвечающих современным эксплуатационным требованиям.

В связи с этим, в последние годы наблюдается структурная адаптация в номенклатуре производимой продукции – в сторону увеличения выпуска шпал под скрепления с упругими клеммами (таблица 3) и резкого сокращения шпал со скреплениями КБ-65. С 2012 г. освоено серийное производство шпал типа ШП-350 со скреплением Pandrol-1520.

Одним из основных лидеров в производстве железобетонной продукции является Горновский завод – филиал ОАО «БетЭлТранс» (г. Горный Тогучинского района Новосибирской области), так в 2013 г. из 9,3 млн. шт. железобетонных шпал произведенных всем

ОАО «БетЭлТранс» на Горновский завод приходится 1,8 млн. шт., то есть 19% и эта доля будет продолжать расти (рисунок 2).

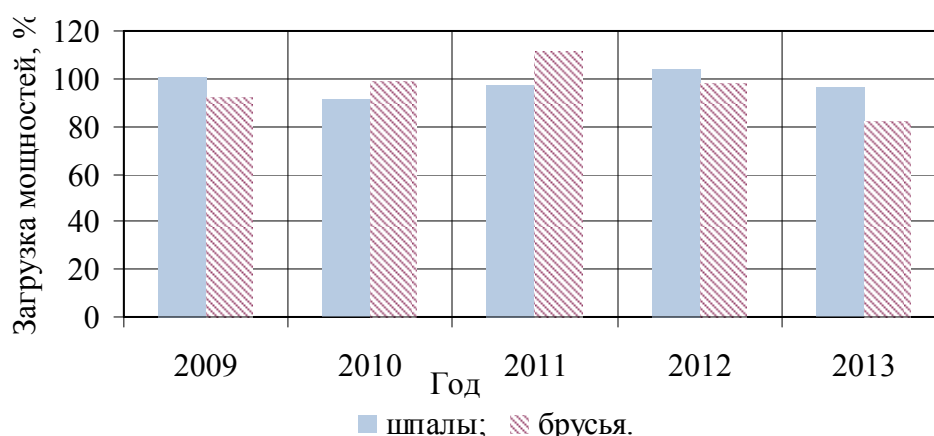


Рисунок 1 – Загрузка производственных мощностей

Таблица 3 – Анализ производства шпал по типу скрепления, тыс. шт.

Тип скрепления	Тип шпал	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
КБ	Ш1	3701	1162	751	148	141
ЖБР	Ш3	1689	2021	1895	1209	112
ЖБР-Ш	Ш3-Д	781	2157	2759	3815	4329
АРС	ШС-АРС	2231	3260	3442	4433	4067
Wossloh	Ш5-ДФ	–	158	504	172	403
Pandrol-1520	ШП-350	–	–	–	187	253
ИТОГО		8402	8758	9351	9964	9305

Адаптация в увеличении выпуска шпал под скрепления с упругими клеммами отчетливо прослеживается на примере работы Горновского завода (рисунок 3), где произошла практически полный отказ от неперспективного скрепления КБ-65.

Для удовлетворения наблюдаемой растущей потребности ОАО «РЖД» в железобетонных шпалах к 2015 г. планирует увеличить существующие мощности ОАО «БетЭлТранс» по производству с 10 до 12,6 млн. шт. шпал в год, так в 2013 г. введены две новые технологические линии производительностью по 500 тыс. шт. шпал/год, в том числе и на Горновском заводе.

В 2013 г. инвестиционные вложения ОАО «БетЭлТранс» составили 1,67 млрд. руб. без учета НДС (рисунок 4), в том числе по Горновскому заводу – 0,57 млрд. руб. или 34% общего объема инвестиций. Структура инвестиций ОАО «БетЭлТранс» – 86,9% машины и оборудование; 9,8% здания и сооружения; 3,3% прочее, говорит о значительном уровне модернизации технологического оборудования. Списочная численность общества составляет порядка 6 тыс. человек, при этом производительность труда в 2013 году возросла по сравнению с 2009 годом в 2 раза.

Направления дальнейшей адаптации производства:

- модернизация производства, снижение трудоемкости и автоматизация существующего производства; разработка новых технологических процессов с применением химических добавок, в целях снижения энергозатрат;

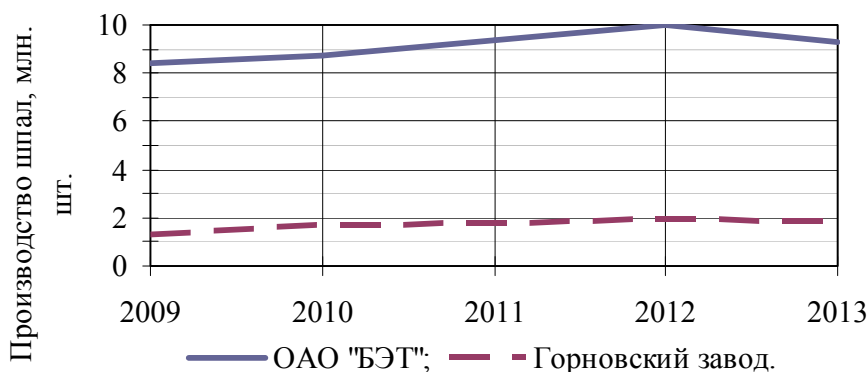


Рисунок 2 – Производство железобетонных шпал

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

– переход на производство шпал, укомплектованных промежуточными рельсовыми скреплениями с упругими клеммами;

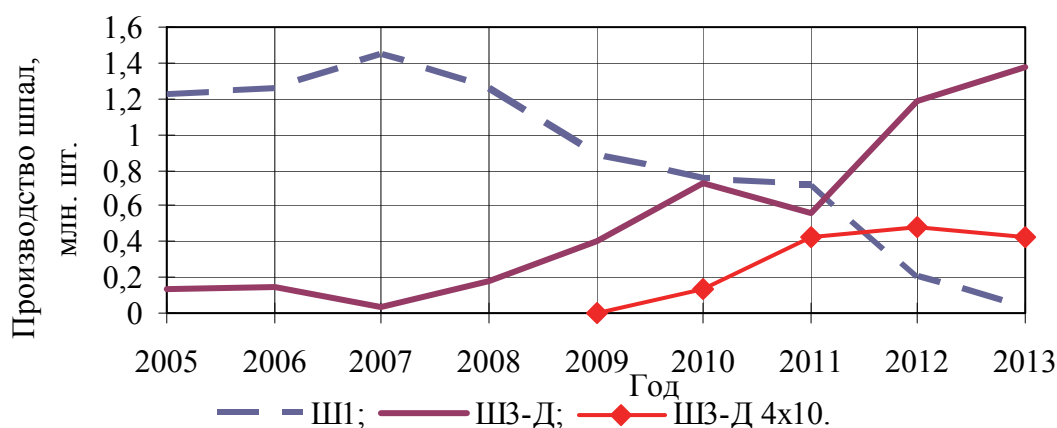


Рисунок 3 – Изменение производства шпал, по Горновскому заводу

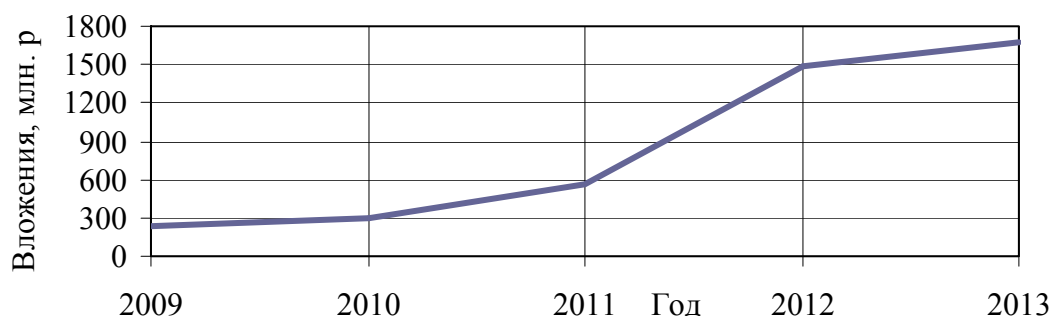


Рисунок 4 – Инвестиционные вложения

– для удовлетворения потребностей ОАО «РЖД» в высокоскоростном движении разработка новых видов и конструкций железобетонных шпал и брусьев стрелочных переводов;

– проведение испытаний и освоение производства новой конструкции шпалы унифицированной под различные типы современных промежуточных скреплений. Такая конструкция обладает важными технико-экономическими преимуществами (использование на участках с повышенными осевыми нагрузками; для высокоскоростного движения; повышенное сопротивление сдвигу в балласте пути; унификация типа шпал);

– разработка и проведение испытаний плоской конструкции железобетонных брусьев для изготовления малосерийных и типовых проектов стрелочных переводов с использованием стандовой технологии.

В условиях современных и перспективных требований, к качеству, объему и номенклатуре продукции, позиции ОАО «БэтЭлТранс» на российском рынке, а в перспективе и на рынках стран Таможенного союза, выглядят достаточно устойчивыми и способными к обеспечению дальнейшего роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Николаенко, А.А. Эксплуатация бесстыкового пути в условиях Сибири: монография / А.А. Николаенко, Д.В. Величко, А.В. Прудников. -Новосибирск: Сибпринт, 2010. -133 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный путь, железобетонная шпала, производство шпал, технологическая линия, технологическая эффективность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Горбунов Николай Николаевич, главный инженер Горновский завод спецжелезобетона, филиал ОАО «БэтЭлТранс»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: Величко Дмитрий Валерьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС» 633411, Новосибирская область, Тогачиский район, пос.Горный, Горновский завод спецжелезобетона, филиал ОАО «БэтЭлТранс» 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.В. Выгонный

DEVELOPMENT TENDENCIES OF EXCAVATION MECHANIZATION IN TRANSPORT CONSTRUCTION
Siberian state transport university
V.V. Vygonny

In this article the retrospective analysis of achievements of the last century in the transport construction is carried out. Foreign experience of excavation mechanization, based on effective use of loaders and the bucket excavator together with rock hauler is studied.

Keywords: excavation mechanization, machinery, dipper capacity, railway construction

Проведен ретроспективный анализ достижений прошлого века в области транспортного строительства. Изучен зарубежный опыт механизации земляных работ, основанный на эффективном использовании погрузчиков и одноковшовых экскаваторов вместе с самосвалами большой грузоподъемности.

Опыт транспортного строительства в северной зоне страны и в Сибири в целом, а также ограниченное число целевых публикаций в последние полтора-два десятилетия не дают достаточного фактического материала для анализа развития средств механизации и способов производства земляных работ [1]. Поэтому обратимся к достижениям 80-х годов прошлого века, используя фактические данные мехколонн на железнодорожном строительстве, имея в виду, что мехколонны пока располагают примерно теми же техническими средствами.

Начиная с 1950-х годов четко определилась этапность смены методов сооружения земляного полотна, совпадающая с цикличностью технического перевооружения мехколонн. Хронологически – это периоды 1946-1955 гг., 1956-1965 гг., 1966-1975 гг. и 1976-1987 гг. Выход на каждый новый этап сопровождался подъемом уровня технико-экономических показателей работы мехколонн (таблица 1).

Исследованиями установлены тесные зависимости между суммарной емкостью ковшей экскаваторного парка и годовой программой работ мехколонн, а также влияние этих факторов на все технико-экономические показатели их работы. Были определены оптимальные размеры суммарных емкостей ковшей экскаваторного парка и годовых программ работ мехколонн, дающие наивысшее значение экономических показателей работы мехколонн. Средние фактические значения этих величин, установленные на основе статистических данных, близки к оптимальным (предельным) их значениям (таблица 2).

Таблица 1 – Рост выработки мехколонн по этапам развития механизации земляных работ

Этапы механизации земляных работ по годам	Уровень механизации, %	Средняя емкость ковша экскаваторного парка, м ³	Годовая выработка мехколонн, тыс. м ³	Увеличение годовой выработки, %
1946-1955	92,0	0,50	350-500	–
1956-1965	95,0	0,65	600-700	52
1966-1975	99,3	0,85	800-1000	38
1976-1987	99,7	1,00	1100-1700	55

Таблица 2 – Оптимальные мощности экскаваторного парка и годовой выработки мехколонн (МК) по этапам развития механизации земляных работ

Этапы механизации земляных работ по годам	Средняя фактическая суммарная емкость ковшей экскаваторного парка МК, м ³	Оптимальная суммарная емкость ковшей, м ³	Оптимальные годовые объемы работ МК, тыс. м ³
1956-1965	3,5-4,0	4,5-5,0	1000-1200
1966-1975	4,5-7,0	5,5-7,5	1200-1400
1976-1987	7,5-9,0	8,0-10,0	1800-2200

Прирост годовой выработки мехколонн на всех этапах развития механизации осуществляется, главным образом, за счет увеличения мощности экскаваторного парка. В то же вре-

мя, как показал опыт, рост парка машин и их единичной мощности не обеспечивает пропорционального роста производительности труда, а в ряде случаев даже ведет к увеличению затрат труда. Рост механизации в его традиционных формах и применявшихся технологических схемах к 1990-м годам в основном исчерпал возможности дальнейшего значительного повышения технико-экономических показателей строительства, в особенности в сложных условиях севера Западной Сибири.

В связи с этим на повестку дня встала (и остается актуальной сейчас) задача разработки новых методов производства земляных работ. Анализ тенденций и возможностей современных средств механизации показывает, что при перспективном планировании следует ориентироваться на применение более мощной техники, на разработку малооперационных и гибких технологий. Напомним также, что при формировании транспортной инфраструктуры на Севере, в районах добычи дефицитных природных ресурсов (нефти, газа и др.) критерий минимизации стоимости работ не всегда является определяющим. Приоритет зачастую переходит к ускорению темпа строительства, повышению производительности труда и, соответственно, к снижению трудоемкости. Как это достигается? Для получения ответа обратимся к зарубежному и отечественному опыту строительства.

Зарубежный опыт может служить определенным ориентиром при выборе перспективных направлений развития методов производства земляных работ.

Изучение литературных источников позволяет заключить, что в области механизации земляных работ основные тенденции состоят в увеличении мощности, скорости и маневренности дорожно-строительных машин, в широком применении навесного оборудования, в максимальном использовании машин по времени, в снижении затрат на их обслуживание и эксплуатацию.

Основными особенностями организации и способов производства земляных работ являются:

- широкое (до 80% общего объема) применение машин послойного резания (скреперов, бульдозеров);
- замена дорогостоящих одноковшовых экскаваторов погрузчиками более дешевыми как в изготовлении, так и в эксплуатации;
- использование мощной рыхлительной техники взамен буровзрывных работ;
- применение транспортных средств повышенной грузоподъемности;
- подбор машин по типам и в комплектации, наиболее рациональном для конкретных условий и объемов работ;
- в специфических случаях – транспортирования грунта с помощью барж и ленточных конвейеров.

Приведем ряд примеров высокопроизводительного использования различных видов машин и технологических комплектов.

Высокая выработка машин (и производительность труда) достигается при использовании мощной землеройно-транспортной техники и рациональных технологических схем. Так, сменная выработка одного скрепера с емкостью ковша 18-21 м³ при дальности возки 600-700 м достигает 900-1000 м³. В США на возведении крупной земляной плотины (4,6 млн. м³) средняя выработка одного рабочего механизированного комплекта из автосамосвалов грузоподъемностью 45 т и 100-тонных землевозов составляла в смену 150-160 м³ [2].

На вскрышных работах хорошие результаты достигались машинными комплектами, состоящими из пневмоколесных погрузчиков (3,4 м³), автосамосвалов 27 т и тяжелых бульдозеров. Отдельные экипажи этих погрузчиков обеспечивали погрузку в год более 1 млн. м³ грунта.

Пневмоколесные погрузчики успешно конкурируют с экскаваторами. Определилась четкая тенденция замены карьерных экскаваторов колесными погрузчиками карьерного типа. Они особенно эффективны при загрузке большегрузных автосамосвалов. По данным фирмы «Катерпиллар» (США) загрузка самосвала 35 т погрузчиком 4,6 м³ производилась за 2,0-2,5 мин (4-5 циклов). Такой погрузчик заменяет карьерный экскаватор с емкостью ковша 4 м³, стоимость которого в 4-5 раз превышает стоимость погрузчика.

В зарубежной практике дорожного строительства уже в 1960-е годы начали широко использовать одноковшовые погрузчики (США, Канада, Китай, Япония и др.) [3]. Погрузчики в сочетании с рыхлителями и бульдозерами успешно применялись при разработке грунтов значительной плотности. Выполнение работ погрузчиками обходится примерно в два раза дешевле, чем экскаваторами [4].

При выполнении сосредоточенных объемов работ разработку и транспортировку грунта осуществляют экскаваторно-автомобильными комплектами. Одноковшовые экскаваторы и погрузчики используют в комплекте с большегрузными автосамосвалами грузоподъемностью до 45 т и землевозами с кузовом вместимостью до 50 м³. Оптимальным соотношением емкости ковша экскаватора (погрузчика) и емкости кузова транспортных средств считается 1:3 – 1:5 [5].

С конца 1970-х годов погрузчики начали внедряться и в производство работ по сооружению земляного полотна железных дорог. Однако, в связи с незначительными масштабами железнодорожного строительства, выполняемый ими объем работ был незначителен и в строительной литературе не получил заметного резонанса.

Таким образом, ретроспективный анализ за 60-летний период свидетельствует, что главная тенденция развития механизации земляных работ в транспортном строительстве состоит в повышении мощности экскаваторов (ёмкости ковша) и грузоподъемности автосамосвалов, а также в применении автопогрузчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Воробьев, В.С. Формирование логистических систем транспортного строительного комплекса в районах индустриального освоения / В.С. Воробьев. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2004. -324 с.
- 2 Коломиец, В.И. Транспортное строительство за рубежом / В.И. Коломиец; ВПТИТрансстрой. -М., 1984.
- 3 Дегтярев, А.П. Комплексная механизация земляных работ / А.П. Дегтярев, А.К. Рейш, С.И. Руденский. -М.: Стройиздат, 1987. -334 с.
- 4 Полякова, Г.А. Пути повышения эффективности работы автомобильно-дорожного комплекса Китая / Г.А. Полякова, Т.Л. Ци // Повышение экономической эффективности дорожного хозяйства в условиях рыночных отношений: тр. МАДИ. -М., 2002. -С. 186-197.
- 5 Марышев, Б.С. Выбор типоразмеров экскаваторов и землевозов для земляных работ на дорожном строительстве / Б.С. Марышев // Строит. техника и технологии. -2007. -№1. -С. 30-32.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механизация земляных работ, мехколонна, ёмкость ковша, железнодорожное строительство

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Выгонный Виталий Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

О ФОРМИРОВАНИИ БИОЦЕНОЗА В РАЙОНЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ У НОВОСИБИРСКОГО СЕВЕРНОГО ОБЪЕЗДНОГО МОСТА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.А. Седых, М.А. Бучельников

ABOUT FORMATION OF BIOCENOSIS IN AREA OF THE WATER-ENGINEERING CONSTRUCTION IN THE NOVOSIBIRSK NORTHERN DETOUR BRIDGE

Novosibirsk state academy of water transport

V.A. Sedykh, M.A. Buchelnikov

The restoration of plant and animal communities (hydrobionts) in the region of hydraulic construction in Novosibirsk northern detour bridge is the object of experiment. Formation on the water-engineering construction of the biotopes of different productivity is noted, description of vegetation and benthos is given.

Keywords: water-engineering constructions, biocenoses, productivity, Ob river

Предметом исследования является восстановление растительных и животных сообществ (гидробионтов) в районе гидросооружений у Новосибирского северного объездного моста. Отмечено формирование на гидротехнических сооружениях биотопов различной продуктивности, дано описание растительности и бентоса.

Северный обход Новосибирска от с. Прокудское до пос. Сокур с мостовым переходом через реку Обь расположен у пос. Красный Яр и является соединительной частью трассы «Байкал» между М-51 и М-53. В 2002 году была выделена первая очередь от с. Прокудское до пос. Садовый (50,03 км). В нее входит 6 транспортных развязок, 7 путепроводов и 7 мостов, включая двухполосный мост через Обь длиной 923,65 метров, причем сам мост с прилегающими к нему береговыми сооружениями был принят в эксплуатацию в 2008 г.

В районе данного моста, на левом берегу Оби, в целях укрепления берегов и направления основного потока на судовой ход был построен комплекс гидросооружений (начало в координатах 55,179769° с.ш., 82,860510° в.д., окончание 55,190608° с.ш., 82,874086° в.д.) включающий в себя следующие объекты (рисунки 1).

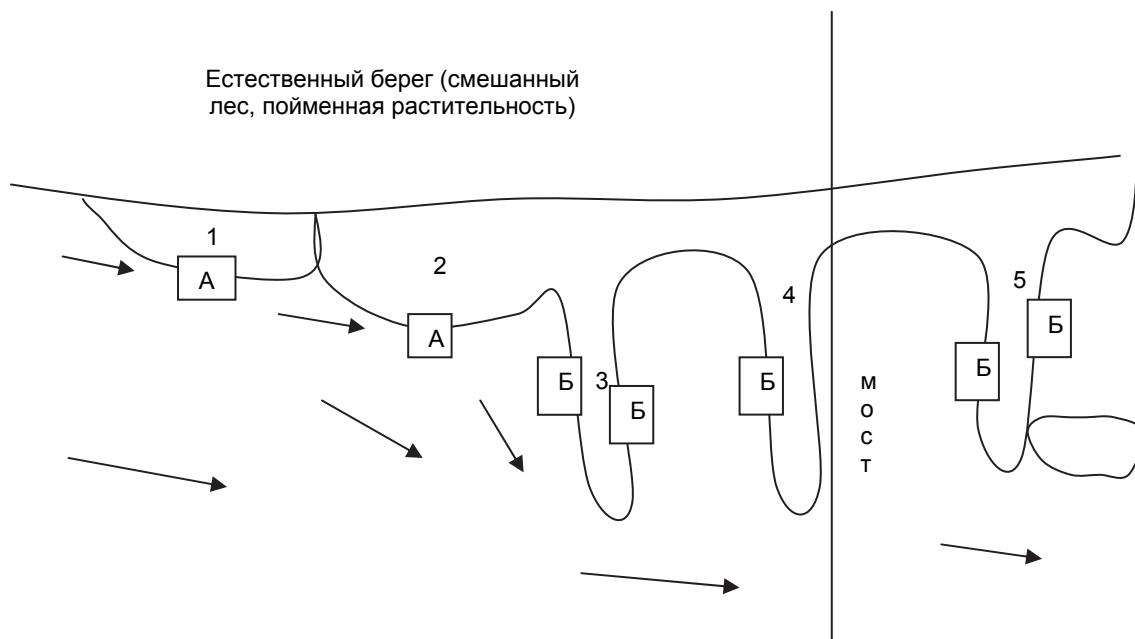


Рисунок – Схема гидротехнических сооружений у Новосибирского северного обьездного моста

1 Песчаная насыпь (берегозащитный пляж) (высотная отметка 88-92 м. н.у.м. БС, ширина около 40 м).

2 Плоская насыпь (высотная отметка 88-92 м н.у.м. БС, ширина около 110 м, длина 350 м) из мелкой базальтовой щебенки уложенной на слой геотекстиля.

3, 4, 5 Три полузапруды с отсыпкой из крупного гранитного щебня (высотная отметка 88-92 м н.у.м. БС.), выдающиеся в русло на 250-300 м, ширина каждой по гребню около 20 м.

В 2013 и 1014 годах в июле месяце был проведен визуальный осмотр гидросооружений, изучена флора, проведена оценка процесса зарастания надводной части и формирования водного биоценоза.

Результаты наблюдений показали следующее. Гидросооружения выполняют свою функцию по берегоукреплению и направлению потока на судовый ход, разрушений не отмечено, незначительный размыв обнаружен только у плоской насыпи: повреждена отсыпка, обнажился значительный участок подстилающего геотекстиля.

На береговой (незатопляемой) части гидросооружения идет процесс формирования растительного сообщества. Процесс зарастания песчаной насыпи минимален, травянистых растений здесь нет, из кустарников отмечены только отдельные экземпляры ивы (*Sálix sp.*) возрастом 3-5 лет.

Территория, отсыпанная базальтовым щебнем, покрывается однородным ивняком, закрепляющим эту часть гидросооружения.

На гребнях полузапруд также были отмечены экземпляры подроста ивы (*Sálix sp.*), сосны обыкновенной (*Pínus sylvéstris*), тополя серебристого (*Pópulus álba*), тополя бальзамического (*Populus balsamífera*), смородины (*Ríbes sp.*). В целом, видовой состав древесных растений не сильно отличается от того, который имеется на естественном берегу: там присутствуют два вида характерных растительных сообществ – пойменная растительность и сосновый лес.

Вызывает интерес тот факт, что на гидросооружениях не обнаружены виды, относящиеся к рудератам, более того, из травянистых растений отмечены только кипрей узколистный (*Epilóbium angustifolium*) и 1-2 вида осок (р. *Cárex*). По всей видимости, это объясняется тем, что структура грунта (каменная наброска) создает условия отличные от обычной взрыхленной почвы и приближает их к условиям каменистых осыпей (так называемых «курумников»).

Особый интерес представляет воздействие гидросооружения на подводную часть экосистемы. Как известно, различные условия, складывающиеся как в речном русле так и в пойме, формируют биотопы разной степени продуктивности, которая зависит от скорости течения, температуры воды, глубины, характера грунтов и еще ряда факторов.

Так, например, высокопродуктивными биотопами считаются мелководные протоки и заводи, а низкопродуктивными – стрелевые пески [1] Протяженность таких участков на реке может достигать нескольких десятков километров, вместе с тем, можно говорить и о локаль-

ных, небольших участках с высокой или низкой продуктивностью: мезо – и микробиотопах. Гидротехническое строительство в русле реки приводят к изменению экологических условий [2], причем, как в сторону снижения, так и в сторону повышения продуктивности биотопов.

Естественным биотопом для данного участка реки являются мелкие глинистые пески, продуктивность которых дополнительно снижается за счет быстрого течения. Рассматриваемое нами комплексное гидросооружение оказывает значительное влияние на структуру потока у левого берега, в результате чего образуется несколько участков с различным по скорости течением и температурным режимом. Так в начале песчаной насыпи и базальтовой наброски наблюдаются высокие скорости течения (данные участки обозначены буквами А на рисунке). Иловых отложений здесь нет, водная растительность и представители зообентоса не обнаружены: очевидно, что в этом месте продуктивность микробиотопа не повысилась относительно исходной, где плотность бентосных организмов, по литературным данным, может не превышать 5 экз/м², или в пересчете на биомассу 0,022 г/м² [1].

Совсем иная картина наблюдалась в районе полузапруд (участки, обозначенные буквами Б на рисунке). Здесь скорость течения значительно снижена, температура воды – выше, чем в основном русле на 3-5 °С, а грунт (крупная гранитная наброска) благоприятен для закрепления бентоса (на внутренней стороне щебенки). На этих участках были обнаружены следующие представители бентоса: личинки двукрылых (отр. Diptera, в основном, комаров звонцов, сем. Chironomidae), ручейников (отр. Trichoptera), мошек (сем. Simuliidae), моллюсков (р. Planorbis sp, вероятно Planorbis corneus или Planorbis Anisus vortex). Плотность зообентоса составила около 2400 экз/м² (или в пересчете на биомассу около 4,1 г/м²) что сопоставимо с высокопродуктивными биотопами проток и пойменных озер с илистым грунтом [1]. На мелководье, между полузапрудками была отмечена многочисленная молодь рыб.

Таким образом, можно утверждать, что по прошествии примерно 3-5 лет со времени окончания строительства гидротехнических сооружений, то негативное воздействие на окружающую среду, которое имело место при их создании, полностью компенсировано. Искусственные насыпи и полузапруды активно интегрируются в имеющиеся естественные экосистемы поймы и русла Оби, зачастую, превосходя первоначальные биотопы по продуктивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Исследование влияния дноуглубления и отвалов грунта при разработке судоходных прорезей на экологию гидробиоты: отчет о НИР / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. -Новосибирск, 1976.

2 Ботвинков, В.М. Гидроэкология на внутренних водных путях / В.М. Ботвинков, В.В. Дегтярев, В.А. Седых. -Новосибирск: Сиб. соглашение. -2002. -356 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидротехнические сооружения, биоценозы, продуктивность, река Обь
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Седых Виталий Алексеевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Бучельников Михаил Александрович, канд. биол. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ОПЫТ И ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНЫХ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКТОВ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.Я. Ткаченко, В.В. Выгонный

EXPERIENCE AND UTILIZATION INDEXES OF POWERFUL LOADING AND TRANSPORT SETS IN THE MINING INDUSTRY AND IN RAILWAY CONSTRUCTION

Siberian state transport university
V.Ya. Tkachenko, V.V. Vygonny

This article gives an analysis of the performance of heavy equipment in the mining industry, and the results confirm the effectiveness of their exploitation in the road construction. The author also evaluated utilization indexes of these machines in the specific transport projects.

Keywords: stripping work, carrying capacity, loading and transport system, earth-moving machinery

Выполнен анализ производительности большегрузной техники в горнодобывающей промышленности, результаты которого подтверждают эффективность их эксплуатации при линейном строительстве. Также автором проведена оценка показателей использования таких машин на конкретных уча-

ствах реализации транспортных проектов.

В отечественной практике вопросы технического перевооружения производства земляных работ успешно решались (и решаются) в горнодобывающей промышленности. Здесь раньше других производств начинается использование высокопроизводительного оборудования и машин большой единичной мощности, осуществляется процесс совершенствования технологии вскрышных работ.

До начала 80-х годов при производстве вскрышных работ в горнорудной промышленности наиболее распространенной машиной был бульдозер. С ростом объемов горных работ и увеличением глубины открытых разработок работа бульдозеров стала недостаточно эффективной. На разработке золотоносных пород в районах вечной мерзлоты было признано целесообразным применять большегрузные пневмоколесные самоходные скреперы с емкостью ковша 20 м³ и более. Было установлено, что наиболее надежными в эксплуатации являются скреперы с ковшами 25 и 30 м³. Они обеспечивали снижение трудоемкости переработки 1 м³ горной массы по сравнению со скрепером с ковшом вместимостью 15 м³ соответственно в 2,2; 2,6 и 3,3 раза. Это позволяло существенно сокращать численность персонала как основного, так и вспомогательного производства [1].

При производстве вскрышных работ на больших глубинах наиболее эффективными оказались комплекты машин в составе мощных экскаваторов, погрузчиков и большегрузных автосамосвалов. Применение мощных экскаваторно-автомобильных комплексов обеспечивает значительный рост эффективности погрузочно-транспортной системы разработки карьеров по всем экономическим показателям.

Результаты изучения отечественного опыта работы в горнодобывающей промышленности показывают, что мощная землеройная техника в сочетании с большегрузными транспортными средствами являются основой для повышения производительности труда на земляных работах в условиях северной зоны. Так, на вскрышных работах в условиях Северо-Востока страны комплект машин с использованием пневмоколесных погрузчиков (3,4 м³), карьерных автосамосвалов (27 т) и тяжелых бульдозеров достигает ежесуточной производительности 9-10 тыс. м³. Среднегодовая суточная выработка рабочего составляет 320-350 м³. Это в 5-7 раз больше выработки в мехколоннах на железнодорожном строительстве на севере Тюменской области.

Остановимся на показателях использования большегрузных автосамосвалов. Как представляется, им принадлежит ведущая роль в повышении выработки погрузочно-транспортных комплектов в линейно-транспортном строительстве. В 80-х годах в тресты механизации земляных работ стали поставлять небольшими партиями БелАЗы грузоподъемностью 27-30 т. Это позволило организовать наблюдение за их работой для оценки показателей использования БелАЗов в различных условиях и производственных ситуациях. Фиксировались прежде всего продолжительность операций в карьере (при погрузке), на выгрузке, скорости движения автосамосвалов и их выработка. Источниками получения данных служили натурные наблюдения, путевые листы, опросы линейных мастеров, прорабов, шоферов.

Приводимые ниже фактические показатели относятся к следующим объектам: строительство железной дороги Мереть-Среднесибирская, то же Ягельная-Ямбург на севере Тюменской области. При этом были учтены особенности районирования регионов Сибири и Севера [2, 3].

Рассмотрим последовательно названные объекты и результаты применения БелАЗов на них.

Мереть-Среднесибирская. Железная дорога строилась на стыке Кемеровской области и Алтайского края, в пересеченной местности. Показатели определялись при коротких (2-3 км) и средних (7-10 км) дальностях возки грунтов, в летний и зимний периоды.

Показатели при малой дальности возки.

I цикл наблюдений: МК-9, карьер 197 км, температура воздуха минус 20-25 °С. Экскаваторы: обратные лопаты 1,25 м³ и 0,65 м³. Дальность возки 400-500 м.

Расчетная часовая производительность комплекта при работе двух экскаваторов составила 143 м³ или 160 т·км.

II цикл информации: анализ работы автосамосвалов по данным путевых листов МК-2 (таблица 1). Результаты, приведенные в таблице позволяют сделать следующие выводы:

– при наличии притрассовой автодороги БелАЗы летом показывают достаточно высо-

кую производительность;

– на одних и тех же объектах часовая выработка БелАЗов была значительно выше выработки КрАЗов и Татр: летом в 1,4-1,7 раз; зимой в 1,5-2,2 раза.

Показатели при средней дальности возки.

I цикл наблюдений: МК-2, км 207, февраль, мороз до -40 °С. Дальность возки 9 км. Экскаватор электрический с ковшем 2,5 м³, обслуживает 4 БелАЗа, один КрАЗ и Татру. Прирассовая дорога в удовлетворительном состоянии.

Производительность комплекта оставалась практически одинаковой при изменении температуры наружного воздуха от – 16 до -40 °С.

II цикл: анализ данных путевых листов. Автомобили БелАЗ-540.

Движение осуществляется по прирассовой автодороге. Экскаваторы: 2,5 м³ зимой и 1,25 м³ осенью. Результаты анализа приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Показатели летней работы автосамосвалов при дальности возки 2-3 км и экскаваторе 1,5 м³

Тип автосамосвала	Значения величин показателей	Часовая выработка		
		т	м ³	т·км
БелАЗ-540	максимальная	110	49	330
	минимальная	40	18	120
КрАЗ-256	максимальная	65	29	195
	минимальная	37	17	111

Таблица 2 – Показатели работы БелАЗов при средних расстояниях возки грунтов

Время года	Дальность возки, км	Значения величин	Часовая выработка		
			т	м ³	т·км
осень	7	максимальное	41	18	287
	7	минимальное	27	12	189
зима	10	максимальное	67	30	670
	10	минимальное	45	20	450

Опираясь на результаты таблицы, нами сделаны следующие выводы:

– при отсутствии твердого покрытия БелАЗы наибольшую производительность имеют зимой: часовая выработка достигала 67 т и 670 т·км;

– осенью часовая выработка уменьшалась в 1,6-2,4 раза в связи с несколько меньшей дальностью возки и использованием экскаватора с меньшей емкостью ковша (больше ездов и больше ожидания автомобиля под погрузкой);

– по сравнению с возкой на малые расстояния колебания часовой выработки уменьшаются почти вдвое;

– хорошие дорожные условия и эффективные погрузочные средства обеспечивают увеличение часовой выработки в 1,8-2,0 раза;

– эффективность и целесообразность использования БелАЗов на средние расстояния возрастают по сравнению с использованием их при малых дальностях возки.

Условия Крайнего Севера: строительство железной дороги Ягельная-Ямбург [4].

Большая часть линии располагается в Заполярье. Движение автомобилей осуществляется по зимникам, которые могут использоваться до 8 месяцев в году. Двигатели в межсменное время обычно не выключались. Приведем результаты двух циклов наблюдений.

I цикл: МК-32, 20.04.1986 г. Отсыпка первого выравнивающего слоя насыпи на 181 км трассы. Грунт доставляется по автозимнику на расстояние 7 км. Экскаватор «Като» с ковшем 1,5 м³. В комплекте задействовано 12 автосамосвалов – КрАЗы, Татра, Магирус и три БелАЗа-540.

За 10-часовую смену БелАЗ делает максимально 12-15 ходок (иногда до 17) и перевозит при этом 200-250 м³ грунта.

II цикл: объект тот же. Анализируются результаты работы комплекта за 4 смены (таблица 3).

Данные таблицы свидетельствуют о большей надежности работы БелАЗов, выражающейся в большом числе ходок и более надежном сменном выходе машин, а также в значительно большем объеме перевозимого ими грунта по сравнению с КрАЗами.

Выводы об организации работы БелАЗов на строительстве железной дороги Мереть-

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Среднесибирская оказались приемлемы, справедливы и для условий Заполярья. С позиции условий эксплуатации БелАЗов нет особых отличий между средней полосой Сибири и ее северной зоной. В том и в другом случаях большегрузные самосвалы значительно (в 1,7-2,5 раза) увеличивали сменную выработку комплектов.

Таблица 3 – Результаты работы автосамосвалов при возке на 7 км

Показатели	30 марта		31 марта	1 апреля
	1 смена	2 смена	1 смена	2 смена
БелАЗы				
Число ходок	9	5	13	11
	9	14	13	7
	12	16	5	6
КраАЗы, Татры, Магирусы				
Число ходок	14	14	17	12
	13	2	8	–
	4	2	9	–
	–	–	14	–
	–	–	11	–
Среднее число ходок за смену:				
БелАЗа-540	10	11,7	10,3	8
КраАЗа и др.	7	6	11,8	12
Выработка комплекта за смену, м ³	697	686	909	468
В том числе перевезено грунта, м ³				
БелАЗами	480	560	496	386
КраАЗами и др.	217	126	413	84

Также следует отметить, что наилучшие технико-экономические показатели работы достигаются при формировании комплектов только большегрузными автосамосвалами. При этом с уменьшением дальности возки возрастает важность увязки мощности погрузочных средств с грузоподъемностью автомобиля. При наличии необходимого числа машин, хорошей организации труда и качественном содержании проезжей части дорог такие комплекты за 10-часовую смену могут перевозить на расстояние 7-10 км и укладывать в дело 900-1000 м³ грунта.

Опрос специалистов, много лет занимающихся эксплуатацией 27- и 40-тонных автосамосвалов, свидетельствует о возможности использования большегрузных машин при перевозке грунта на расстояния до 30 км и более. Они считают, что при таких режимах работы и в суровых условиях Севера не должен происходить преждевременный износ машин. Заложенный в них объем моторесурса (100 тыс. км до капитального ремонта) будет использоваться, как правило, полностью.

Таким образом, результаты анализа практических показателей позволяют сделать следующие выводы:

- большегрузные автомобили могут успешно применяться не только на малых (2-3 км), но и на средних и больших расстояниях возки грунта;
- с увеличением грузоподъемности автомобиля и дальности возки груза экономическое преимущество большегрузных машин возрастает и, в благоприятных условиях эксплуатации, устойчиво сохраняется;
- производительность БелАЗов в условиях линейного строительства Сибири и Севера превышает выработку автосамосвалов типа КраАЗ в 1,5-1,8 и более раз, но во многом зависит от времени года и состояния дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Применение мощных экскаваторно-автомобильных комплексов при разработке многолетнемерзлых россыпей / Р.Г. Са-венко [и др.] // Колыма. -1984. -№4. -С. 10-14.
- 2 Ефименко, В.Н. Математические подходы к уточнению границ дорожно-климатических зон / В.Н. Ефименко, М.С. Барышников // Актуальные проблемы повышения надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений на них: тр. Всерос. науч.-практ. конф. -Барнаул, 2003. -С. 70-72.
- 3 Боброва, Т.В. Особенности районирования регионов Западной Сибири с учетом влияния погодно-климатических факторов на условия зимнего содержания автомобильных дорог / Т.В. Боброва, Ю.В. Коденцева // Дорожно-транспортный комплекс: экономика, экология, строительство и архитектура: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 21-23 мая 2003 г. -Омск, 2003. -Кн.2. -С. 90-92.
- 4 Предварительный анализ применения большегрузных автосамосвалов на сооружении земляного полотна железных дорог Мереть-Среднесибирская и Ягельная-Ямбург: отчет по НИР по теме РНФ-7/ПК-86 /СибЦНИИС. -Новосибирск, 1986. -48 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *вскрышные работы, грузоподъемность, погрузочно-транспортная система, экскаваторно-автомобильный комплекс*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ткаченко Виктор Яковлевич, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Выгонный Виталий Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ПРЕДЛОЖЕНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОДИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ПУТЕВОЙ ТЕХНИКИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

С.А. Коларж, А.А. Игумнов

THE PROPOSALS FOR THE ESTABLISHMENT OF A SYSTEM OF CLASSIFICATION AND CODING OF FAILURES OF TRACK EQUIPMENT

Siberian state transport university
S.A. Kolarzh, A.A. Igumnov

The analysis of failures of track machinery complex of the enterprises of the West-Siberian railway has been performed. The fault code reflecting a kind of a machine, the joint on which the failure was, the joint element and the nature of the committed faults were generated.

Keywords: track machines, classification, failure, malfunction, cipher

Выполнен анализ отказов парка машин путевого комплекса предприятий Западно-Сибирской железной дороги, сгенерирован код неисправности, отражающий вид машины, узел в котором произошел отказ, элемент узла и характер зафиксированной неисправности.

Развитие железнодорожной отрасли неразрывно связано с повышением надежности подвижного состава и максимальной реализацией его эксплуатационного потенциала. Применение систем контроля технического состояния сегодня позволяют значительно сократить количество отказов элементов путевого техники и максимально приблизиться к стратегии реализации системы ТО и Р, основанной на фактическом техническом состоянии. Но, несмотря на оснащение эксплуатационных предприятий современными техническими средствами контроля, остаются нерешенными вопросы, относящиеся к области учета отказов и реализации информационной поддержки процесса эксплуатации [1].

Учет отказов путевого техники сегодня построен на заполнении разрозненных по своей структуре форм, где сотрудники каждого из эксплуатационных предприятий компании вынуждены вручную вносить собранную информацию. Такой подход существенно осложняет процесс анализа и обработки материалов, и как следствие, снижает продуктивность и качество политики направленной на минимизацию отказов и увеличение безопасности производства путевых работ.

Частично улучшить данную ситуацию возможно путем внедрения в процесс сбора, учета и анализа отказов путевого техники, системы классификации и кодирования.

Подобные системы уже нашли применение на железнодорожном транспорте. Так, например, широко применяется классификатор «Неисправности вагонных колесных пар и их элементов» и классификатор «Основные неисправности грузовых вагонов», структура которого рассмотрена далее.

В классификаторе «Основные неисправности грузовых вагонов» при обозначении укрупненного узла грузового вагона используется девять значений кода, причем восемь из них закреплены за конкретными узлами, а девятый выделен под служебные коды, не связанные с техническим состоянием вагона:

- 1 неисправности колесной пары;
- 2 неисправности тележки;
- 3 неисправности автосцепного оборудования;
- 4 неисправности автотормозного оборудования;
- 5 неисправности кузова;
- 6 неисправности рамы вагона;
- 7 неисправности кузова, ведущие к исключению вагона из инвентарного парка;
- 8 служебные коды.

Вторая и третья позиции кода определяют порядковый номер неисправности элемента узла [2].

Внедрение представленного классификатора позволило существенно сократить потери на обеспечение эксплуатационных предприятий достаточным объемом запасных частей и дало возможность планировать работу по предотвращению отказов грузовых вагонов с производителем и ремонтными предприятиями.

Путевая машина (ПМ) по сравнению с грузовыми вагонами является более сложной технической системой. Поэтому использование системы классификации неисправностей грузовых вагонов для классификации отказов ПМ не представляется возможным.

Целью данной работы является создание системы классификации и кодирования отказов путевых машин.

К задачам можно отнести следующее: анализ классификаторов применяемых на предприятиях ОАО РЖД, разделение ПМ на укрупненные узлы, определение структуры кода неисправности для создаваемого классификатора.

Для создания классификатора необходимо определить основные принципы построения будущей системы классификации и кодирования.

К ним можно отнести:

- Содержание классификации должно отвечать требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ, ТУ) используемой на железнодорожном транспорте и включать уже применяемые сокращения и обозначения.

- Структура классификации должна отражать максимально возможную совокупность отказов путевой техники и обеспечивать однозначное восприятие неисправности.

- Использование классификатора должно способствовать решению задач оценки технического состояния парка путевых машин, управления ремонтом машинного парка, учета наличия неисправной путевой техники и обеспечения предприятия достаточным количеством запасных частей.

- Классификация строится по комбинированной цифровой системе, где за каждой группой цифр в коде закреплена определенная группа шифра.

Одним из назначений классификатора является построение на его базе системы сбора и обработки информации об отказах путевой техники. По этой причине первая позиция в коде классификатора должна обеспечивать точную идентификацию вида машины.

Максимальное значение порядкового номера отведенного на наименование машин и механизмов, применяемых для проведения путевых работ на предприятиях ОАО «РЖД» не превышает восьмидесяти единиц, также в соответствии с правилами формирования классификаций мы должны учитывать 10% рост количества позиций, таким образом, для шифрования наименований машин и механизмов нам потребуется не более двух знаков.

Для визуального отделения кода вида машины от кода отказа предлагается использовать знак тире.

Вторая позиция кода выделена для обозначения укрупненного узла машины, в котором произошел отказ. Для унификации системы классификации отказов путевой техники (КОПТ) выделено одиннадцать основных узлов, «выходы» которых фиксировались чаще всего.

Принятое разделение машины на укрупненные узлы (таблица 1) обеспечило возможность проведения группировки отказов и включения их в классификатор в полном объеме.

Таблица 1 – Укрупненные узлы путевой машины и соответствующие им шифры

Укрупненный узел	Шифр узла
Двигатель внутреннего сгорания	01
Гидросистема	02
Пневмосистема	03
Электрооборудование	04
Рабочие органы	05
Транспортеры	06
АС Навигатор	07
Контрольно-измерительная система	08
Ходовая часть	09
Трансмиссия	10
КЛУБ	11

Третий разряд кода будет определять конкретную неисправность элемента укрупненного узла. Ранжирование отказов по укрупненным узлам проведено на основании анализа базы статистических данных, собранных на предприятиях Западно-Сибирской железной доро-

ги, наполнение которой велось в течение трех лет. Исходя из этого, можно сделать вывод о необходимой и достаточной полноте статистического материала, который был положен в основу формирования системы КОПТ.

Максимальное значение порядкового номера неисправности элемента укрупненного узла не превышает девяносто единиц, таким образом, для шифрования наименований машин и механизмов нам потребуется не более двух знаков.

Для формирования базы данных о природе возникновения и развития отказов ПМ и их статистического учета предлагается по примеру классификатора «Основные неисправности грузовых вагонов» четвертым разрядом кода необходимо обозначать вид неисправности. Эту позицию кода будет указывать инженер после проведения квалифицированной оценки вида неисправности. При автоматизированном кодировании отказа до момента определения вида неисправности четвертая позиция кода будет иметь нулевое значение. Это значение будет меняться в процессе подготовки отчетных документов. В конечном итоге такой подход будет способствовать упрощению проведения анализа причин возникновения отказов. Для шифрования вида неисправности в соответствии с таблицей 2 достаточно одного знака.

Таблица 2 – Виды неисправностей ПМ и соответствующие им коды

Код	Вид неисправности	Причина возникновения неисправности
1	Технологическая	Неисправность, связанная с качеством изготовления и нарушениями технологии и периодичности проведения восстановительных технических операций.
2	Эксплуатационная	Неисправность, вызванная естественным износом деталей и узлов путевой машины или произошедшая по причинам, не связанным с низким качеством изготовления или нарушениями технологии и периодичности проведения восстановительных технических операций.
3	Повреждение	Неисправность, вызванная нарушением установленных правил и условий эксплуатации путевой машины во время производства работ, при маневровых и производственных операциях на путях промышленных предприятий и путях общего пользования

Исходя из вышеизложенного код отказа ПМ будет состоять из:

- 2-х знаков, определяющих вид ПМ;
- 2-х знаков, определяющих укрупненный узел ПМ в котором произошел отказ;
- 2-х знаков, определяющих конкретную неисправность элемента укрупненного узла;
- 1-го знака, определяющего вид неисправности.

Разработанная структура кода неисправности для классификатора отказов путевой техники (КОПТ) приведена на рисунке.

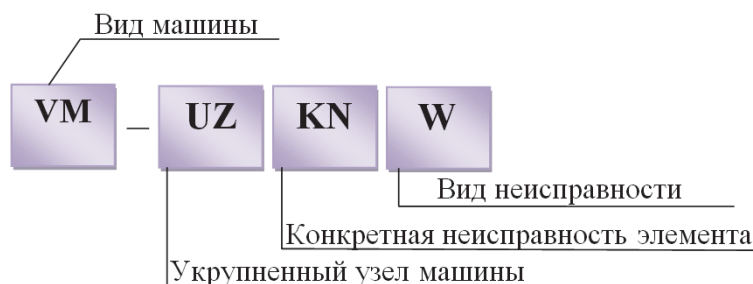


Рисунок – Структура кода неисправности классификатора отказов путевой техники

Научная новизна работы состоит в следующем: предложена система классификации и кодирования отказов ПМ в целом, а также их систем и механизмов по отдельности.

Использование представленной системы классификации позволит перейти к автоматизированной системе учета отказов. Что в свою очередь даст возможность оперативно реагировать на участвовавшие случаи возникновения отказов с целью их минимизации, путем автоматизированной передачи информации, об идентичных неисправностях, зафиксированных за определенный промежуток времени на завод изготовитель ПМ. Подобный подход широко распространен в зарубежных компаниях [3]. Использование этого инструмента положительно скажется и на системе планирования, где можно будет в автоматическом режи-

ме, при наличии соответствующего программного обеспечения, спрогнозировать необходимое количество запасных частей для конкретного парка машин на основании статистических данных. В конечном итоге использование предложенного классификатора позволит задействовать новые конструкторские и технологические пути повышения надежности путевых машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Манаков, А.Л. Теория, методы и практика совершенствования организации повышения качества и надежности технического сервиса путевых машин на основе операционного менеджмента и процессного подхода: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.Л. Манаков. -М., 2013.
- 2 Классификатор «Основные неисправности грузовых вагонов»: (К ЖА 2005 04). -2005. -16 с.
- 3 Манаков, А.Л. Создание системы мониторинга технического состояния транспортных и технологических машин / А.Л. Манаков, А.А. Игумнов, С.А. Коларж // Физико-техн. проблемы разработки полез. ископаемых. -2013. -№4. -С. 125-132.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *путевые машины, классификация, отказ, неисправность, шифр*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Коларж Сергей Александрович, соискатель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Игумнов Алексей Андреевич, соискатель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РУСЛА НА ПРИМЕРЕ ОБСКОГО БАСЕЙНА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Ботвинков, Н.В. Голышев, В.А. Седых, С.В. Моторин, А.В. Ботвинков

SOFTWARE MODULES FOR CALCULATION AND ANALYSIS OF THE LOCAL CHANNEL PARAMETERS FOR EXAMPLE OB BASIN

Novosibirsk state academy of water transport
 V.M. Botvinkov, N.V. Golyshev, V.A. Sedykh, S.V. Motorin, A.V. Botvinkov

Given calculation module channel parameters on the example of the Ob River.

Keywords: structure, depending, riverbed parameters

Приведен модуль расчета параметров русла на примере реки Оби.

Одной из важных составляющих анализа русловых процессов и обоснования гидротехнических работ является расчет параметров сечений и участков русла реки в состав которых входят ширина зеркала в сечении, смоченный периметр, площадь живого сечения, средняя глубина, гидравлический радиус, модуль расхода и модуль сопротивления участков русла. Перечисленные параметры рассчитываются на основе данных русловой съемки. Расчет локальных параметров русла реки обычно производится в программных средах для математических расчетов, например, MatLab или MathCad. Недостатком такого подхода является то, что специалисту в предметной области необходимо самому составить программу, что требует от него достаточных знаний в программировании, кроме того файлы программ имеют низкую защищенность от произвольных ошибок и изменений. Последнее объясняется тем, что исполнение программ проводится в режиме интерпретации. Любой пользователь может открыть файл в среде MatLab и изменить программный код.

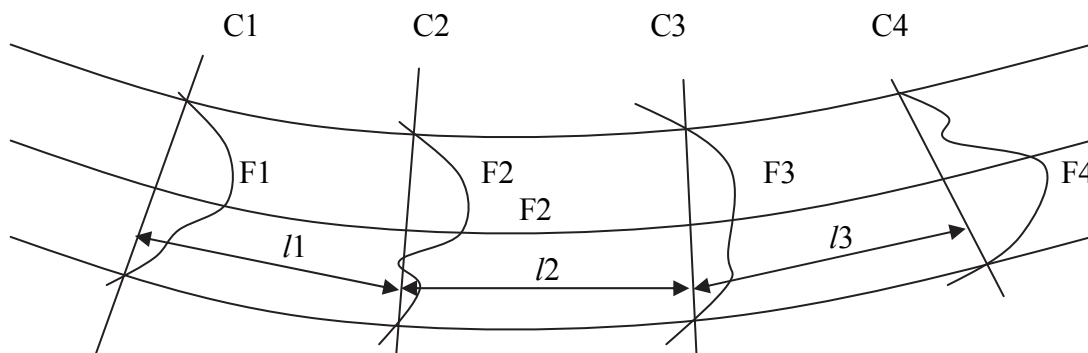


Рисунок 1 – Схема к определению модулей сопротивления участков русла

Разработанный программный модуль для расчета локальных параметров сечений русла реализован в виде исполняемого файла, имеющего графический интерфейс. Во избежание несанкционированного изменения кода программы, код подвергается компиляции на язык С, при этом создается исполняемый файл *.exe.

Для расчета используются результаты съемок глубин в различных сечениях русла (рисунок 1).

Схема сечения приведена на рисунке 2. Для каждого сечения вычисляются локальные параметры. Площадь живого сечения

$$\omega = S - \int_B Z_0(x) dx; \quad (1)$$

$$S = B(X_N - X_1),$$

где $Z_0(x)$ – функция, описывающая рельеф сечения, полученная в результате интерполяции. Для расчета формула (1) преобразуется к виду

$$\omega = B(X_N - X_1) - \sum_{i=1}^{N-1} Z_{0i}(X_{i+1} - X_i). \quad (2)$$

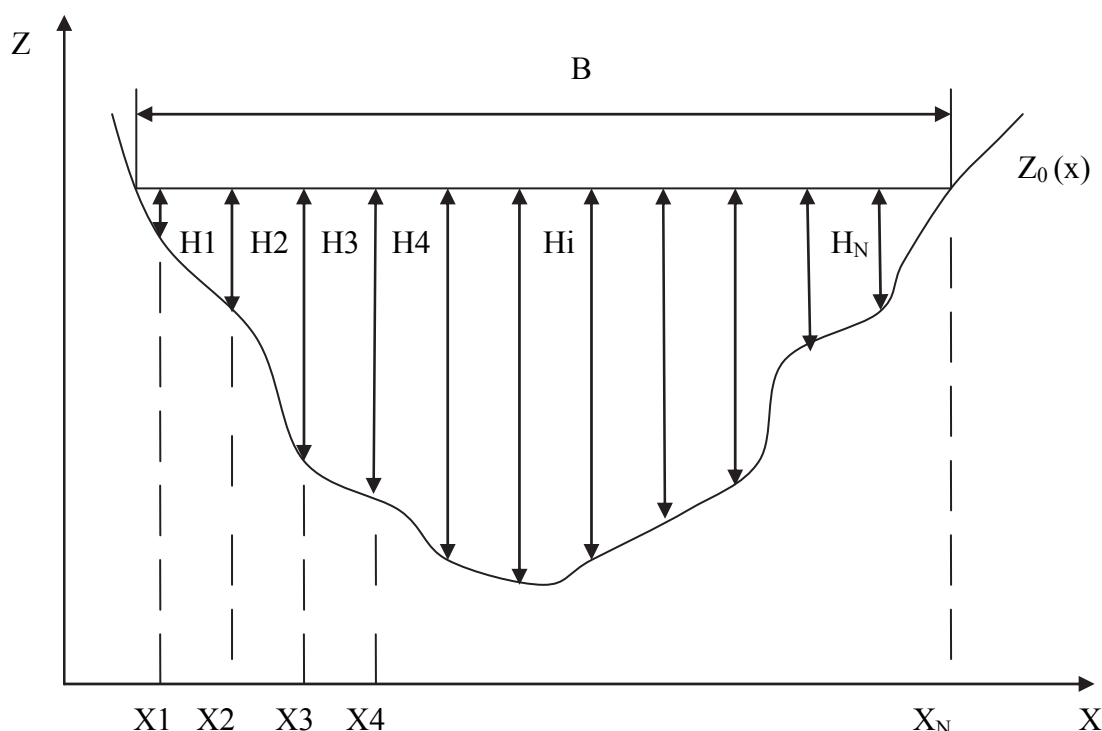


Рисунок 2 – Глубины в различных сечениях русла и схема сечения: $Z_0(x)$ - линия рельефа сечения русла; B - ширина зеркала водной поверхности; X_i - координаты точек измерения глубин; H_i - измеренные глубины $i = 1 \div N$

Смоченный периметр вычисляется по формуле

$$\chi = \int_{x_1}^{x_N} \sqrt{1 + \left(\frac{dz_0}{dx}\right)^2} dx = \sum_{j=1}^N \sqrt{1 + \left[\frac{z_0(X_{j+1}) - z_0(X_j)}{X_{j+1} - X_j}\right]^2} (X_{j+1} - X_j). \quad (3)$$

Для вычисления гидравлического радиуса используется формула

$$R = \omega / \chi.$$

При вычислении коэффициента Шези использована формула Маннинга в виде

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6},$$

где n – коэффициент шероховатости участка русла.

Далее вычисляется модуль расхода

$$K = \omega C \sqrt{R}. \quad (4)$$

Расчеты по приведенным формулам проводятся для всех заданных сечений. В резуль-

тате формируются исходные данные для расчета интегральных параметров русла. В частности, среднего модуля расхода

$$K_{cp} = \frac{K_j + K_{j+1}}{2},$$

и модуля сопротивлений участков русла F_j . Здесь $j = 1 \dots M$ - количество участков русла.

Для расчета модуля сопротивления используется формула

$$F_j = \frac{\Delta L_j}{K_{cp}^2} = \frac{L_{j+1} - L_j}{\left[\frac{1}{2}(K_{j+1} + K_j) \right]^2}. \quad (5)$$

Таким образом, в результате выполнения алгоритма рассчитываются все необходимые параметры: площади живых сечений, модули расхода и модули сопротивления участков русла. Расчет производится с шагом, заданным пользователем. Для удобства анализа результаты могут быть выведены в виде значений нормированных к бытовому уровню. Приведенный выше алгоритм реализован в виде программного модуля для информационной системы водных изысканий.

Структурная схема взаимодействия разработанного модуля с базой данных (БД) информационной системы водных изысканий приведена на рисунке 3.

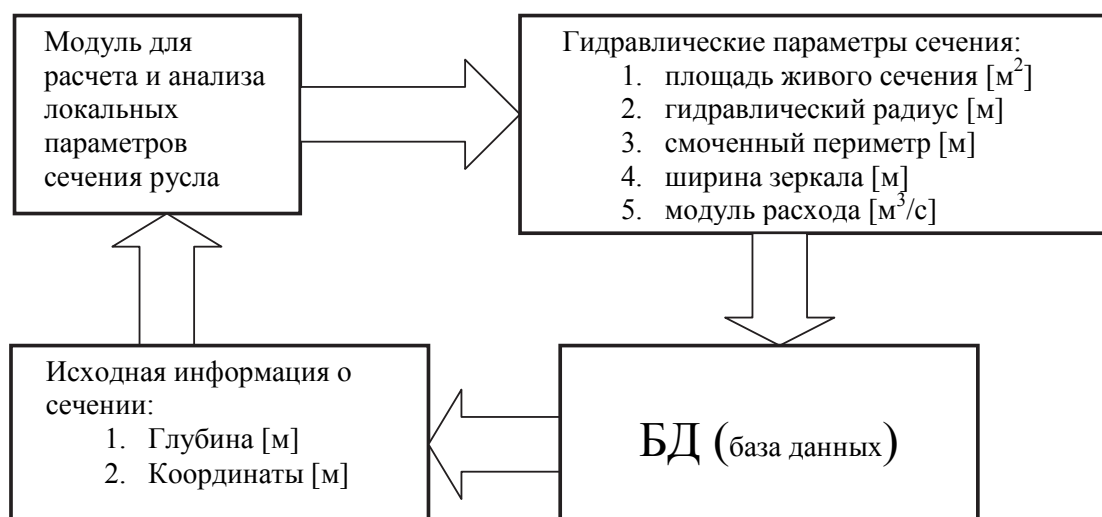


Рисунок 3 – Структурная схема модуля

Пример выполнения расчета

Для иллюстрации функционирования модуля зададим вариант значений входных параметров (рисунок 4).

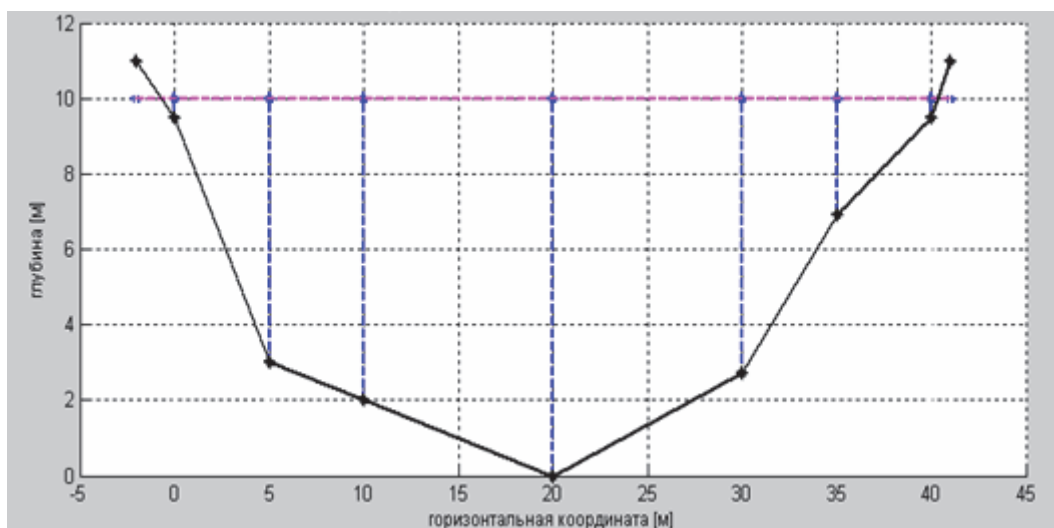


Рисунок 4 – Профиль сечения русла

Далее производятся расчеты локальных параметров сечения русла: в частности, ширину зеркала; смоченный периметр; гидравлический радиус; живое сечение; модуль расхода. Все параметры нормированы к бытовым значениям.

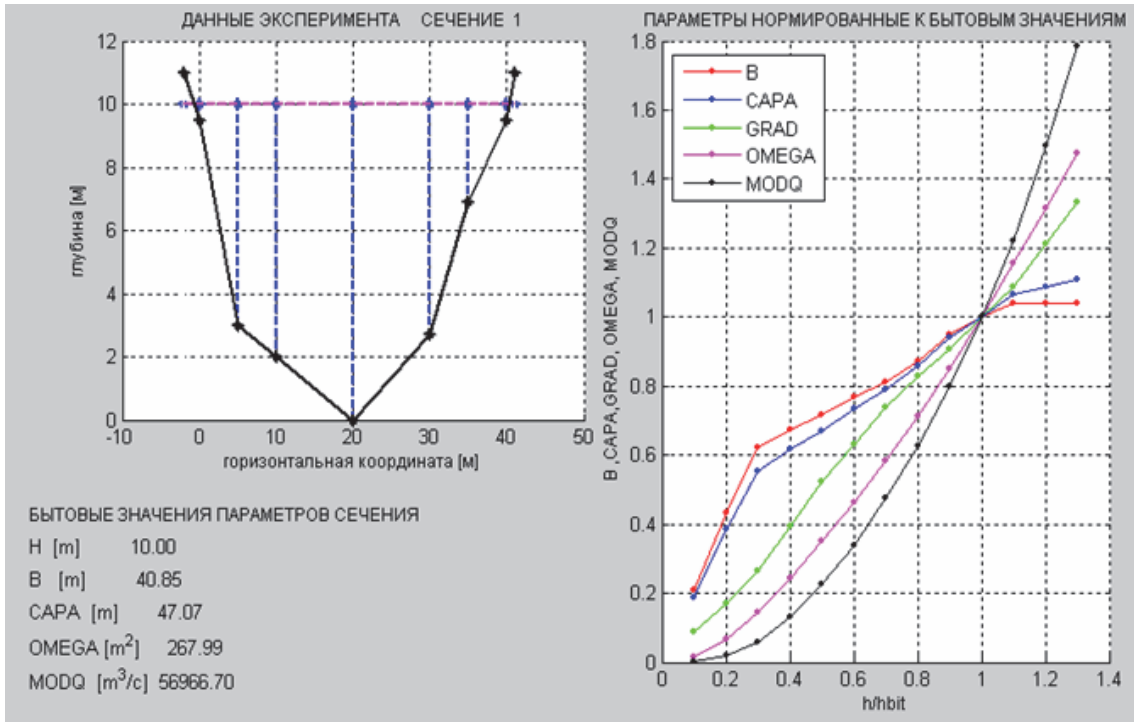


Рисунок 5 – Параметры, нормированные к бытовым значениям

Результаты расчета отображаются на форме модуля и сохраняются в файловой системе базы данных, рисунок 5.

На рисунке 6 изображены два сечения и результаты расчетов выше перечисленных параметров, необходимых для расчета плана течений.

Пример расчета плана течений для этого участка приведен на рисунке 7, а вывод плана течений показан на рисунке 8.

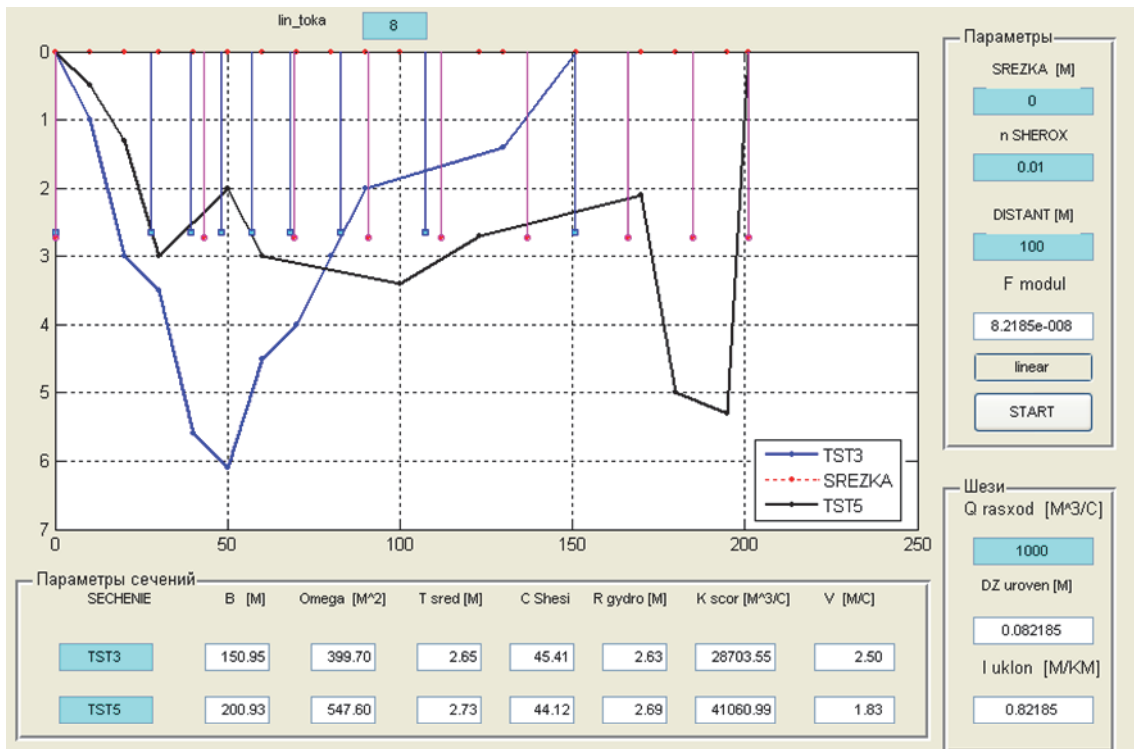


Рисунок 6 – Панель вывода результатов расчетов параметров участка реки

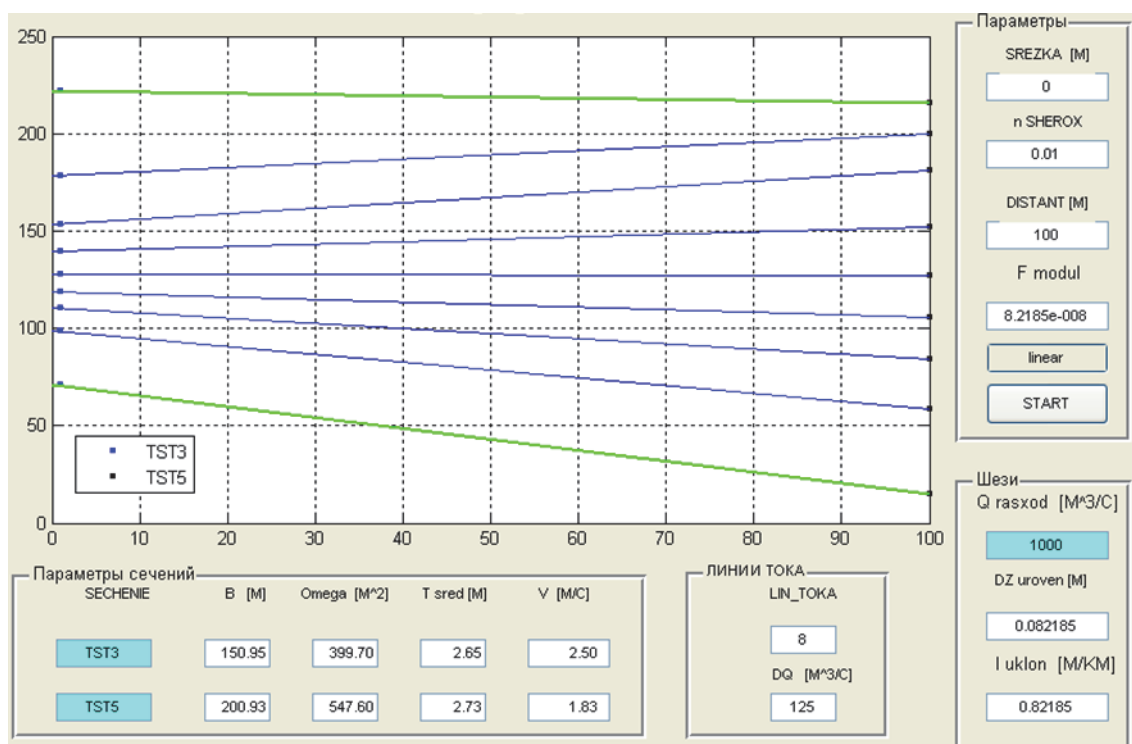


Рисунок 7 – Панель вывода результатов расчетов параметров участка реки в режиме расчета плана течений

Полученный план течения является основой для оценки устойчивости русла на участке между двумя сечениями. Далее расчеты ведутся для последующих участков.

Для примера приведем планы течений на перекате Талицкий.

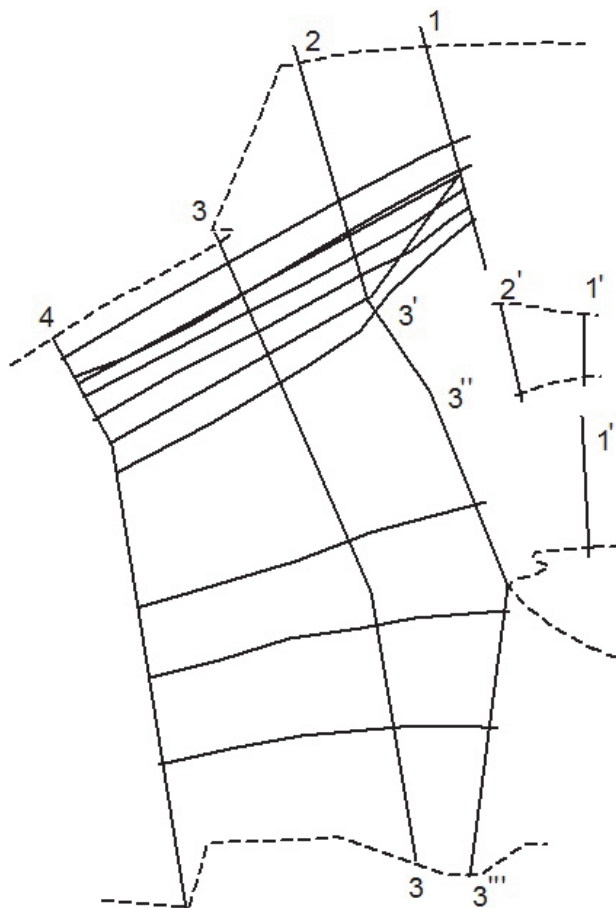


Рисунок 8 – Перекат Талицкий

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Расчетная схема для переката Талицкий. Положительное направление расхода «слева направо, сверху вниз». Расход $Q = 3500 \text{ м}^3/\text{с}$, срезка 3,25 м. Значение коэффициента шероховатости, рассчитанного по формуле Маннинга равно 0,022, в этом случае имеем размерность $\text{м}^{-1/3} \text{ с}$

Значение модуля сопротивлений, расчета расходов и падения уровня на участках для переката Талицкий приведены в таблице 1

Таблица 1 – Модуль сопротивлений, расчет расходов и падения уровня на участках для переката Талицкий

№ п/п	Обозначение	Значение модуля сопротивления, $\text{м}^{-5} \cdot \text{с}^2$	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Δz , $\text{м} \cdot 10^{-3}$
1	F1	$1,64 \cdot 10^{-9}$	3500	20,003
2	F2	$1,28 \cdot 10^{-9}$	3500	15,67
3	F3	$6,22 \cdot 10^{-9}$	1270	10,01
4	F4	$1,63 \cdot 10^{-7}$	180	5,46
5	F5	$1,38 \cdot 10^{-7}$	180	4,54
6	F6	$1,24 \cdot 10^{-8}$	890	10,01
7	F7	$7,50 \cdot 10^{-9}$	1150	10,01

Схема расположения узлов участков

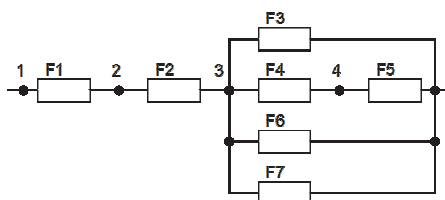


Рисунок 9 – Расчетная схема для переката Талицкий

Графики расчета параметров переката Талицкий

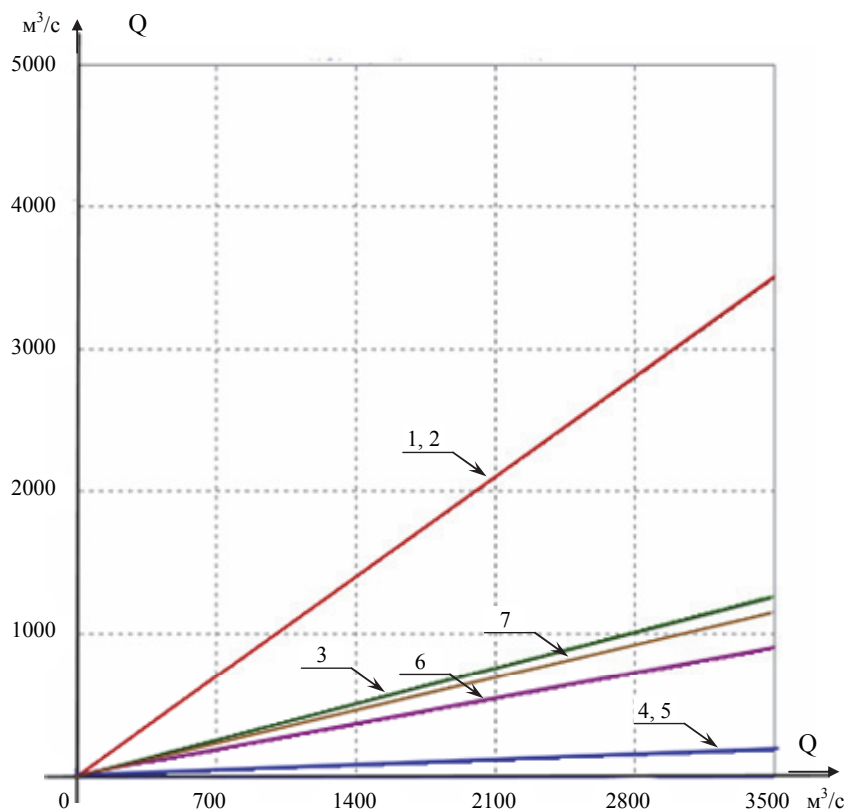


Рисунок 10 – Графики расчета расходов на участках от входного расхода (цифрами обозначены номера участков)

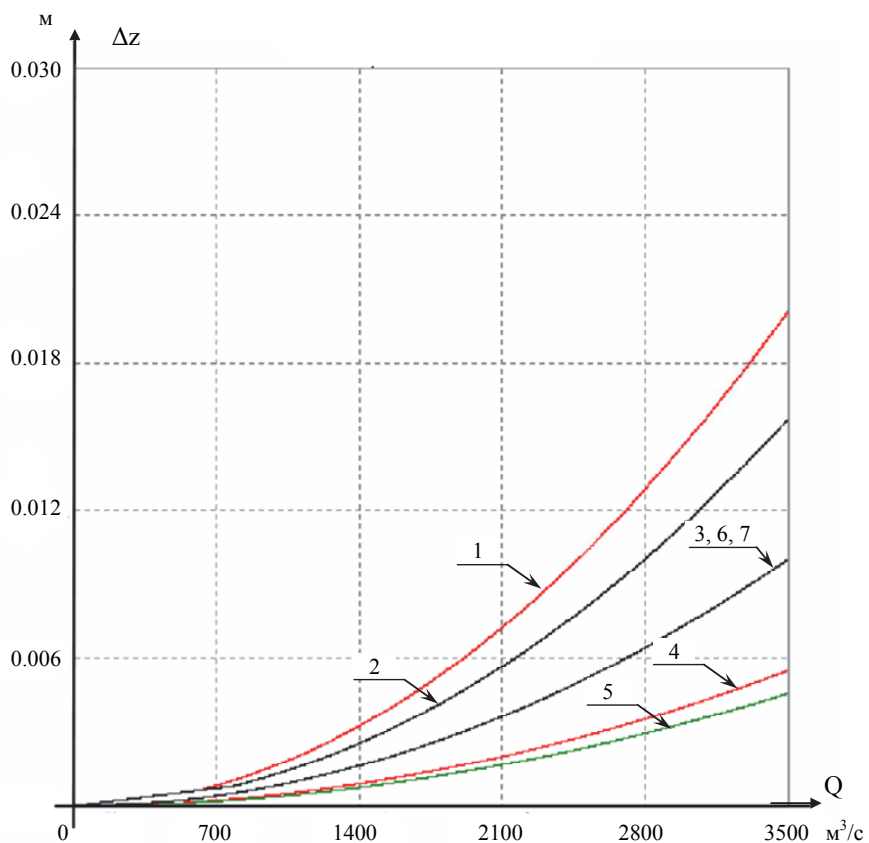


Рисунок 11 – Графики зависимостей падений уровней на участках от входного расхода (цифрами обозначены номера участков)

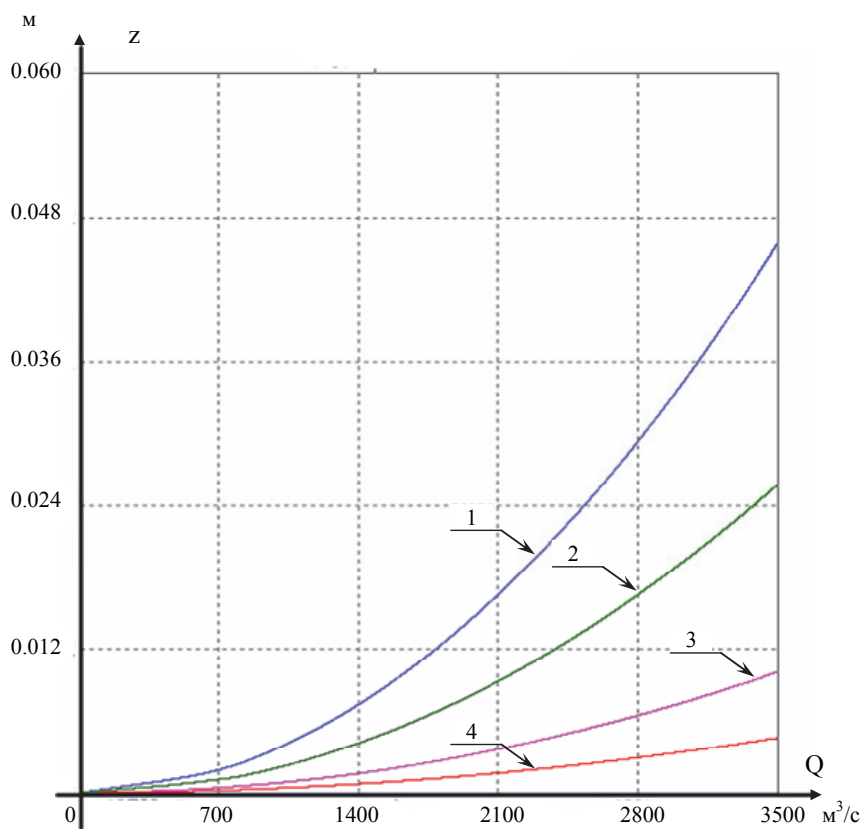


Рисунок 12 – Графики уровней свободной поверхности в узлах (цифрами обозначены номера участков)

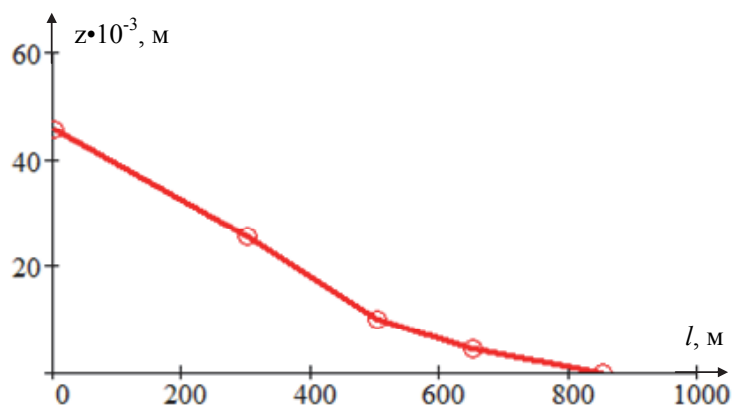


Рисунок 13– Положение свободной поверхности на перекате Талицкий узлы 1-2-3-4

Результаты математического моделирования показывают, что небольшие эксплуатационные прорези, ранее выполнявшиеся на данных участках неустойчивы, для стабилизации трассы судового хода требуется выполнение комплекса выправительных работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структура, зависимости, параметры русла
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ботвинков Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Голышев Николай Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Седых Виталий Алексеевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Моторин Сергей Викторович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Ботвинков Антон Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Т.Е. Маликова, М.А. Москаленко

CATASTROPHE THEORY APPLICATION TO THE STUDY OF THE SYSTEM OF ENSURING SEA-GOING VESSELS' TECHNOLOGICAL SAFETY

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
T.E. Malikova, M.A. Moskalenko

A possibility of accommodating catastrophe theory models for studying ship stability when her cargo shifts is considered. In particular, application of mathematical cusp catastrophe model for describing evolution of dangerous situations pertaining to cargo shifting is analyzed.

Keywords: safety in operation, shifting cargoes, dangerous situations, catastrophe theory, cusp catastrophe

Рассматривается возможность адаптации моделей теории катастроф для исследования устойчивости судов при смещении груза. В частности, анализируется применение математической модели катастрофы сборки для описания развития опасных ситуаций, связанных со смещением груза.

Обеспечение эксплуатационной безопасности судов, перевозящих смещающиеся грузы, является важной задачей мореплавания. Несмотря на внедрение современных средств и способов крепления грузов на морских судах, количество аварий со смещением груза не уменьшается, что требует поиска и исследования новых подходов к их предотвращению, одним из которых, несомненно, является эффективный анализ потенциально опасных ситуаций связанных с потерей устойчивости судна при смещении груза, которые являются предшественниками аварий.

В статье исследуется катастрофа сборки как модель, описывающая состояние системы «судно-груз», (СГ-система). Под катастрофой здесь, в соответствии с теорией, понимается внезапное изменение состояния системы при малом изменении ее управляющих параметров [1]. Такое изменение состояния системы возможно лишь тогда, когда она находится в точке неустойчивого равновесия. Состояние устойчивого и неустойчивого равновесия СГ-системы можно описать с помощью потенциальной функции.

Введем в качестве характеристики СГ-системы наклона судна, возникающие из-за смещения груза [2, 3]. При этом вследствие действия кренящего момента судно будет уходить из положения равновесия, и для приведения его в первоначальное состояние необходимо создать восстанавливающий момент, образующийся силой плавучести (поддержания) и силой тяжести (веса).

Для нахождения зависимостей скоростей изменения крена судна и восстанавливающего момента (динамических переменных) от самих этих величин рассмотрим расчетную схему (рисунок 1). Если задать наклонения θ_i судна как переменную относительно предполагаемой постоянной величины θ_m , а состояние устойчивости положением его метацентра – величиной Z_M относительно центра тяжести – Z_G , то получим две аналитические зависимости безразмерных параметров:

– наклонение судна относительно максимального угла диаграммы статической устойчивости

$$\eta = \frac{\theta_i - \theta_m}{\theta_m};$$

– взаимное положение сил веса и сил поддержания при наклонениях судна

$$\lambda = \frac{Y_c - Y_G}{Y_c}.$$

Известно, что в общем случае для удержания судна от опрокидывания необходимо управлять взаимным положением сил веса и сил поддержания при наклонениях судна. Следует отметить, что в соответствии с принципом минимума потенциальной энергии СГ-система всегда будет стремиться к состоянию устойчивого равновесия, которое обуславливает возникновение опасной эксплуатационной ситуации, когда система достигает наиболь-

шего кренящего момента, который судно может выдерживать не опрокидываясь.

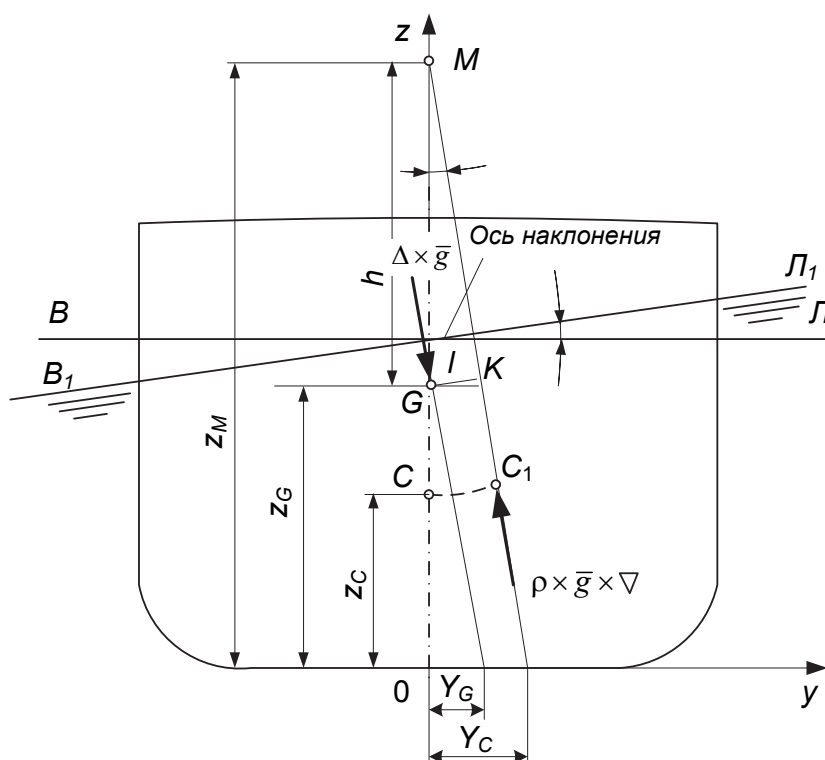


Рисунок 1 – Расчетная схема

Такая система может быть представлена с помощью катастрофы сборки, потенциальная функция которой определяется следующим каноническим выражением [4]

$$V_{\lambda\eta} = \frac{x^4}{4} + \lambda \frac{x^2}{2} + \eta x. \quad (1)$$

Для заданной пары (λ, η) критические точки функции (1) определяются из условия

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}\lambda x^2 + \eta x \right) = x^3 + \lambda x + \eta = 0. \quad (2)$$

Природа корней уравнения (2) зависит от значений η и λ , а именно от дискриминанта рассматриваемого кубического уравнения

$$D = 4\lambda^3 + 27\eta^2. \quad (3)$$

Известно, что если $D > 0$, имеется один вещественный и пара взаимно-сопряженных комплексных корней. Если $D < 0$, имеется три различных вещественных корня. Если $D = 0$, то имеется три вещественных корня, но некоторые из них совпадают между собой: при $\eta \neq 0$ или $\lambda \neq 0$ совпадают два корня, а при $\eta = \lambda = 0$ совпадают все три корня. Геометрически это означает, что природа корней, а значит, и равновесие системы зависит от положения судна на плоскости (η, λ) по отношению к бифуркационной кривой, определенной в координатах η, λ уравнением

$$4\lambda^3 + 27\eta^2 = 0. \quad (4)$$

Довольно сложное поведение потенциальной функции можно геометрически представить в виде многообразия катастрофы сборки M или поверхности равновесия в пространстве $x\lambda\eta$. Это множество точек (x, λ, η) , удовлетворяющих уравнению (2). Оно имеет вид поверхности со сборкой в точке P .

Отметим, что окрестность большинства точек поверхности катастрофы M [4] локально является графиком некоторой функции от (λ, η) . Для построения графика этой функции рассмотрим отображение катастрофы

$$X: M \rightarrow C, \quad (5)$$

которое проецирует точки множества M на плоскость λ, η (множество C) по правилу

$$(x, \lambda, \eta) \Rightarrow (\lambda, \eta),$$

где $x \in M$ в окрестности начала (рисунок 2).

Многообразие катастрофы M является гладким подмногообразием в R^3 . Точки множества M , в которых поверхность «подворачивается», «складывается» и в которых, следовательно, касательная плоскость вертикальна, – это в точности критические точки отображения катастрофы. Их можно найти, решая систему уравнений

$$\begin{cases} x^3 + \lambda x + \eta = 0; \\ \frac{\partial^2}{\partial x^2}(x^3 + \lambda x + \eta) = 3x^2 + \lambda = 0. \end{cases}$$

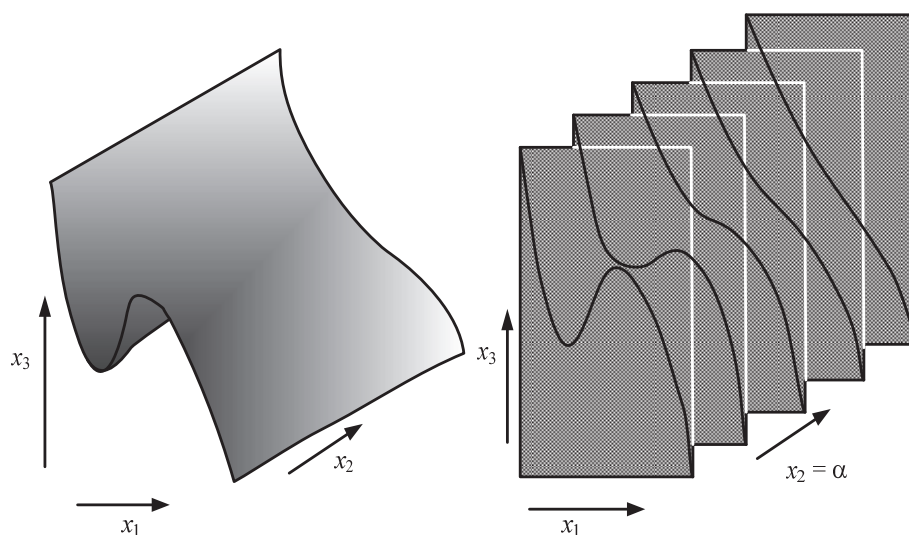


Рисунок 2 – Проекция точек множества M на множество C

Из второго уравнения системы получим $\lambda = -3x^2$, и подставляя это выражение в первое уравнение системы, получим $\eta = 2x^3$. Таким образом, точки M , в которых касательная плоскость вертикальна, лежит на кривой, задаваемой параметрически как

$$(x, -3x^2, 2x^3),$$

где x – вещественный параметр.

Это скрученная кубическая кривая, лежащая на M , называется кривой складок и обозначается через F . Кривая F – гладкая кривая в множестве C с параметрическим заданием $(-3x^2, 2x^3)$.

Решая совместно уравнения

$$\lambda = -3x^2 \text{ и } \eta = 2x^3,$$

получим уравнение (4). Следовательно, эта полукубическая парабола является искомой бифуркационной кривой на поверхности равновесия в пространстве $x\lambda\eta$ (рисунок 3).

Расшифровка графических зависимостей однозначно определяет устойчивость системы с точки зрения внезапного приращения потенциальной энергии, что позволило выявить новые, очень важные закономерности. Прежде всего, удалось в рамках критерия бифуркации процесса, установить особый вид ветвления, когда, при $\lambda \leq 0$ система скачкообразно переходит из состояния устойчивого равновесия – в неустойчивое. Из графической зависимости $\lambda = f(\eta)$ видно, что для перевода системы в состояние равновесия необходимо понизить уровень значений безразмерного параметра η до нуля или перевести судно в область положительных значений $\lambda > 0$, используя управление регуляторами с обратной связью до уровня $\sum \Delta \Pi_{\text{рег}} \geq \Delta \Pi_{\xi}$.

Наряду с этим выявлены границы областей пространства управления технологической безопасности судна, представленные на диаграмме (рисунок 4). Указанная диаграмма может служить инструментом для оценки пригодности судна для перевозки данного вида груза и установления для него (судна) технологических ограничений.

Чтобы использовать диаграмму (рисунок 4) необходимо определять безразмерные па-

раметры λ и η . По этим данным по диаграмме выполняют оценку и принимают решение, руководствуясь следующими правилами.

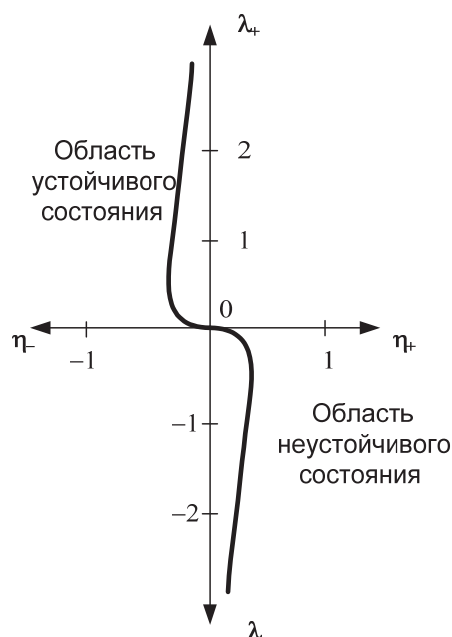


Рисунок 3 – Катастрофическое изменение состояний

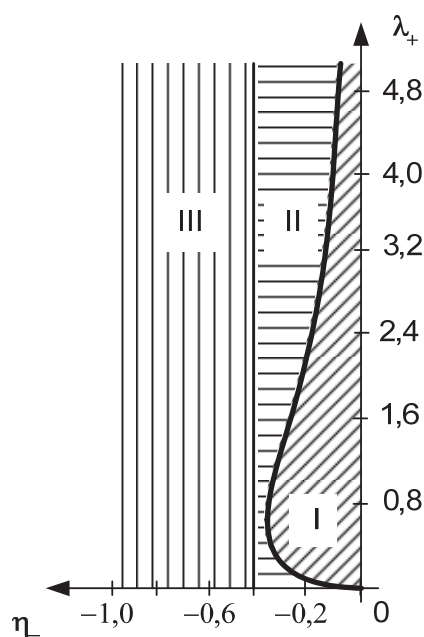


Рисунок 4 – Границы областей пространства управления технологической безопасностью судна

1 Если точка с координатами $(\bar{\lambda}, \bar{\eta})$ находится в области I, то вероятность опрокидывания судна очень велика. Это объясняется тем, что в данной области пространство характеризуется сочетанием двух отрицательных факторов: значения величины наклона θ_i судна больше значения постоянной величины θ_m и появляется избыток кренящего момента. На практике, при наложении этих двух факторов, судно уходит из положения равновесия – происходит катастрофа. Например, опрокидывание судна или сброс груза за борт. В этом случае принимаемое решение не может быть однозначным.

2 Если точка с координатами $(\bar{\lambda}, \bar{\eta})$ находится в области II, то значения величины наклона θ_i судна приближаются к значению постоянной величины θ_m и значение кренящего момента приближается к своему максимуму. Необходимо уменьшить грузоподъемность судна, за счет сброса груза за борт.

3 Если точка с координатами $(\bar{\lambda}, \bar{\eta})$ находится в области III, то целесообразно управлять процессом смещения груза с помощью регуляторов с обратной связью.

4 Если точка с координатами $(\bar{\lambda}, \bar{\eta})$ находится в области пространства управления технологической безопасностью судна со значениями $\eta < -1$, то судно непригодно для перевозки груза в заданном районе плавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Арнольд, В. И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. -2-е изд., доп. -М. : Изд-во МГУ, 1983. -80 с.
 2 Маликова, Т. Е. Применение теории катастроф для классификации сценариев потери остойчивости судна при смещении груза / Т.Е. Маликова // Вестн. ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. -СПб.,2014. -Вып. 3(25). -С. 15-19.
 3 Москаленко, М.А. Адаптация моделей теории катастроф для исследования остойчивости судов при смещении грузов / М.А. Москаленко, Т.Е. Маликова // Проблемы транспорта Дальнего Востока: пленар. докл. десятой юбилейн. междунар. науч.-практ. конф., Владивосток, Россия / ДВО ПАТ. -Владивосток, 2013. -С. 217-218.
 4 Poston, T. Catastrophe Theory and Its Applications / T. Poston, I. Stewart. // Dover Books on Mathematics. -N.Y.: Dover Publications, 2012. -512 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эксплуатационная безопасность, смещающиеся грузы, опасные ситуаций, теория катастроф, катастрофа сборки
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Маликова Татьяна Егоровна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
 Москаленко Михаил Анатольевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ РАССТОЯНИЙ НА НОВОМ ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИпсоИДЕ ГСК-2011

НГОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»

Ю.А. Комаровский

HIGH-PRECISION FORMULAE FOR DISTANCE CALCULATIONS ON A NEW NATIONAL ELLIPSOID OF REFERENCE GSC-2011
Far-Eastern institute of communications
Yu.A. Komarovskiy

Switching by the Russian Federation to using new geodesic coordinate system GSC-2011 requires making changes in the distance calculation procedures that are currently accepted in geodesy, cartography and satellite navigation. In this article we obtain formulae and computed coefficients for high-precision calculations of distances along meridians and parallels on the new ellipsoid of reference. The formulae are simple and do not require calculations using large number of bytes.

Keywords: WGS-84 ellipsoid of reference, length one minute arc of meridian, geodetic system of coordinates GSC-2011

Переход в Российской Федерации на новую геодезическую систему координат ГСК-2011 требует изменения вычислительных процедур, принятых в настоящее время в геодезии, в картографии и в спутниковой навигации. В данной статье получены формулы и рассчитаны коэффициенты для высокоточных вычислений расстояний вдоль меридиана и вдоль параллелей на новом референц-эллипсоиде. Предлагаемые формулы просты и не требуют применения вычислительной техники с большой разрядностью.

С 1 января 2017 года в нашей стране устанавливается новая общеземная геоцентрическая система, названная «Геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011)» [1]. В её основу положен новый для нашей страны одноимённый референц-эллипсоид ГСК-2011, который заменит эллипсоид Красовского 1940 года. Система ГСК-2011 предназначена для геодезических и картографических работ. Поэтому в ближайшие годы в нашей стране предстоит переиздание морских и сухопутных карт. О необходимости переиздания карт можно убедиться, сравнив основные параметры эллипсоидов Красовского, ГСК-2011 и WGS-84.

Данные таблицы 1 позволяют убедиться в значительном отличии размера большей полуоси референц-эллипсоида ГСК-2011 от длины экваториального радиуса референц-эллипсоида Красовского. Видно, что новый эллипсоид своими параметрами близок к эллипсоиду WGS-84, принятому в спутниковой радионавигационной системе Навстар GPS.

Таблица 1 – Параметры эллипсоидов Красовского, ГСК-2011 и WGS-84 [1, 3, 4]

Параметр	Красовского	ГСК-2011	WGS-84
Большая полуось, м	6378245	6378136,5	6378137
Знаменатель сжатия	298,3	298,2564151	298,257223563

Широкое применение в морской навигации приёмников спутниковых радионавигационных систем, позволяющих определять координаты судов с разрядностью 0,0001 минуты широты и долготы, выдвигает необходимость точных вычислений расстояний на поверхностях современных референц-эллипсоидах. Цель данной статьи заключается в разработке простых формул, обеспечивающих высокоточные вычисления расстояний вдоль меридиана и параллели референц-эллипсоида ГСК-2011. С этим в первую очередь связана необходимость создания алгоритмов и программ высокоточных вычислений длин одной минуты меридиана и параллели.

Пусть ℓ_m и ℓ_p – длина в метрах одной минуты меридиана и одной минуты параллели соответственно референц-эллипсоида ГСК-2011 года. Известно, что длина дуги одной минуты радиуса кривизны R определяется как

$$\ell' = R \times \text{arc } 1'; \quad \text{arc } 1' = \frac{2\pi}{360 \times 60} = \frac{\pi}{10800} = 0,000290888208. \quad (1)$$

Вначале получим формулы для расчёта длины дуги одной минуты меридиана. Согласно (1), её длина в метрах определится следующим образом [2]

$$\ell'_m = M \times \text{arc } 1'; \quad M = \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^3}}, \quad (2)$$

где M – радиус кривизны меридианного сечения земного эллипсоида, м;

a – большая полуось земного эллипсоида, м;

e – его первый эксцентриситет

$$e^2 = 2f - f^2; f = 1/F; \quad (3)$$

φ – геодезическая широта места;

f – сжатие земного эллипсоида;

F – знаменатель сжатия.

Числитель радиуса кривизны меридианного сечения формулы (2) представляет собой константу, присущую только данному эллипсоиду. Знаменатель формулы (2) можно представить как

$$(1 - e^2 \sin^2 x)^{-3/2}. \quad (4)$$

Введём следующие обозначения:

$$k = -3/2; x = -e^2 \sin^2 x.$$

Тогда выражение (4) можно записать как $(1+x)^k$ и представить в виде биномиального ряда

$$(1+x)^k = 1 + kx + \frac{k(k-1)}{2!}x^2 + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!}x^3 + \dots \quad (5)$$

Ряд (5) будет сходящимся, так как условием его сходимости является несомненное выполнение неравенства $|x| < 1$, а величина e^2 всегда заведомо меньше единицы. Отсюда формулу (2) можно записать в следующем виде

$$\ell'_m = a(1 - e^2) \operatorname{arc} 1' \left[1 + kx + \frac{k(k-1)}{2!}x^2 + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!}x^3 + \dots \right]. \quad (6)$$

После подстановки в неё значений k, x и соответствующих преобразований формула (6) примет вид

$$\ell'_m = a(1 - e^2) \operatorname{arc} 1' \left[1 + \frac{3e^2}{2} \sin^2 \varphi + \frac{15e^4}{8} \sin^4 \varphi + \frac{35e^6}{16} \sin^6 \varphi + \frac{315e^8}{128} \sin^8 \varphi + \dots \right]. \quad (7)$$

Вычислительный эксперимент, проведённый с параметрами эллипсоида Красовского при $\varphi = 43^\circ$, показал, что четвёртый член ряда вызывает изменение результата только в шестом знаке после запятой [5-10]. Поэтому без потери точности практических вычислений вполне можно обойтись первыми тремя членами ряда.

Введём новые обозначения. Пусть

$$K_1 = a(1 - e^2) \operatorname{arc} 1'; K_2 = \frac{3K_1 e^2}{2}; K_3 = \frac{15K_1 e^4}{8}. \quad (8)$$

Тогда формулу для вычисления длины дуги одной минуты меридиана можно записать как

$$\ell'_m = K_1 + K_2 \sin^2 \varphi + K_3 \sin^4 \varphi. \quad (9)$$

Полученная формула (9) намного удобнее формулы (2). Если заранее рассчитать величины входящих в неё коэффициентов, то процедура расчёта с высокой точностью длины дуги одной минуты меридиана становится доступной не только для специализированной вычислительной техники даже с малой разрядностью вычислений, но и для инженерных микрокалькуляторов. Вычисленные автором коэффициенты формулы (9) помещены в таблице 2. В ней последняя цифра коэффициентов округлена.

Таблица 2 – Коэффициенты для вычисления по формуле (9) длины дуги одной минуты меридиана референц-эллипсоида ГСК-2011 года

K_1	K_2	K_3
1842,9044189459	18,5057037767	0,1548556854

Несмотря на простоту вычислений по формуле (9), они содержат в себе источник неудобств, связанных с возведением в степень синусов. Микропроцессорная техника с малой разрядностью в ходе выполнения операций возведения в степень может создавать ощутимые погрешности при малых значениях широты. Поэтому здесь предлагается отказаться от степеней синусов путём замены их косинусами двойного угла.

Согласно теореме сложения и формул кратных углов, чётные степени синусов можно

представить в виде следующей суммы [11]

$$\sin^N \varphi = \frac{(-1)^{N/2}}{2^{N-1}} \left[\cos N\varphi - \binom{N}{1} \cos(N-2)\varphi + \binom{N}{2} \cos(N-4)\varphi - \dots \right. \\ \left. + (-1)^{\frac{N-2}{2}} \binom{N}{(N-2)/2} \cos 2\varphi \right] + \binom{N}{N/2} \frac{1}{2^N}, \quad (10)$$

где $\binom{N}{1}, \binom{N}{2}, \binom{N}{(N-2)/2}$ – биномиальные коэффициенты, которые рассчитываются по формуле:

– для $N \geq n$
$$\binom{N}{n} = \binom{N}{N-n} = \frac{N!}{(N-n)!n!};$$

– для $N < n$, биномиальный коэффициент равен 0.

Отсюда имеем

$$\sin^2 \varphi = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\varphi; \quad \sin^4 \varphi = \frac{3}{8} - \frac{1}{2} \cos 2\varphi + \frac{1}{8} \cos 4\varphi. \quad (11)$$

Поскольку выше было показано, что без потери точности вполне можно ограничиться первыми тремя членами ряда (7), то подставим в формулу (9) соответствующие значения синусов из (11). После необходимых преобразований получим

$$\ell'_m = \left(K_1 + \frac{K_2}{2} + \frac{3K_3}{8} \right) - \left(\frac{K_2 + K_3}{2} \right) \cos 2\varphi + \frac{K_3}{8} \cos 4\varphi. \quad (12)$$

Введём новые обозначения. Пусть

$$K_{11} = \left(K_1 + \frac{K_2}{2} + \frac{3K_3}{8} \right); \quad K_{22} = \left(\frac{K_2 + K_3}{2} \right); \quad K_{33} = \frac{K_3}{8}.$$

Тогда рабочая формула для вычисления длины дуги одной минуты меридиана референц-эллипсоида ГСК-2011 с помощью биномиальных коэффициентов примет следующий вид

$$\ell'_m = K_{11} - K_{22} \cos 2\varphi + K_{33} \cos 4\varphi. \quad (13)$$

Значения коэффициентов K_{11}, K_{22} и K_{33} были рассчитаны и помещены в таблице 3. В таблице 3 последняя цифра коэффициентов округлена.

Таблица 3 – Коэффициенты для вычисления по формуле (13) длины дуги одной минуты меридиана референц-эллипсоида ГСК-2011 года

K_{11}	K_{22}	K_{33}
1852,2153417163	9,330279731	0,0193569607

Из формулы (13) и таблице 3 следует, что длина дуги одной минуты меридиана эллипсоида ГСК-2011 в широте 43° равна 1851,5453 м.

В навигации и в геодезии длину дуги одной минуты параллели в метрах принято рассчитывать по известной формуле [2]

$$\ell'_p = N \times \text{arc } 1' \times \cos \varphi = \frac{a \times \text{arc } 1'}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \times \cos \varphi, \quad (14)$$

где N – радиус кривизны земного эллипсоида в первом вертикале.

Разложим первый сомножитель второго выражения формулы (14) в степенной ряд по $\sin \varphi$

$$\frac{a \times \text{arc } 1'}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} = \text{arc } 1' a + \frac{\text{arc } 1' e^2 a \sin^2 \varphi}{2} + \frac{3 \text{arc } 1' e^4 a \sin^4 \varphi}{8} + \frac{5 \text{arc } 1' e^6 a \sin^6 \varphi}{16} + \dots \quad (15)$$

Введём следующие обозначения:

$$A_1 = \text{arc } 1' a; \quad A_2 = \frac{1}{2} \text{arc } 1' a e^2; \quad A_3 = \frac{3}{8} \text{arc } 1' a e^4; \quad A_4 = \frac{5}{16} \text{arc } 1' a e^6. \quad (16)$$

Величина коэффициента A_4 не превышает 0,0001739 м. Поэтому из дальнейшего рассмотрения коэффициент A_4 разумнее опустить.

С учётом введённых обозначений ряд (15) можно записать так

$$\frac{a \times \text{arc } 1'}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} = A_1 + A_2 \sin^2 \varphi + A_3 \sin^4 \varphi + \dots \quad (17)$$

Величины коэффициентов A_1 - A_3 помещены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты формулы (17) для вычисления длины дуги одной минуты параллели референц-эллипсоида ГСК-2011 года

A_1	A_2	A_3
1855,3247011105	6,2101410823	0,0311798675

Следует напомнить о том, что коэффициент A_1 (таблица 4) является длиной экваториальной мили эллипсоида ГСК-2011 года. Следовательно, длина дуги одной минуты параллели $\varphi = 43^\circ$ ГСК-2011 составит 1359,016 м.

Заменим синусы во второй и в четвёртой степени косинусами кратных углов, как это было сделано выше, и введём новые обозначения:

$$A_{11} = A_1 + \frac{A_2}{2} + \frac{3A_3}{8}; A_{22} = -\left[\frac{A_2 + A_3}{2}\right]; A_{33} = \frac{A_3}{8}. \quad (18)$$

В итоге с учётом выражений (17) и (18) рабочая формула для вычисления длины дуги одной минуты параллели в метрах примет следующий вид

$$l'_p = (A_{11} - A_{22} \cos 2\varphi + A_{33} \cos 4\varphi) \cos \varphi. \quad (19)$$

Значения коэффициентов A_{11} - A_{33} помещены в таблица 5.

Таблица 5 – Коэффициенты формулы (19) для вычисления длины дуги одной минуты параллели референц-эллипсоида ГСК-2011 года

A_{11}	A_{22}	A_{33}
1858,4414641019	3,1206604749	0,0038974834

Полученные рабочие формулы (9), (13), (17) и (19) обеспечивают точность расчётов не хуже 0,1 мм. Формулы просты, имеют одинаковую структуру, что значительно облегчает работу на инженерном микрокалькуляторе с малой разрядностью, а также упрощает программирование микропроцессорной техники для устройств, предназначенных для вычисления пройденных судном расстояний.

Сравнение коэффициентов таблиц 3 и 5 с коэффициентами, полученными в [5], позволяет сделать вывод о том, что вычисляемые расстояния на поверхности референц-эллипсоида WGS-84, принятом в геодезической основе спутниковой системе Навстар GPS, практически будут равны соответствующим расстояниям на поверхности нового отечественного эллипсоида ГСК-2011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О единых государственных системах координат: постановление Правительства Рос. Федерации от 28 дек. 2012 г. №1463.
- 2 Каврайский, В.В. Избранные труды. В 2 т. Т. II, вып. 1. Математическая картография / В.В. Каврайский. -Изд. Упр. начальника Гидрограф. службы ВМФ, 1958. -319 с.
- 3 World Geodetic System, 1984. Department of Defense Technical Report TR 8350.2. 1 September 1991. -152 p.
- 4 Комаровский, Ю.А. Использование различных референц-эллипсоидов в судовождении: учеб. пособие / Ю.А. Комаровский. -2-е изд., перераб. и доп. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2006. -341 с.
- 5 Комаровский, Ю.А. Точные вычисления пройденных расстояний на земных эллипсоидах / Ю.А. Комаровский // Современные проблемы развития и методики преподавания естественных и точных наук: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 16-18 дек. 2009 г. -Уссурийск, 2009. -С. 154-161.
- 6 Комаровский, Ю.А. Высокоточные вычисления меридиональных частей в навигационном обеспечении мониторинга загрязнений / Ю.А. Комаровский // «Морская экология-2007» (МОРЭК-2007): материалы междунар. науч.-практ. конф., 3-5 окт. 2007 г. / МГУ им. адм. Невельского. -Владивосток, 2007. -Т. I. -С. 142-145.
- 7 Комаровский, Ю.А. Точные расчёты длины дуги одной секунды параллели различных референц-эллипсоидов / Ю.А. Комаровский // Вестн. Мор. гос. ун-та. Сер. Судовождение. -Владивосток, 2007. -Вып. 15. -С. 25-29.
- 8 Комаровский, Ю.А. Вычисление меридиональных частей на различных эллипсоидах / Ю.А. Комаровский // Проблемы транспорта Дальнего Востока (FEBRAT-03): материалы междунар. науч.-практ. конф., 1-3 окт. 2003 г. / МГУ им. адм. Г.И. Невельского. -Владивосток, 2003. -С. 504-507.
- 9 Комаровский, Ю.А. Расчёты длины одной секунды меридиана способом биномиальных коэффициентов / Ю.А. Комаровский // Морская экология (MAREC-2005): материалы междунар. науч.-практ. конф., 5-7 окт. 2005 г. / МГУ им. адм. Г.И. Невельского. -Владивосток, 2006. -Т. I. -С. 105-110.
- 10 Комаровский, Ю.А. Точные расчёты длины одной секунды меридиана / Ю.А. Комаровский // Проблемы транспорта Дальнего Востока (FEBRAT-05) : материалы шестой междунар. науч.-практ. конф., 5-7 окт. 2005 г. / ДВО Рос. акад. трансп. -Владивосток, 2005. -С. 99-100.
- 11 Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. -М.: Наука, 1978. -832 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: референц-эллипсоид WGS-84, длина дуги минуты меридиана, геодезическая система координат ГСК-2011
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НГОУ ВПО «ДВИК»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690013, г. Владивосток, ул. Каплунова, 7, НГОУ ВПО «ДВИК»

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В ЗОНЕ ЧРЕЗМЕРНОГО СБЛИЖЕНИЯ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

В.А. Седов, Н.А. Седова

A NEURAL NETWORK MODEL OF SHIP COLLISION AVOIDANCE IN A HEAVY TRAFFIC ZONE

Maritime state university named after G.I. Nevelskoi

V.A. Sedov, N.A. Sedova

The results of neural modelling ship collision avoidance in a heavy traffic zone are presented. The method of learning samples organization, the neurons number in the layers calculation and the neural networks training on samples with five neural networks pretreatment methods results are shown.

Keywords: расхождение судов, нейронная сеть, обучающая выборка, алгоритм обучения, метод оптимизации

Представлены результаты нейросетевого решения задачи расхождения морских судов в зоне чрезмерного сближения. Показаны методика формирования обучающей выборки, расчет определения числа нейронов в слоях и результаты обучения нейронных сетей на обучающей выборке с пятью методами предобработки.

Одним из основных направлений судовождения является безопасное расхождение судов в море. В настоящее время статистические исследования показывает, что причиной более 80% всех аварийных ситуаций в море является человеческий фактор [1], поэтому для предупреждения столкновений предлагаются системы поддержки принятия решений, однако, несмотря на некоторые успехи в данной области [2], задача расхождения судов остается актуальной. В настоящей работе представлены результаты моделирования расхождения морских судов в зоне чрезмерного сближения с использованием нейросетевых технологий.

Формирование обучающей выборки. При проведении нейросетевого моделирования одной из важнейших задач является формирование обучающей выборки для нейронной сети. В настоящей работе для формирования обучающей выборки использовалась информация, полученная с помощью маневренного планшета. Обучающая выборка состоит из обучающих пар, входами которых являются пеленг; курс судна-оператора (наше судно); курс судна-цели, то есть судна, с которым должно разойтись судно-оператор; скорость судна-цели, а выходами – изменение курса судна-оператора. Диапазон значений для входов «пеленг», «курс судна-оператора» и «курс судна-цели» – $[0; 360]^\circ$, диапазон значений для входа «скорость судна-цели» получен на основе сведений Российского регистра судоходства [3] – $[0; 34]$ узлов. Учитывая пункт из Правила 8 [4] Международных правил предупреждения столкновений судов в море о том, что в случае, «если имеется достаточное водное пространство, то изменение только курса может быть наиболее эффективным действием для предупреждения чрезмерного сближения» и утверждения комментаторов правил [2], что «большая часть предпринимаемых действий по расхождению приходится на маневры курсом», за выход каждой обучающей пары принято значение отклонения курса, задаваемое в диапазоне от минус 60° (отклонение влево на 60°) до 360° (осуществление маневра циркуляции).

Методика формирования каждой обучающей пары включала в себя следующие действия: формирование путем перебора с некоторым шагом для диапазонов входов перечня различных ситуаций, возникающих при расхождении судов; раскладка каждой отдельной ситуации на маневренном планшете и определение величины изменения курса судна-оператора с учетом правил Международных правил предупреждения столкновений судов в море [4], комментариев к ним [5, 6], а также рекомендаций так называемой «хорошей морской практики». Например, рассмотрим ситуацию, когда дистанция до судна-цели равна 2 мили, курс судна-оператора равен 90° , скорость судна-оператора равна 15 узлам, по радиолокационной станции получаем, что курс судна-цели равен 330° , пеленг на цель равен 90° , скорость судна-цели равна 8 узлов (рисунок).

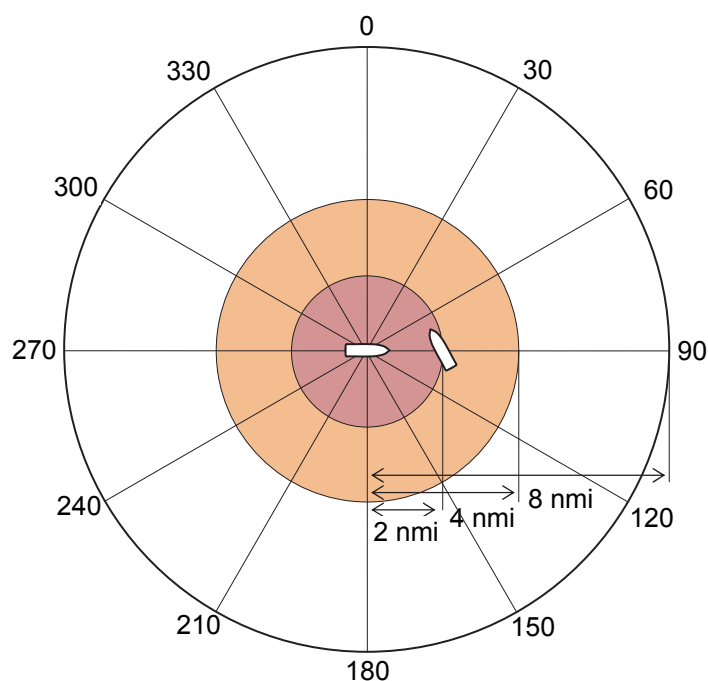


Рисунок – Схема описанной ситуации

В такой ситуации судно-цель находится прямо по курсу судна-оператора и является опасной целью, так как судно-оператор и судно-цель расходятся на малой дистанции. Согласно Правилу 16 Международных правил предупреждения столкновений судов в море [4] судно-оператор должно уступить дорогу, чтобы разойтись с судном-целью. Разложив такую ситуацию на маневренном планшете и совершив все необходимые расчеты, получим, что новый курс судно-оператора составит 120 градусов. Для этого требуется совершить отворот на 30 вправо, и судно-оператор разоится с судном-целью по корме на безопасном расстоянии. Анализ такой ситуации позволил сформировать обучающую пару номер 91. Таким же образом получены остальные из 525 обучающих пар.

Определение архитектуры нейронной сети. Следующей задачей, решение которой необходимо для проведения нейросетевого моделирования, это определение числа нейронов в слоях нейронной сети. В работе [7] отмечено, что для этого целесообразно воспользоваться следствием из теоремы Арнольда-Колмогорова-Хехт-Нильсена, согласно которому

$$\frac{N_y Q}{1 + \log_2 Q} \leq N_w \leq N_y \left(\frac{Q}{N_x} + 1 \right) (N_x + N_y + 1) + N_y,$$

где N_y – размерность выходного сигнала;

Q – число элементов множества обучающих примеров;

N_w – необходимое число синаптических связей;

N_x – размерность входного сигнала.

Подставив в эту формулу имеющиеся данные, учитывая, что первый слой нейронов содержит четыре входа, а последний слой – один нейрон, характеризующий один из шести классов, получим

$$\frac{525}{1 + \log_2 525} \leq N_w \leq 1(525 + 1)(4 + 1 + 1) + 1,$$

то есть число синаптических связей находится в пределах от 52 до 795, следовательно, необходимое число нейронов в скрытых слоях (N) можно рассчитать по следующей формуле

$$N = \frac{N_w}{N_x + N_y},$$

откуда число нейронов в скрытых слоях находится в пределах от 10 до 160.

Результаты обучения нейронных сетей. Для обучения нейронной сети принято решение использовать нейронную сеть типа многослойный перцептрон, в качестве нейропакета – пакет NeuroPro [8], который позволяет разрабатывать многослойные нейронные сети, используя при этом методы градиентной оптимизации, выполнять тестирование разработанных

ных нейронных сетей, определять значимость входных сигналов, проводить упрощение нейронной сети и т.д. В качестве методов оптимизации использовались [8]: метод градиентного спуска (МГС), модифицированный ParTan (MPT), метод сопряженных градиентов (МСГ), BFGS. Учитывая, что в пакете NeuroPro допускается максимальное число нейронов для слоя – 100, для числа нейронов от 110 до 160 принято решение разбить на два слоя, в первом – от 10 до 60 нейронов, а во втором – 100.

Нечеткое моделирование включало в себя обучающие выборки следующих видов:

1 Обучающая выборка без предварительной нормировки значений входов и выходов.

2 Обучающая выборка без предварительной нормировки значений входов, но с интерполяцией выходов.

3 Обучающая выборка с нормированными входами.

4 Обучающая выборка с нормированными входами, но с интерполяцией выходов.

5 Обучающая выборка с нормированными входами, а за выход каждой обучающей пары принят класс, соответствующий одному из маневров курсом: класс 1 соответствует изменению курса для судна-оператора сильно влево (-60°), класс 2 – влево (-30°), класс 3 – прямо (не изменяется курс и скорость) (0°), класс 4 – вправо (30°), класс 5 – сильно вправо (60°), класс 6 – циркуляция (360°).

В результате тестирования обучающей выборки вида 1 на необученных нейронных сетях число неправильно определенных обучающих пар варьируется от 94 до 521, среднее арифметическое неправильно определенных обучающих пар составляет 87,82%.

В результате обучения нейронных сетей со структурой $4 - K - 1$ (или структурой $4 - (K - 100) - 100 - 1$ для общего числа нейронов K в диапазоне от 110 до 160), где K -число нейронов скрытых слоев, с использованием вышеуказанных методов оптимизации, среднее арифметическое число циклов обучения $\mu_{\text{ц}} = 8002$, средняя арифметическая ошибка обучения $\mu_{\varepsilon} = 3,9 \cdot 10^{-5}$, среднее арифметическое правильно обученных обучающих пар $\mu_{\text{п}} = 479$ (что составляет 91,3% от общего числа обучающих пар), среднее арифметическое неуверенно обученных обучающих пар $\mu_{\text{н}} = 14,56$, что составляет 2,8%.

При тестировании обучающей выборки вида 2 на необученных нейронных сетях число неправильно определенных обучающих пар находится в границах от 94 до 521, среднее арифметическое неправильно определенных обучающих пар составляет 83,3%.

В результате обучения нейронных сетей с использованием обучающей выборки вида 2 среднее арифметическое число циклов обучения составляет $\mu_{\text{ц}} = 8210$, средняя арифметическая ошибка обучения $\mu_{\varepsilon} = 3,6 \cdot 10^{-5}$, среднее арифметическое правильно обученных обучающих пар $\mu_{\text{п}} = 479$, что составляет 91,5% от общего числа обучающих пар, среднее арифметическое неуверенно обученных обучающих пар $\mu_{\text{н}} = 14,4$, что составляет 2,7%.

Тестирование обучающей выборки вида 3 на необученных нейронных сетях показало число неправильно определенных обучающих пар в диапазоне от 96 до 514 при среднем арифметическом неправильно определенных обучающих пар 81,1%.

Обучение нейронных сетей с использованием обучающей выборки вида 3 среднее арифметическое число циклов обучения равно $\mu_{\text{ц}} = 8636$, средняя арифметическая ошибка обучения $\mu_{\varepsilon} = 3,7 \cdot 10^{-5}$, среднее арифметическое правильно обученных обучающих пар $\mu_{\text{п}} = 488$ (91,6% от общего числа обучающих пар), среднее арифметическое неуверенно обученных обучающих пар $\mu_{\text{н}} = 10,7$, что составляет 2%.

Для тестирования обучающей выборки вида 4 на необученных нейронных сетях число неправильно определенных обучающих пар изменяется от 94 до 521, при этом среднее арифметическое неправильно определенных обучающих пар составляет 80,2%.

В результате обучения нейронных сетей с использованием обучающей выборки вида 4 среднее арифметическое число циклов обучения равно $\mu_{\text{ц}} = 7688$, средняя арифметическая ошибка обучения $\mu_{\varepsilon} = 3,4 \cdot 10^{-5}$, среднее арифметическое правильно обученных обучающих пар $\mu_{\text{п}} = 483,5$, что составляет 92,1% от общего числа обучающих пар, среднее арифметическое неуверенно обученных обучающих пар $\mu_{\text{н}} = 13,2$ (что составляет 2,5%).

В результате тестирования обучающей выборки 5 на необученных нейронных сетях число неправильно определенных обучающих пар находится в диапазоне от 46 до 522, среднее арифметическое неправильно определенных обучающих пар составляет 80,9%.

В результате обучения нейронных сетей с использованием обучающей выборки вида 5 среднее арифметическое число циклов обучения равно $\mu_c = 8834$, средняя арифметическая ошибка обучения $\mu_\epsilon = 3,5 \cdot 10^{-5}$, среднее арифметическое правильно обученных обучающих пар $\mu_n = 482,6$, что составляет 91,9% от общего числа обучающих пар, среднее арифметическое неуверенно обученных обучающих пар $\mu_n = 13,8$, что составляет 2,63%.

Анализ результатов обучения показал, что для расхождения морских судов в зоне чрезмерного сближения практически независимо от предварительной предобработки обучающей выборки наилучшей является нейронная сеть типа четырехслойный персептрон, имеющая 40-60 нейронов в первом скрытом слое и 100 нейронов во втором скрытом слое, использующая метод сопряженных градиентов в качестве оптимизатора.

Заключение. В результате нейросетевого моделирования рассмотрены 64 различных нейросетевых архитектуры и пять различных видов предварительной обработки обучающей выборки. По результатам анализа выбрана модель нейронной сети для решения задачи расхождения судов – четырехслойный персептрон с оптимизацией по методу сопряженных градиентов, определено требуемое число нейронов в слоях такой нейронной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Нгуен, Ким Фыонг. Теоретическое и экспериментальное исследование правила 17 МППСС-72: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / К.Ф. Нгуен; ГМА им. адм. С.О. Макарова. -СПб., 2006. -22 с.
- 2 Вагущенко, Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко, А.А. Вагущенко. -Одесса: Феникс, 2010. -229 с.
- 3 Регистровая книга судов [Электронный ресурс] / Рос. мор. регистр судоходства. -Режим доступа: <http://www.rs-head.spb.ru/ru/>.
- 4 Международные правила предупреждений столкновений судов в море, 1972 г. / под ред. Н.А. Долотова, Н.А. Паламарчука. -М.: Изд. Гл. упр. навигации и океанографии М-ва обороны Союза ССР, 1982. -87 с.
- 5 Коккрофт, А.Н. Толкование МППСС-72 / А.Н. Коккрофт, Дж. Н.Ф. Ламейер; пер. с англ. Н.Я. Брызгина и Н.Т. Шайхутдинова; под. ред. Н.Я. Брызгина. -М.: Транспорт, 1981. -280 с.
- 6 Яскевич, А.П. Комментарии к МППСС-72: справочник / А.П. Яскевич, Ю.Г. Зурабов. -М.: Транспорт, 1990. -479 с.
- 7 Ясницкий, Л.Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: учеб. пособие / Л.Н. Ясницкий. -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. -197 с.
- 8 Седова, Н.А. Нейронные сети в NeuroPro: метод. указания к лаб. работе / Н.А. Седова, В.А. Седов. -Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2012. -55 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *ship collision avoidance, neural network, learning sample, learning algorithm, method of optimization*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Седов Виктор Александрович, канд. физ.-мат. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Седова Нелли Алексеевна, канд. техн. наук, научный сотрудник ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

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

ФОРМА ФИГУРЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТ СУДНА ВБЛИЗИ МОРСКОЙ DGPS-СТАНЦИИ

НГОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»
ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления»
Дальневосточного отделения РАН

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

THE SHAPE OF THE DISTRIBUTION OF ERRORS FOR A VESSEL'S GPS COORDINATES IN A CLOSE PROXIMITY TO A MARINE DGPS STATION

Far-Eastern institute of communications
Institute of automation and control processes
V.A. Katz, Yu.A. Komarovskiy

Despite 20-year experience with using marine DGPS systems of NAVSTAR GPS, a reliable information regarding errors of a vessel's coordinates obtained using these systems is still lacking. In this article, we have described steps of collecting and processing of a statistical data obtained from a vessel's DGPS receiver, with a subsequent analysis of the parameters and the shape of the distribution of coordinate errors for a vessel located within 2.5 nautical miles from a DGPS station. We have shown that, at that distance, the precision of the obtained vessel's coordinates is increased two-fold, and the shape of the coordinate error distribution is no longer symmetrical.

Keywords: GPS-receiver, envelope method, error distribution, differential corrections, DGPS accuracy

Несмотря на 20-летнюю эксплуатацию морских дифференциальных подсистем Навстар GPS, до сих пор отсутствует надёжная информация о точности определения с их помощью координат судов. В данной статье описан порядок получения статистического материала и его обработки для последую-

щего анализа параметров и формы распределения погрешностей координат судового DGPS-приёмника на расстоянии 2,5 мили от дифференциальной станции. Показано, что на таком расстоянии точность определения координат увеличивается вдвое. Фигура распределения погрешностей координат не является симметричной.

Необходимость разработки и внедрения технологии дифференциальной работы гражданских судовых приёмников СРНС Навстар GPS была вызвана их низкой точностью определения координат из-за действия режима избирательной доступности. В результате действия этого режима GPS-приёмники гражданского назначения вычисляли координаты судна с точностью от ± 50 м до ± 80 м. Начало применения в морской навигации сигналов дифференциальных подсистем Навстар GPS относится к середине 1991 года. В этом году вдоль Восточного побережья США пронёсся ураган «Боб», сорвавший со своих штатных мест средства плавучего навигационного оборудования. Для их расстановки на свои места с помощью обычных геодезических средств только на подходах к Нью-Йорку потребовалось бы как минимум два месяца непрерывных работ. Суда Береговой Охраны США, оборудованные экспериментальными приёмниками дифференциальных поправок, транслируемых радиомаяком Montauk, справились с этой задачей за одну неделю [1]. Таким образом, сигналы морских дифференциальных станций используются уже более 20 лет.

В самом начале мая 2000 года указом Президента США Б. Клинтона действие режима избирательной доступности в СРНС Навстар GPS было прекращено. Точность определения координат сразу же возросла до ± 5 м, даже когда судовой приёмник работал в автономном режиме. Поэтому сразу возник вопрос об эффективности применения сигналов дифференциальных станций для повышения точности определения места судна. В работах [2, 3] было показано, что при удалении от DGPS-станции на 56 миль (~ 104 км) точность обсервованных координат GPS-приёмника, работающего в автономном и в дифференциальном режимах, практически одинакова. Оставалась необходимость исследования характеристик точности работы в дифференциальном режиме судового GPS-приёмника в непосредственной близости от опорного приёмника DGPS-станции.

В морском судовождении для оценки точности определения места судна используют дисперсии обсервованных широт и долгот, размахи варьирования, корреляционные моменты, показатели асимметрии и эксцессов. При этом априорно принимается гипотеза о гауссовском законе распределения погрешностей с последующим представлением фигуры распределения обсервованных координат в виде круга или эллипса рассеивания. В работе [4] был предложен контурный метод оценки точности. Его достоинство заключается в том, что он не зависит от вида закона распределения погрешностей координат и от вида статистической связи между погрешностями. Контурный метод позволяет получить фигуру погрешностей, топология которой служит для оценки точности обсерваций и условий, в которых работает судовой GPS-приёмник. Такой подход и основанные на нём расчёты не зависят от присутствия систематических погрешностей в определяемых координатах. Цель данной статьи состоит в применении контурного метода для оценки точности работы в дифференциальном режиме судового GPS-приёмника вблизи DGPS-станции.

Для пояснений контурного метода обратимся к рисунку 1.

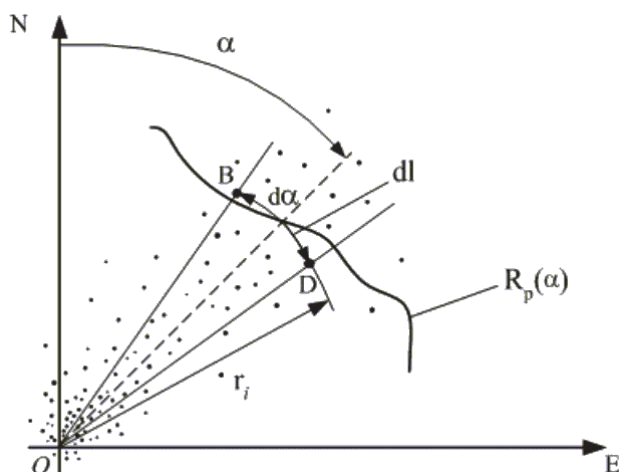


Рисунок 1 – Основы контурного метода оценки точности

На рисунке 1 точками изображены наблюдаемые координаты неподвижной антенны приёмника СРНС Навстар GPS. Точка О соответствует средним значениям широты и долготы, полученным за длительный период непрерывных наблюдений. Представим, что вся плоскость горизонта, на которую нанесены наблюдения, разделена на k равных секторов, которые имеют общие границы и не перекрывают друг друга. На рисунке 1 показан i -ый сектор, чья биссектриса направлена по пеленгу α , который отсчитывается от северной части меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360°. Внутри i -го сектора содержится N_i наблюдений.

Зададимся величиной радиуса-вектора r_i . Тогда отношение количества наблюдений n_i , лежащих внутри треугольника OBD, к общему числу наблюдений N_i , принадлежащих i -му сектору, даст частоту p_i , $p_i = n_i/N_i$, которая будет точечной оценкой вероятности того, что фактическое место неподвижной антенны приёмника СРНС Навстар GPS находится внутри треугольника OBD. Оценка p_i является случайной величиной. Частота p_i будет по вероятности сходиться к p_r , если $N_i \rightarrow \infty$. Индекс r свидетельствует о том, что вероятность p_r соответствует r_i . Следовательно, задаваясь конкретной величиной вероятности p_r , и варьируя длиной радиуса r , можно отыскать такой радиус r_i , при котором величина отношения n_i/N_i будет как можно ближе к p_r . В этом случае каждый сектор имеет присущую ему длину радиуса r_i . Поэтому результатом вычислений по всем k секторам будет k -мерный вектор r радиусов, которые в общем случае имеют разные длины

$$r = |r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_k|.$$

Если соединить прямыми линиями концы соседних радиусов, то получим замкнутую ломаную линию, которая образует фигуру, характеризующую распределение погрешностей определения места неподвижной антенны по любому избранному пеленгу.

Пусть n_{ri} -число наблюдаемых точек, принадлежащих контуру и его границе, соответствующее радиусу-вектору r при заданной вероятности p_r , N_i -общее число наблюдаемых точек в секторе i

$$n_{ri} = \sum_{i=1}^k n_i ; N = \sum_{i=1}^k N_i .$$

В работе [4] доказано, что при $\sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty$ отношение n_{ri}/N_i будет сходиться по вероятности к p_r .

Когда $k \rightarrow \infty$, то ломаная линия, соединяющая концы радиусов-векторов r_i , будет приобретать более плавные очертания, формируя замкнутый контур, ограничивающий часть плоскости, внутри которой находится фактическое место антенны GPS-приёмника с заданной вероятностью p_r . Таким образом, величина r_i служит мерой рассеивания наблюдаемых координат GPS-приёмника в направлении биссектрисы данного сектора. Понятно, что чем больше r_i , тем с меньшей точностью определяются координаты по данному направлению. Следовательно, рассмотренный контурный метод можно применять для оценки точности определения координат при возникновении объектов (конструкций судна, портовых сооружений, зданий, рельефа местности), создающих физические препятствия на пути распространения сигналов спутников и сигналов от дифференциальной станции. Данный метод был апробирован в работах [5-9].

Чтобы получить параметры фигуры рассеивания наблюдаемых координат приёмника вблизи DGPS-станции, с 9 октября по 20 октября 2012 года проводились экспериментальные наблюдения за работой судового приёмника GP-37. Антенна приёмника была неподвижно установлена на берегу бухты Гранитной (Шепалово) на расстоянии 2,5 миль (4,6 км) от DGPS-станции мыса Поворотного (Находка). Всё это время приёмник GP-37 находился в режиме автоматического приёма дифференциальных поправок. Фиксация наблюдаемых координат и соответствующего им момента времени производилась автоматически каждую секунду с записью на жёсткий диск ноутбука. Всего было зафиксировано 931952 наблюдаемых точек, полученных с учётом принятых дифференциальных поправок. На первом этапе обработки полученной выборки рассчитывались средние значения широты и долготы, а также их средние квадратические погрешности (СКП). Величины СКП наблюдаемых широт

и долгот составили $\pm 0,875$ м и $\pm 0,664$ м соответственно. Уместно напомнить, что при расстоянии до DGPS-станции мыса Поворотного 56 миль величины СКП были равны $\pm 1,619$ м и $\pm 1,1$ м соответственно [3]. Следовательно, от сближения с DGPS-станцией мыса Поворотного точность определения места судна увеличилась почти вдвое.

На рисунке 2 представлена фигура погрешностей координат, полученных в ходе экспериментальных наблюдений в бухте Гранитной.

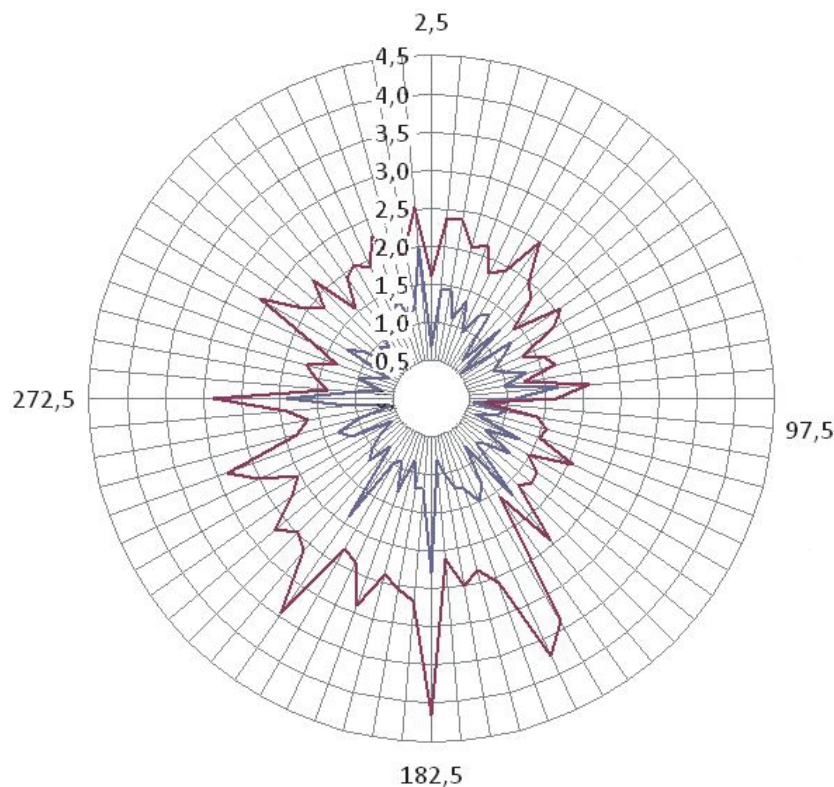


Рисунок 2 – Фигуры погрешностей приёмника GP-37, работавшего рядом с DGPS-станцией мыса Поворотного

Левая граница первого сектора рисунка 2 совпадает с направлением на истинный север. Правая граница каждого сектора ему не принадлежит. По каждому сектору определялось такое расстояние r от начала координат, при котором отношение количества наблюдений, отстоящих на расстоянии r_i от начала координат до r , к общему количеству наблюдений в данном секторе было равно 0,68 и 0,95. Затем эти расстояния откладывались по биссектрисам 72 секторов. Так были получены контуры погрешностей представленные на рисунке 2. Внутренний контур соответствует вероятности 0,68.

Анализ фигур погрешностей рисунка 2 позволяет сделать следующие предварительные выводы. Фигуры, соответствующие вероятностям 0,68 и 0,95, имеют одинаково явные признаки асимметрии. Они не конгруэнтны. Фигуры имеют значительные выбросы, затрудняющие анализ характера распределения обсервованных координат на плоскости. Причиной выбросов является недостаточная разрядность координат исходного массива данных. Обсервованные координаты фиксировались с разрядностью 0,0001 минуты. Как следует из рисунка 2, этого оказалось недостаточно для получения более плавных очертаний контуров погрешностей. Чтобы увеличить разрядность, была применена процедура сглаживания исходного массива с помощью скользящего среднего с окном осреднения 15 секунд. После сглаживания был получен новый массив координат с большей разрядностью. По этим данным были рассчитаны новые параметры фигур погрешностей. Их можно видеть на рисунке 3.

При сравнении рисунков 2 и 3 становится очевидным полезность процедуры сглаживания для повышения информативности фигуры распределения погрешностей поверхностных координат. Можно убедиться в том, что топология контура погрешностей для вероятности 0,68 существенно отличается от контура погрешностей координат для вероятности 0,95 (внешний контур). Форма внутренней фигуры более симметрична и ближе к форме эллипса

с большей осью, направление которой не совпадает с меридианом. Она явно отклонена к востоку. У внешней фигуры большие погрешности приходятся на направления открытого моря, но не берега. Причинами тому могут служить возвышенности берега с севера и северо-востока относительно испытываемого GPS-приёмника GP-37, а также рельеф места, создающего затруднения приёму сигналов опорному приёмнику DGPS в месте его установки. У внешнего контура величина большей полуоси симметрии намного превосходит величину малой полуоси по сравнению с внутренним контуром.

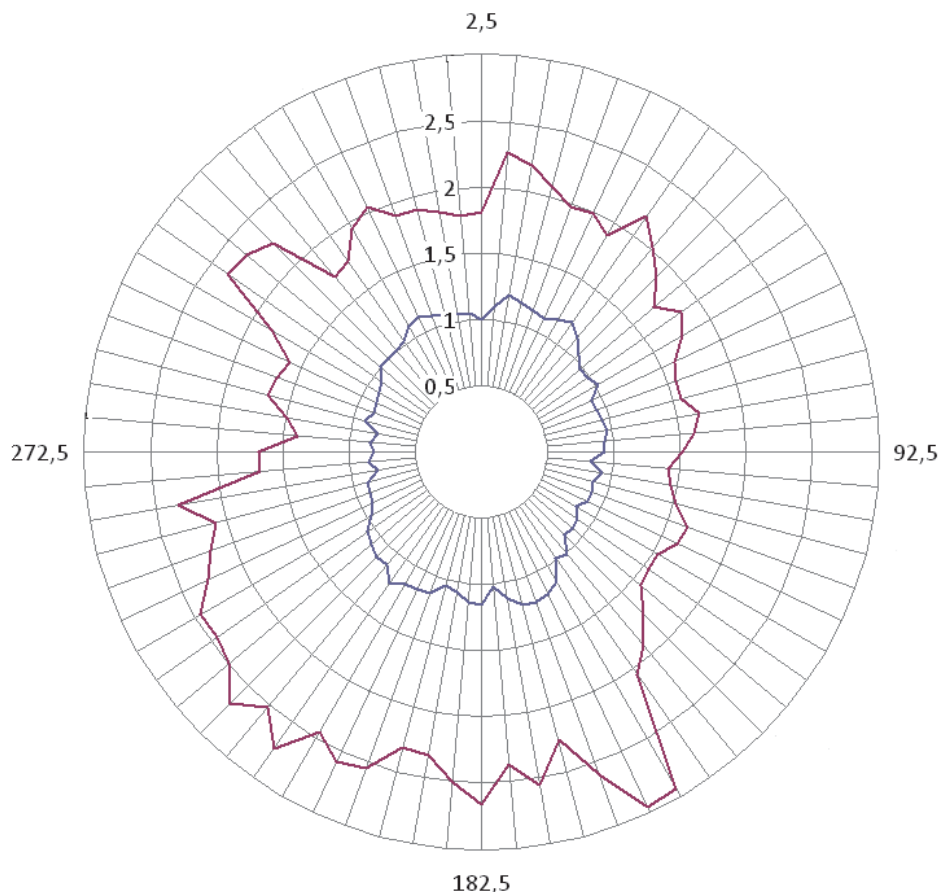


Рисунок 3 – Фигуры погрешностей при окне сглаживания в 15 секунд

Исследования точности определения координат судов следует продолжить для расстояний от станций DGPS в диапазоне 5-10 миль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Hurn, Jeff. Differential GPS Explained. Trimble Navigation / J. Hurn. -1993. -55 p.
- 2 Комаровский, Ю.А. Сравнительный анализ характеристик точности работы в дифференциальном режиме GPS-приёмника J-NAV-500 / Ю.А. Комаровский // Проблемы транспорта Дальнего Востока (FEBRAT-09): материалы восьмой междунар. науч.-практ. конф., 30 сент.-2 окт. 2009 г. / ДВО Рос. Акад. трансп. -Владивосток, 2009. -С. 79-82.
- 3 Кац, В.А. Уточнение фигуры погрешностей обсервованного места на периферии зоны действия дифференциальной станции / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока, -2012. -№2. -С. 175-179.
- 4 Комаровский, Ю.А. Контурный метод оценки точности ОМС приёмником СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вестн. Мор. гос. ун-та. Сер. Судовождение. -Владивосток, 2005. -Вып. 9. -С. 10-13.
- 5 Кац, В.А. Контур погрешностей координат GPS-приёмника / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 133-137.
- 6 Кац, В.А. Влияние места установки антенны GPS-приёмника на точность определения координат / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№2. -С. 112-115.
- 7 Кац, В.А. Уточнение границ контура погрешностей координат GPS-приёмника GP-37 / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1. -С. 175-179.
- 8 Кац, В.А. Оценка точности плановых координат GPS-приёмника GP-270ML контурным методом / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2010. -№1. -С. 124-128.
- 9 Кац, В.А. Предварительная оценка влияния диаграммы направленности антенны на точность приёмника J-NAV500 / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 108-111.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: GPS-приёмник, контурный метод, распределение погрешностей, дифференциальные поправки, точность DGPS

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, главный специалист-программист ИАПУ ДВО РАН Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НГОУ ВПО «ДВИК»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690013, г.Владивосток, ул.Каплунова, 7, НГОУ ВПО «ДВИК»
690041, г.Владивосток, ул.Радио, 5, ИАПУ ДВО РАН

МИРОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ТРАНСПОРТ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

О.И. Шелудяков

GLOBAL ENERGY RESOURCES AND TRANSPORT
Novosibirsk state academy of water transport
O.I. Sheludyakov

The analysis of all sources of energy on the planet, and their use for transport.

Keywords: world recourse of energy and using of transport

Сделан анализ всех источников энергии на планете и их использование для транспорта.

Стремительно растущие потребности человека в энергии и столь же стремительно уменьшающиеся запасы ископаемого топлива неизбежно приведут к поиску и активному использованию альтернативных источников энергии.

Термины «альтернативный источник энергии» и «альтернативное топливо» недостаточно оформлены. Некоторые исследователи причисляют к этим терминам смеси альтернативных и традиционных топлив, поэтому необходимо рассмотреть мировые энергетические ресурсы в целом.

В таблице приведена предварительная классификация энергетических ресурсов

Таблица – Мировые энергетические ресурсы

Характеристика	Возобновляемые ресурсы	Невозобновляемые ресурсы
Запас		
Большой	солнечная энергия, приливы	вулканическое тепло, уголь, уран
Малый	древесина, масличные культуры, сахарные культуры, ветровая энергия, животные жиры, гидроэнергия	нефть, газ, горючие сланцы, газоконденсат

Малые запасы как возобновляемых, так и невозобновляемых ресурсов исследованы широко и подробно, следует остановиться на большом запасе энергетических ресурсов.

Вулканическое тепло находится повсеместно под поверхностью грунта на глубине от нескольких километров (океанское дно) до нескольких десятков километров (горная местность) и добыть это тепло пока невозможно. Выходы этого тепла в виде вулканов и гейзеров в мировом масштабе ничтожны и уже достаточно освоены человеком.

Использование ядерного топлива ведет к накоплению на планете радиоактивного мусора, утилизация которого весьма проблематична.

Энергия приливов не может обеспечить дальнейшие потребности человека. Береговая линия всех обитаемых материков с океанами составляет около 160 тыс. км. При численности населения планеты 6,5 млрд. человек на каждого приходится 2,5 см береговой полосы.

Солнечная энергия постоянна по своей величине. Мощность солнечного излучения на уровне моря составляет 1 кВт на каждый квадратный метр нормальной поверхности [1]. При радиусе Земли 6370 км планета получает постоянно $2,54 \cdot 10^{14}$ кВт солнечной радиации. Без ущерба для природы и сельского хозяйства многие пустыни можно покрыть солнечными элементами. Площадь пустынь составляет $17,17 \cdot 10^{12}$ м² поверхности планеты [2]. На эту поверхность падает солнечная радиация мощностью $17,17 \cdot 10^{12}$ кВт. Считая население планеты 6,5 млрд. человек на каждого землянина приходится 2641 кВт «пустынной» солнечной радиации. При коэффициенте полезного действия самых дешевых кремниевых солнечных элементов 10%, каждый землянин может получать в течение светового дня (в среднем 12 ч) 264 кВт энергии. Конечно, технически невозможно покрыть все земные пустыни солнечными батареями, но если даже покрыть их наполовину, то это все равно составит 132 кВт энергии на каждого землянина.

Энергию можно концентрировать, хранить и перемещать. Для этого служат нефтебазы, аккумуляторные батареи, водохранилища, изотермические склады, газохранилища, ЛЭП,

трубопроводы и другой транспорт.

В настоящее время нет еще легкого и емкого электрического аккумулятора для транспорта, поэтому использование электрической энергии на борту транспортного средства опосредовано. Например: сжиженный воздух (получаемый с помощью электроприводных компрессоров) может испаряться под действием фонового тепла поверхности планеты, расширяться и совершать работу в цилиндрах двигателя или в турбине. В качестве источника энергии может применяться и сжатый воздух.

В странах с жарким сухим климатом экономически целесообразна установка солнечных батарей непосредственно на борту транспортного средства.

Сжиженный воздух самый экологически чистый вид топлива, однако его невозможно запастись в больших количествах, как нефтепродукты, ибо неизбежен нагрев резервуара со сжиженным воздухом фоновым теплом земли с неизбежным испарением сжиженного воздуха.

Сжатый воздух обладает малым запасом энергии по сравнению со сжиженным. Кроме того, баллоны под большим давлением имеют заметную массу и взрывоопасны, как и все емкости под большим давлением газа.

К сожалению, нет такой горючей жидкости, которую можно было бы получить с помощью возобновляемых ресурсов большого запаса и электроэнергии. Все горючие жидкости производятся с использованием нефтепродуктов, их производных, природного газа или возобновляемых ресурсов малого запаса.

Запасов угля хватит на 420 лет согласно [3]. Если расходовать этот уголь не просто сжигая его в качестве топлива, а расходуя на производство синтетических углеводородов (синтез Фишера-Тропша), то запасов угля хватит надолго.

Итак, пока не разработаны емкие и легкие долговечные аккумуляторы с большой отдачей тока, транспортная мировая система будет постепенно переходить на синтетическое углеводородное топливо. Если за 400-800 лет не будут разработаны емкие и легкие аккумуляторы электрической энергии, то мировая транспортная система обзаведется широкой сетью автозаправочных станций сжиженного воздуха во избежание транспортного коллапса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Режим доступа: <http://www.dpva.info/Guide>.

2 Альфа и омега: крат. справ. -Изд. 4. -Таллин: Принтэст, 1991. -446 с.

3 Режим доступа: <http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=71520>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *мировые энергетические ресурсы и их использование на транспорте*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Шелудяков Олег Игоревич, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Викулов

ENSURING RELIABLE AND RESOURCE-SAVING OPERATION OF SHIP DIESELS

Novosibirsk state academy of water transport

S.V. Vikulov

On the basis of the analysis of a problem of ensuring reliable and resource-saving operation of ship diesels the conclusion about need of use of methods of the system analysis for the solution of problems of diagnostics is drawn.

Keywords: marine diesel, diagnostics, forecasting, system analysis, simulation

На основе анализа проблемы обеспечения надёжной и ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей делается вывод о необходимости использования методов системного анализа для решения задач диагностики.

Эксплуатационная надёжность, ресурсные и экономические показатели работы судовых дизелей главным образом определяются износным состоянием трущихся деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ), подшипников коленчатого вала, а также его усталостной прочностью. В решении проблемы обеспечения надёжной и ресурсосберегающей эксплуатации

судовых дизелей в сложившихся рыночных условиях хозяйствования на водном транспорте важная роль принадлежит использованию технологий диагностирования, отличающихся высокой объективностью и достоверностью принятия решений при постановке диагноза.

Отечественный и мировой опыт показал, что одним из эффективных методов, позволяющим своевременно оценивать состояние большого числа трущихся деталей, основных систем и смазочных свойств работающего моторного масла (РММ) судового дизеля без вывода его из эксплуатации, является диагностирование на основе экспрессного спектрального анализа продуктов износа в РММ [1]. Для оценки усталостной прочности коленчатого вала наиболее предпочтителен метод вибродиагностики крутильных колебаний (КК) с применением портативных автоматизированных измерительно-вычислительных комплексов типа БАГС-4, отличающихся экспрессным получением параметров их амплитудно-частотных характеристик [2].

Характерной особенностью судового дизеля является то, что он представляет собой машину циклического действия. Поэтому причинами утраты ресурсных показателей судовых дизелей служат необратимые физические процессы, происходящие как на поверхности, так и в объёме материала деталей, вследствие длительного воздействия температурных и механических циклических напряжений. Такие процессы идут без видимых признаков изменения свойств материала и приводят деталь к конечному предельному состоянию, которое характеризуется значительным снижением экономических показателей, поломкой, или появлением трещин недопустимых размеров. Упомянутые процессы подвержены влиянию множества случайных факторов, поэтому являются в основном стохастическими.

В настоящее время становится всё более очевидной необходимость системного подхода к диагностике основных элементов судовых ДВС [1-4]. Исследуя стохастическое изменение величин комплекса диагностических параметров, характеризующих техническое состояние парка судовых дизелей, на основе системного анализа объекта диагностирования можно создать оптимальные системные модели, алгоритмы и методики диагностирования, позволяющие с наименьшими затратами, используя внутренние резервы системы, эффективно управлять техническим состоянием сложившегося парка дизелей.

Представление объекта диагностирования в качестве системы позволяет использовать компьютерное моделирование с большей эффективностью. Несистемное моделирование зачастую ограничивалось рассмотрением отдельных сторон объекта, поэтому оно не могло выступать в качестве осознанной операции целостного изучения объекта – в этом случае моделирование предшествовало его системному представлению. В рамках системного моделирования рассмотрение объекта как системы предшествует созданию математической модели. Это вызывает необходимость переосмысления проблемы, рассмотрения её в новых понятиях, учитывающих целостность объекта, благодаря чему увеличиваются возможности используемых методов диагностирования. Каждая модель, ранее изолированно представляющая какую-то сторону, свойство объекта, должна в такой системной модели занять определенное место, соотнесенное с местом свойства или стороны реального объекта, которое моделируется.

В качестве примера приведём пример построения системной диагностической модели, основанной на эффективных методах диагностики элементов, лимитирующих надёжность и ресурс дизеля (рисунок 1). Для построения модели использовался приём декомпозиции (характерный для системного анализа), проведённой по результатам анализа существующих функциональных структурно-следственных связей элементов СЭУ и системы технической эксплуатации флота (ТЭФ) пароходства или судоходной компании. Детальный анализ прямых и обратных связей этой модели (цифры и буквы на рисунке 1), отражающих информационные процессы комплекса, позволил разработать математические модели, алгоритмы и методики диагностирования рассматриваемых системообразующих элементов судового дизеля [4].

Для диагностики трущихся деталей, омываемых маслом, в реальных условиях эксплуатации судовых дизелей надёжное определение всех составляющих баланса продуктов износа вследствие стохастического характера их накопления в РММ не представляется возможным. В связи с этим принята концепция моделирования алгоритмов диагностирования и прогнозирования, позволяющих с высокой достоверностью оценивать износное состояние эксплуатируемого дизеля непосредственно по текущим величинам концентрации продуктов износа в РММ. Поэтому в отличие от детерминированных уровней стабилизации концентра-

ции продуктов износа k_{cm} и их интенсивностей g поступления в РММ при исправном состоянии дизеля, описанных в работах Э.А. Пахомова, В.В. Чанкина и других исследователей, эти уровни представлены в виде функций случайных величин.

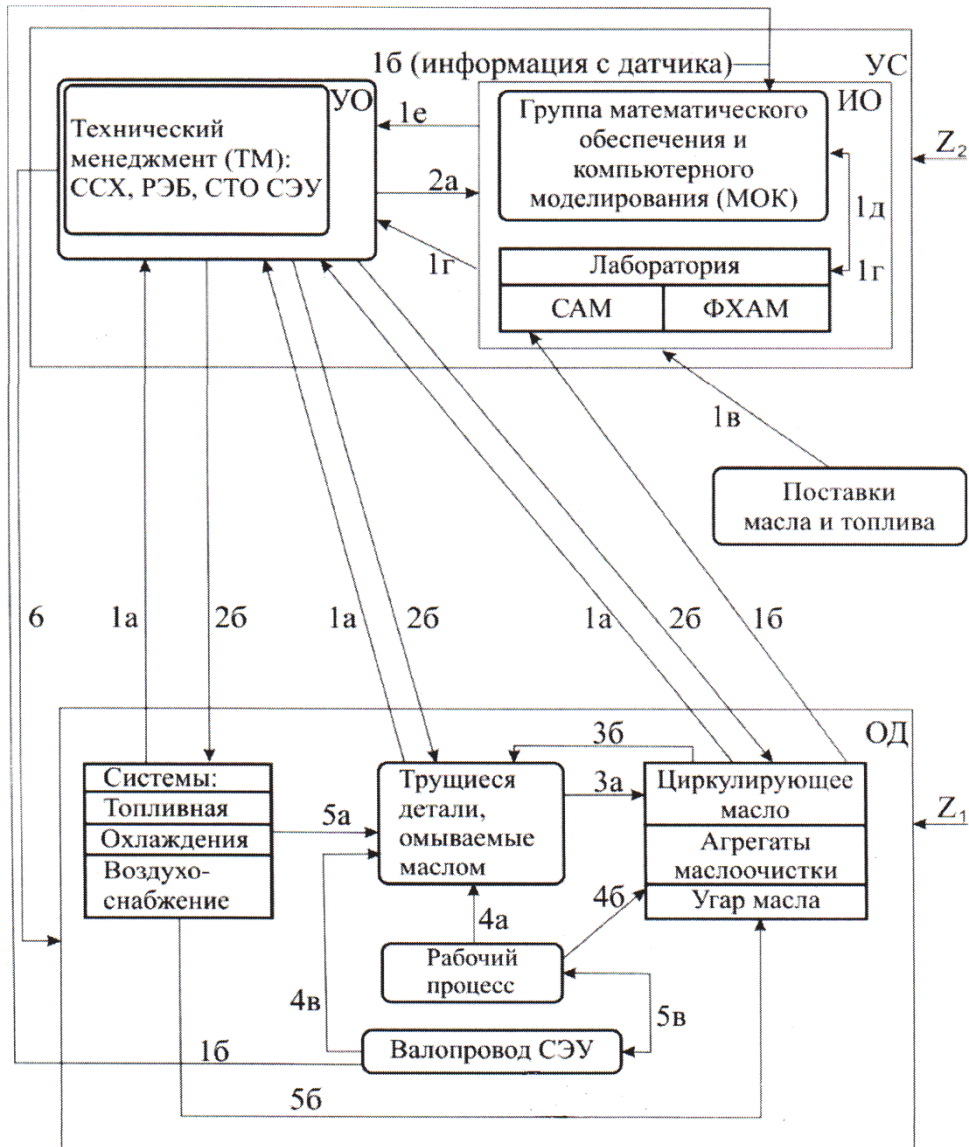


Рисунок 1 – Системная диагностическая модель комплекса «судовой дизель-РММ-валопровод СЭУ-система ТЭФ пароходства»

Для оценки текущего технического состояния изнашиваемого элемента стохастический уровень стабилизации описывается выражением

$$k_{cm} = f \left[\frac{g(N_e, \Delta, \text{ЩЧ}, H_2O, Si \dots)}{g_n(N_e, n, \eta_{mo}, \dots) + g_y(N_e, \Delta, \Delta_{цпг} \dots)} \right], \quad (1)$$

а для прогнозирования его остаточного ресурса выражением

$$g = f[k_{cm}(N_e, n, \Delta, \Delta_{цпг}, \eta_{mo}, \text{ЩЧ}, H_2O, Si \dots)], \quad (2)$$

- где k_{cm} – стабилизированный уровень концентрации примесей, кг/кг;
- g – стабилизированный уровень интенсивности износа, кг/ч;
- g_n – приведённая интенсивность циркуляции в системе маслоочистки, кг/ч;
- g_y – угар масла, кг/ч;
- N_e – эффективная мощность дизеля;
- n – частота вращения;
- η_{mo} – коэффициент полноты отсева;

Δ – степень изношенности основных трущихся деталей;

ЩЧ – щелочное число;

H_2O, Si – наличие воды и кремния в масле;

$\Delta_{\text{ЦПГ}}$ – степень изношенности деталей ЦПГ.

По своей природе выражения (1) и (2) являются вероятностными математическими моделями, для построения которых необходим большой массив экспериментальных данных, что требует включения в систему диагностирования всего существующего парка дизелей парходства или судоходной компании.

В соответствии с принципами системной методологии необходимо создавать обучающиеся алгоритмы диагностирования, которые позволяют оптимизировать диагностические нормативы и критерии на основе вновь поступающих статистических данных. Для идентификации множество всех $\{D\}$ возможных состояний объекта диагностирования (ОД) на начальном этапе внедрения диагностики следует разделить на два подмножества: исправного состояния $\{D_1\}$ и дефектного состояния $\{D_2\}$.

В зависимости от вида информации о техническом состоянии ОД, поступающей с РММ, диагностические параметры целесообразно классифицировать по трем группам, каждая из которых наиболее полно характеризует состояние конкретных элементов ОД:

1 группа – параметры состояния трущихся деталей (концентрации продуктов износа в РММ);

2 группа – параметры качества РММ и работоспособности системы смазки (водородный показатель, щелочность, кислотность, загрязнённость);

3 группа – параметры состояния систем: охлаждения (содержание воды в РММ), топливopодачи (температура вспышки РММ), очистки воздуха (концентрация кремния в РММ).

Теоретический анализ и полученные результаты экспериментальных исследований показали [2, 4], что весь комплекс явлений, составляющих существо процесса накопления усталостных повреждений при циклических нагрузках, приводит к росту интенсивности крутильных колебаний валовой линии дизеля. Для разработки критериев оценки и идентификации усталостных повреждений элементов валовой линии дизеля использовался портативный автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс БАГС-4 [5], позволяющий методом быстрого преобразования Фурье получить амплитудно-частотную характеристику крутильных колебаний.

В качестве диагностического параметра усталостных повреждений была принята средняя амплитуда спектрограммы крутильных колебаний. Обработка массива экспериментального материала, полученного для дизелей 6NVD26-A3, методом наименьших квадратов позволила установить наличие довольно тесной зависимости, представленной линейной регрессионной моделью

$$\bar{A} = 2,016 \cdot 10^{-5} + 1,774 \cdot 10^{-4} t, \quad (3)$$

с коэффициентом корреляции $r = 0,975$. Относительная ошибка аппроксимации составила 8,81% при уровне доверительной вероятности $P = 0,95$. Здесь \bar{A} – средняя амплитуда, рад; t – время, тыс. ч.

На основе полученной математической модели (3) разработан алгоритм линейного прогнозирования остаточного ресурса коленчатого вала дизеля [2, 4].

Приведённый в настоящей статье материал позволяет сделать следующие заключения и наметить пути дальнейших теоретических и экспериментальных исследований по обеспечению надёжной и ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей:

– судовой дизель является сложной стохастической системой, поэтому модели диагностирования и прогнозирования его элементов можно получить только в виде статистических закономерностей, основанных на большом опытном материале;

– исходя из принципов системного анализа, для моделирования алгоритмов диагностирования и прогнозирования без принципиальной необходимости нет смысла глубоко вникать в физику процессов, протекающих в судовом дизеле. Достаточно положения основной предельной теоремы теории вероятностей – закона больших чисел. При этом, однако, следует иметь в виду исходные физические предпосылки того или иного закона распределения, предполагающего конечную дисперсию исследуемых факторов и достаточную представительность статистических выборок;

– в соответствии с принципами системной методологии необходимо создавать корректируемые (обучающиеся) алгоритмы диагностирования, которые позволят быстро оптимизировать диагностические нормативы и критерии на основе вновь поступающих данных в связи с изменившимися условиями функционирования системы ТЭФ или её структуры;

– принимая во внимание один из главных принципов системного подхода – комплексность изучения сложных систем, построение системной диагностической модели и соответствующих ей алгоритмов диагностирования, необходимо осуществлять на основе возможно большего количества располагаемой информации о состоянии ОД, поступающей как с параметрами РММ и КК, так и с другими параметрами, например, показателями теплотехническими контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Викулов, С.В. Основы технической диагностики судовых дизелей по комплексу параметров работающего моторного масла / С.В. Викулов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2011. -176 с.
- 2 Викулов, С.В. Основы технической диагностики коленчатого вала судового дизеля по параметрам крутильных колебаний / С.В. Викулов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -125 с.
- 3 Надёжкин, А.В. Разработка системных принципов решения задач трибодиагностики судовых дизелей / А.В. Надёжкин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 212-215.
- 4 Викулов, С.В. Методы построения алгоритмов диагностирования элементов судовых дизелей на основе системного подхода: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.В. Викулов; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2014. -39 с.
- 5 Глушков, С.П. Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс для регистрации крутильных колебаний энергетических установок БАГС-4 / С.П. Глушков, А.М. Барановский, С.С. Глушков // Сиб. науч. вестн. -2006. -Вып. 9. -С. 109-112.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *судовой дизель, диагностика, прогнозирование, системный анализ, моделирование*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Викулов Станислав Викторович, канд.техн.наук, доцент, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»
ФГУП Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт им. акад. А.Н. Крылова»
Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
«Новосибирская государственная академия водного транспорта»**

Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова

THE ANALYSIS OF METHODS AND THE DEVICES APPLIED AT DETERMINATION OF TEMPERATURE OF FLASH OF OIL PRODUCTS

Siberian research institute of metrology
Krylov shipbuilding research institute
Omsk institute of water transport, branch Novosibirsk state academy of water transport
G.V. Shuvalov, V.N. Polovinkin, I.V. Klekovkin, M.G. Klekovkina, O.A. Yasyrova

In article results of patent researches of methods and devices are given in article for determination of temperature of flash of oil products.

Keywords: oil products, flash temperature, patent

Приведены результаты патентных исследований методов и приборов для определения температуры вспышки нефтепродуктов.

Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» предъявляет обязательные требования к качеству отечественных топлив. В частности, для судовых топлив эти требования сформулированы в виде двух показателей: содержание серы и температура вспышки.

В связи с важностью показателя температура вспышки для его практического определения существует большое количество приборов отечественного и зарубежного производства.

Анализ технических характеристик и конструктивного исполнения приборов для определения температуры вспышки показывает, что в настоящее время нет единых принципов их конструирования, что связано с отсутствием методологии расчета приборов для определения температуры вспышки.

В этой связи были проведены патентные исследования по выявлению методов и устройств, которые потенциально могут быть использованы в конструкции приборов для измерения температуры вспышки нефтепродуктов. Некоторые наиболее интересные технические решения приводятся в настоящей статье.

В [1] описано устройство для определения температуры вспышки горючих жидкостей.

Цель изобретения – повышение надежности определения температуры вспышки и расширение области применения.

На рисунке 1 приведена конструкция камеры и блок-схема устройства.

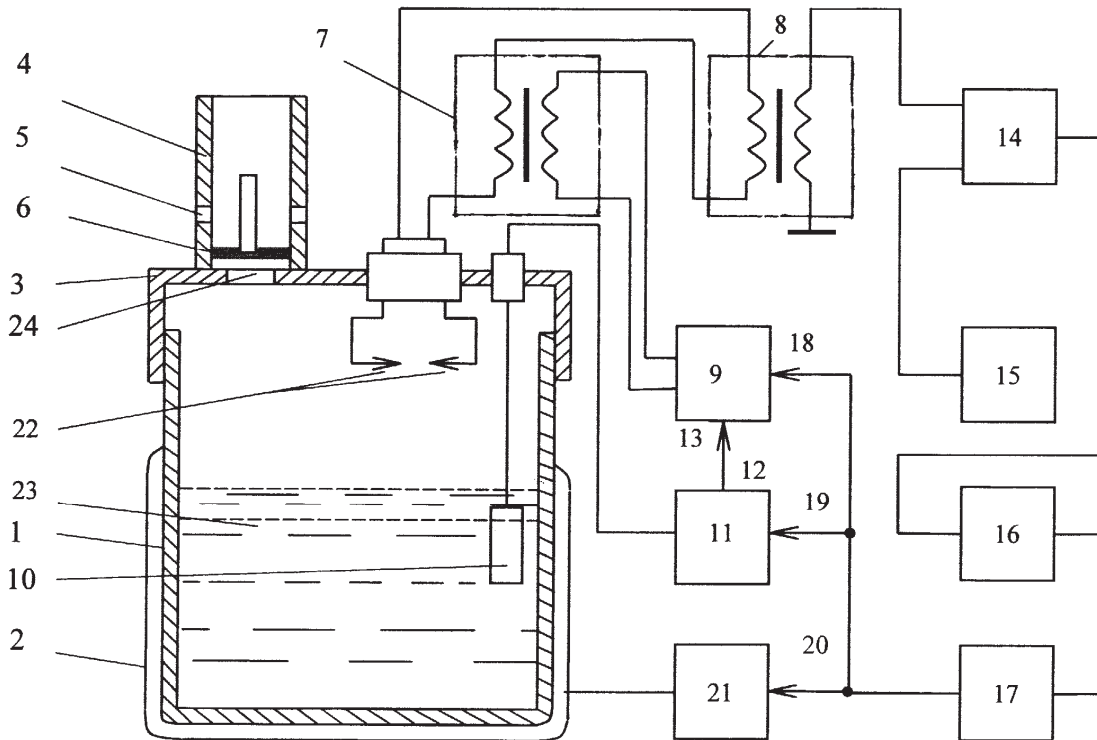


Рисунок 1 – Конструкция камеры и блок-схема устройства для определения температуры вспышки горючих жидкостей

Устройство работает следующим образом. Осуществляется нагрев испытуемой жидкости 23. Над поверхностью жидкости образуется пар.

При достижении жидкостью температуры заданной установки устройство переходит в режим измерений. Между электродами разрядника 22 периодически появляются электрические искры, при этом на вторичной обмотке промежуточного трансформатора 8 появляется электрический сигнал определенной длительностью по времени, а на выходе делителя сигнала 14 количество импульсов подсчитывается счетчиком 16 и тут же сбрасывается и не блокирует работу генератора высоковольтных импульсов 9.

При температуре жидкости, равной температуре вспышки, горючие газы, накопившиеся над поверхностью жидкости, вспыхивают. В этом случае время разряда изменится. Следовательно, количество подсчитанных импульсов на выходе счетчика будет иным, чем без вспышки, и запорный элемент 17 сработает, одновременно блокирует генератор 9 и фиксирует показание блока индикации температуры 11.

В [2] описана установка для автоматизированного определения температуры вспышки нефтепродуктов.

Авторы ставили задачу разработать компактный прибор, позволяющий определять температуру вспышки любых нефтепродуктов (топлива, масел) без снижения требуемой точности, с одновременным сокращением времени испытания, исключения субъективности при выполнении измерений, создания идентичных условий при проведении параллельных определений.

Технический результат предлагаемого изобретения – снижение погрешности с одновременным сокращением времени определения при одновременном исследовании нефтепродуктов с разной температурой вспышки за счет исключения влияния внешних условий

при проведении параллельных определений. Для этого в известной установке для определения температуры вспышки, выполнено дополнительное углубление для второго подогреваемого тигля, а установка снабжена дополнительным датчиком температуры нефтепродукта и дополнительным средством воспламенения, установленным во втором тигле, фотоэлементами регистрации вспышки нефтепродуктов в каждом тигле.

На рисунке 2 представлена блок-схема установки для автоматизированного определения температуры вспышки нефтепродуктов.

Установка состоит из корпуса 1 с нагревателями 2, 3 тиглей 4, 5. В корпусе 1 выполнены углубления для тиглей 4, 5. Тигель 4 имеет крышку 6, по оси которой установлена встроенная мешалка 7. Тигель 5 имеет подставку 8 для размещения датчиков. На крышке 6 и подставке 8 установлены датчики 9, 10 температуры нефтепродуктов, средства воспламенения 11, 12, фотоэлементы 13, 14 регистрации вспышки нефтепродуктов. Кроме того, на крышке 6 установлен привод 15 мешалки. В состав установки также входят блок управления 16, клавиатура 17 микропроцессора, индикатор 18 (цифровое табло).

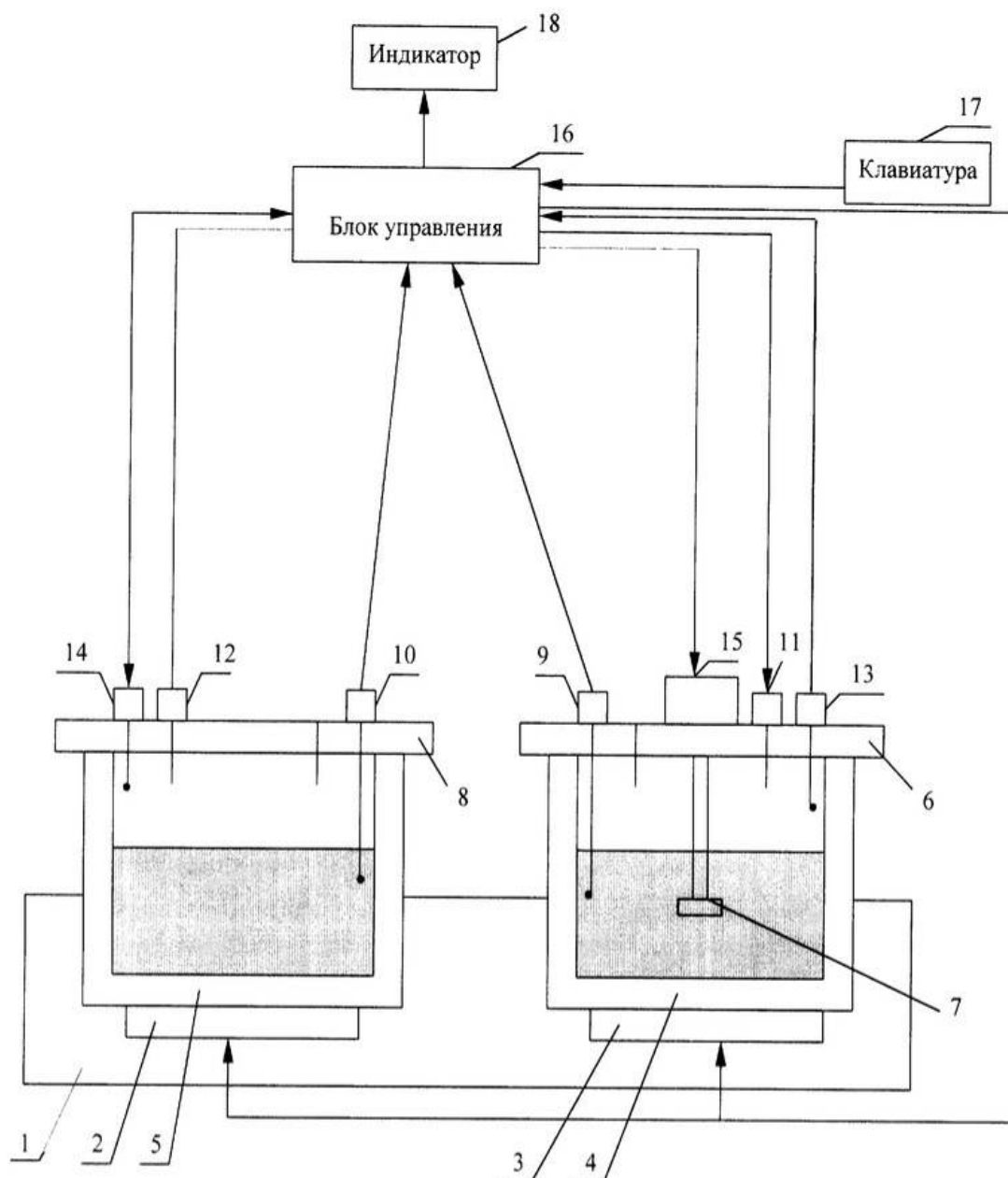


Рисунок 2 – Блок-схема установки для автоматизированного определения температуры вспышки нефтепродуктов

На данной установке были проведены испытания дизельного топлива Л-0,2-62, реактивного топлива ТС-1 и масла М-8В, которые показали снижение времени и погрешности опре-

деления температуры вспышки.

В [3] описано устройство для определения температуры вспышки и тангенса угла диэлектрических потерь горючих жидкостей.

Цель изобретения – расширение функциональных возможностей устройства путем автоматического измерения тангенса угла диэлектрических потерь при температуре жидкости 90 °С и использование электродной системы в качестве мешалки испытуемой жидкости в процессе измерения ее температуры вспышки, начиная с температуры жидкости 90 °С.

На рисунке 3 приведена конструкция с датчиком вспышки, электродной системой, системой смешивания горючей жидкости и блок-схемой электрической части.

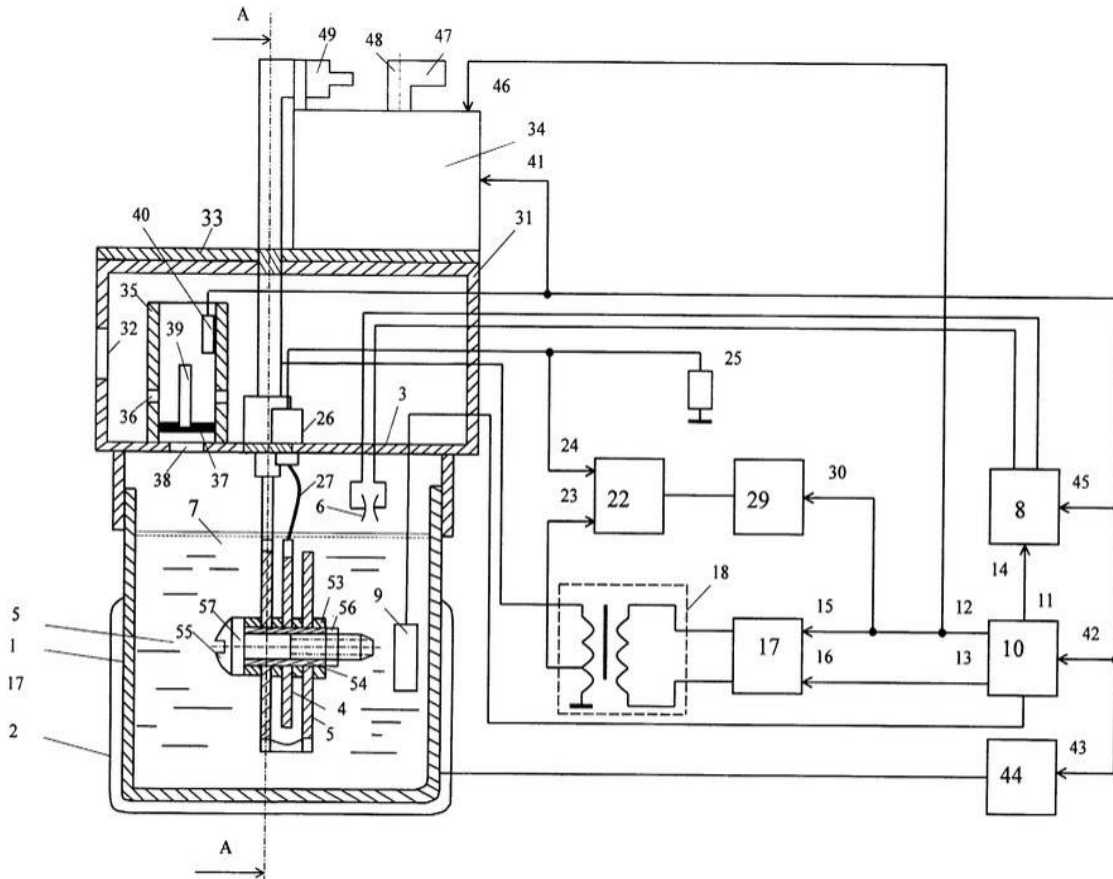


Рисунок 3 – Блок-схема и конструкция устройства для определения температуры вспышки и тангенса угла диэлектрических потерь горючих жидкостей

Устройство работает следующим образом. Осуществляется нагрев испытуемой жидкости 7 нагревателем 2. При достижении температуры трансформаторного масла 90 °С, при которой измеряется значение тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторных масел, блок индикации температуры 10 с дополнительного выхода 12 фиксирует показание блока индикации тангенса угла диэлектрических потерь 29 на табло по дополнительному управляющему входу 30, одновременно блокирует источник синусоидального сигнала 17 по управляющему входу 15, запускает микродвигатель 34 по управляющему входу 46.

Флажок 47 микродвигателя 34, расположенный на его оси 48 приводит в движение другой флажок 49, установленный на изоляционной втулке 19, в связи с чем электродная система поворачивается на некоторый угол вокруг своей оси. Происходит смешение масла и его нагрев по всему объему камеры 1.

При достижении температуры жидкости на 10-15 °С ниже предполагаемой температуры вспышки устройство переходит в режим измерений. Между электродами разрядника 6 периодически появляются электрические искры, которые при температуре жидкости, равной температуре вспышки, приводят к быстрому сгоранию (взрыву) накопившихся паров. Под давлением образовавшихся в результате взрыва продуктов сгорания поршень движется вверх, перемещая магнитный стержень 39 к магнитоуправляемому электрическому контакту 40. Контакт 40 срабатывает и по управляющему входу 45 блокирует генератор 8, фикси-

рует показание блока индикации температуры. Давление срабатывает через вентиляционные отверстия 36 и 32. Таким образом, весь процесс измерения тангенса угла диэлектрических потерь и температуры вспышки происходит в едином цикле нагрева испытуемой жидкости без дополнительной затраты энергии и участия человека в процессе измерения.

Как показали результаты патентного поиска в настоящее время существует ряд направлений разработок методов и приборов для определения температуры вспышки нефтепродуктов. Некоторые из рассмотренных технических решений, вероятно, могут быть использованы при разработке прибора для определения температуры вспышки для подтверждения соответствия нефтепродукта требованиям технического регламента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пат. 2178885 Российская Федерация, С2, МПК7 G 01 N 25/52. Устройство для определения температуры вспышки горючих жидкостей / Михеев Г.М.
- 2 Пат. 2187097 Российская Федерация, С2, МПК7 G 01 N 25/50. Установка для автоматизированного определения температуры вспышки нефтепродуктов / Чечкенов И.В., Марталов С.А., Приваленко А.Н., Алаторцев Е.И., Калинин В.А., Марталов А.С., Гонтарев С.В.
- 3 Пат. 2187097 Российская Федерация. Устройство для определения температуры вспышки и тангенса угла диэлектрических потерь горючих жидкостей / Михеев Г.М.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нефтепродукты, температура вспышки, патент*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, заместитель директора ФГУП «СНИИМ»*

Половинкин Валерий Николаевич, докт. техн. наук, референт директора ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Клековкин Иван Владимирович, заместитель начальника лаборатории ФГУП «СНИИМ»

Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»

Ясырова Ольга Александровна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

196158, г.Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44, ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА

**ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»
ФГУП Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт им. акад. А.Н. Крылова»
Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
«Новосибирская государственная академия водного транспорта»**

Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURING INSTRUMENTS OF INDICATORS OF THE OIL PRODUCTS APPLIED TO CONFIRMATION OF TECHNICAL REGULATIONS

Siberian research institute of metrology

Krylov shipbuilding research institute

Omsk institute of water transport, branch Novosibirsk state academy of water transport

G.V. Shuvalov, V.N. Polovinkin, I.V. Klekovkin, M.G. Klekovkina, O.A. Yasyrova

In article the comparative analysis of the main characteristics of the measuring instruments applied in the analysis of ship fuel on obligatory indicators is carried out: content of sulfur and temperature of flash.

Keywords: oil products, flash temperature, content of sulfur

Проведен сравнительный анализ основных характеристик средств измерений, применяемых при анализе судового топлива по обязательным показателям: содержание серы и температура вспышки.

В Российской Федерации действует технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», который устанавливает обязательные требования к нефтепродуктам.

В настоящее время выпускается значительное количество разнообразных средств измерений для определения показателей нефтепродуктов, которые имеют различные метрологические и технические характеристики и производятся как в России, так и за рубежом. В

ряде случаев не только неспециалисту, но, нередко, опытному работнику нефтегазовой отрасли сложно ориентироваться в выборе конкретного прибора.

В этой связи проведен сравнительный анализ основных характеристик средств измерений, применяемых при анализе судового топлива по обязательным показателям: содержание серы и температура вспышки.

В качестве критериев использовались следующие характеристики средств измерений: длительность анализа, возможности использования вне лаборатории, стоимость, массогабаритные показатели.

Сравнительные данные средств измерений для определения массовой доли серы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные средств измерений для определения массовой доли серы в нефтепродуктах (использованы данные с интернет-сайтов)

Средство измерения	Длительность анализа	Условия проведения анализа	Стоимость, руб.	Массо-габаритные показатели
RX-360SH Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор, ГОСТ Р 51947	10-300 с	любые	нет данных	420×340×140 мм, 11 кг
АСЭ-2 Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор, ГОСТ Р 51947	10-600 с	лабораторное	от 650 000	470×350×215 мм, 14 кг
Спектроскан S(SL) Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор, ГОСТ Р 51947	от 2 мин.	лабораторное	от 850 000	360×380×180 мм, 8,5 кг
SLFA-20 Рентгенофлуоресцентный анализатор, ГОСТ Р 51947	10-600 с	лабораторное	от 1 300 000	250×407×138 мм, 8 кг
FX-700 Волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор, ГОСТ Р 52660	10 мин.	лабораторное	нет данных	660×520×550 мм, 66 кг
АСВ-1 Волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор серы, ГОСТ Р 52660	нет данных	любое	от 23 500	450×415×400 мм, 45 кг
Спектроскан SW-D3 Волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор серы, ГОСТ Р 52660	от 8 мин.	лабораторное	от 4 200 000	530×480×340 мм, 40 кг (спектрометрический блок)
SINDIE-OTG Волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор	от 30 с до 5 мин.	лабораторное	нет данных	61×43×161 см, 82 кг
СИМ-6 Прибор для определения серы ламповым методом, ГОСТ 19121	1 ч	для мобильной лаборатории	от 90 500	300×340×180 мм, 10 кг

Из таблицы 1 видно, что наиболее быстрые результаты будут получены на анализаторах: RX-360SH, АСЭ-2 и SLFA-20.

Помимо задач лабораторного контроля качества нефтепродуктов существует ряд приложений, в которых главным фактором является быстрота анализа или возможность его проведения в полевых условиях.

По этому показателю среди лабораторных приборов выделяются анализаторы RX-360SH и АСВ-1. Отличительные особенности прибора АСВ-1: длительный срок автономной работы (до 30 ч от батареи).









Ориентировочные цены на средств измерений для анализа нефтепродуктов на содержание серы в значительной степени определяются комплектацией и точностью прибора.

Самый дешевый – портативный анализатор АСВ-1. Связано это непосредственно с его простой комплектацией.

Анализ приборов по массогабаритным характеристикам позволяет сделать вывод о том, что самым компактным прибором является «Спектроскан S(SL)» и SLFA-20. Настольные модели RX-360SH, СИМ-6 (АК-6), АСЭ-2 немного более габаритные, а группу самых габаритных приборов составляют анализаторы FX-700, АСВ-1 и SINDIE-OTG.

Данные о конструктивном исполнении средств измерений для определения массовой доли серы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Внешний вид средств измерений для определения массовой доли серы в нефтепродуктах

Анализатор «Спектро-скан S(SL)»		Анализатор SLFA-20	
Анализатор RX-360SH		Анализатор СИМ-6	
Анализатор АСЭ-2		Анализатор FX-700	
Анализатор АСВ-1		Анализатор «SINDIE-OTG»	

Сравнительные данные средств измерений для определения температуры вспышки представлены в таблице 3.

По показателю «время анализа» найти данных для анализаторов вспышки не удалось.

Все приборы из анализируемого списка используются для лабораторных анализов, за исключением СИМ-5, который может использоваться в мобильной лаборатории.

Цены на анализаторы разные, но в пределах 100 тыс. руб. можно рассматривать такие модели как: ТВЗ, ТВЗ-ПХП, ТВЗ-ЛТ, ПЭ-ТВО и СИМ-5Д.





Среди приборов серии ТВЗ, самый доступный – ТВЗ-ПХП, но его технические характеристики уступают остальным приборам. Автоматические аппараты ТВЗ-ЛАБ-11 и АТВ-21 в списке анализируемых самые дорогостоящие, оснащены всеми возможными функциями для упрощения и удобства работы специалиста. Инновационные приборы отличаются широким диапазоном определяемых температур и высокой точностью.

Поскольку приборы вспышки применяются, в основном, для лабораторных условий,

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

массогабаритные показатели не играют особой роли. Подробные сведения о них приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные средств измерений для определения температуры вспышки в нефтепродуктах (использованы данные с интернет-сайтов)

Средство измерения	Стоимость, руб.	Массо-габаритные показатели	Конструктивное исполнение
Прибор ТВЗ (ГОСТ 6356)	от 96 000	330×250×165 мм, 5 кг	
Аппарат ТВЗ-ПХП (ГОСТ 6356)	от 51 500	370×260×300 мм, 8 кг	
ТВЗ-ЛАБ-11 Автоматический аппарат (ИСО 2719, ГОСТ 6356)	от 270 000	360×390×295 мм, 9 кг	
Аппарат ТВЗ-ЛТ (ГОСТ 6356)	от 65 500	280×240×320 мм, 5,5 кг	
ПЭ-ТВО Полуавтоматический аппарат (ГОСТ 6356)	от 83 500	330×250×165 мм, 5 кг	
Регистратор Вспышка-А (ГОСТ 4333 и ГОСТ 6356)	от 605 400	300×260×180 мм, 11 кг	
АТВ-21 (ГОСТ 6356, ИСО 2719)	от 380 000	310×420×435 мм, 15 кг	
РМ-М Ручной анализатор (ИСО 2719)	нет данных	170×170×410 мм, 5 кг	
ISL FP 170 5G2 Автоматический (ИСО 13736)	нет данных	360×480×330 мм, 22 кг	
СИМ-5 (ГОСТ 6356 или ГОСТ 4333-87)	от 70 200	280×160×240 мм, 6 кг	

Таким образом, в статье проведен сравнительный анализ средств измерений, предназначенных для определения двух показателей нефтепродуктов. В результате анализа выделены модели, выгодно сочетавшие малое время анализа, условия эксплуатации, стоимость и массогабаритные показатели.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтепродукты, температура вспышки, содержание серы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, заместитель директора ФГУП

«СНИИМ»

Половинкин Валерий Николаевич, докт. техн. наук, референт директора ФГУП ГНЦ

«ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Клековкин Иван Владимирович, заместитель начальника лаборатории ФГУП «СНИИМ»

Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»

Ясырова Ольга Александровна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО

«НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

196158, г.Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44, ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ – РЕЗЕРВ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет»

А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, Л.Д. Макагон, В.В. Крашенинников

MODERN GREASE IN A RESERVE OF JOINT RELIABILITY

Novosibirsk state academy of water transport

Novosibirsk state pedagogical university

A.O. Tokarev, S.N. Ivanchik, L.D. Makagon, V.V. Krashennikov

To increase durability and reduce friction in joint and mechanisms, where establishment of circulation of oil is impractical or impossible, there uses lubricant grease as a irremovable grease for the whole period of exploitation of the joint.

Keywords: lubricant grease tribological characteristics, extreme conditions, load up, temperature, moisture

Для повышения износостойкости и уменьшения трения в узлах и механизмах, где создание циркуляции масла нецелесообразно или невозможно, применяются пластичные смазки в качестве несменяемой смазки на весь период эксплуатации узла.

Пластичные смазки используют для уменьшения трения и износа в узлах, где создание циркуляции масла нецелесообразно или невозможно. Часто они применяется в качестве несменяемой смазки на весь период эксплуатации узла. Некоторые смазки, обладая хорошей герметизирующей способностью и консервационными свойствами, применяются также в качестве защитных или уплотнительных материалов.

Способность удерживаться, не вытекать и не выдавливаться из негерметизированных узлов трения, более широкий, чем у масел, температурный диапазон применения позволяет упростить конструкцию узлов трения, уменьшить их металлоемкость, снизить стоимость изготовления и эксплуатации [1].

В Состав пластичных смазок входят:

Масло – 70-90% от массы смазки, являющееся основой смазки;

Загуститель – 8-20%, создающий пространственный каркас смазки;

Присадки – 0,1-5%, аналогичные тем, что используются в товарных маслах (моторных, трансмиссионных и т. п.);

Наполнители – 1-20% от массы смазки улучшают антифрикционные и герметизирующие свойства. Это твердые вещества, как правило, неорганического происхождения, нерастворимые в масле (дисульфид молибдена, графит, слюда и др.);

Модификаторы структуры – 0,1-1% от массы смазки способствуют формированию более прочной и эластичной структуры смазки. Представляют собой поверхностно-активные вещества (кислоты, спирты и др.).

Совершенствование свойств смазок за счёт их состава является одним из направлений продления эксплуатации механизмов.

В данной работе представлены результаты исследования основных характеристик современных пластичных смазок [2]. Испытывались:

– давно хорошо зарекомендовавшая себя на отечественном рынке смазка ЛИТОЛ-24, ГОСТ 21150-87, производства ЗАО «Ярославские смазки», РФ;

– консистентная смазка многоцелевого назначения Mobil GREASE XHP 222 – производитель Бельгия;

- пластичная смазка Castrol LMX Li – Komplexfett – производитель Германия;
- появившиеся на рынке новых смазок BG SS 2000 Lubricating Grease (BG 608) и Special HCF Grease (BG 605) фирмы BG Products. Inc., США.

BG 608 заявлен производителем, как продукт новейшей технологии в области смазок. Это многоцелевая смазка, предназначенная для работы в автомобилях, водном транспорте и индустриальном оборудовании, при высоких и низких температурах, в сухих или влажных условиях, при легких и тяжелых нагрузках. BG 608 смешивается практически со всеми смазками на мыльной основе, превосходно держится на деталях из всевозможных конструкционных материалов, в том числе и таких, как конструкционные термоэластопласты (Hytrel), фторуглеродистый каучук (Viton) и хлоропреновый и другие синтетические каучуки (Neoprene). Продукт BG608 одобрен Национальным Институтом Смазок, США для автомобильного обслуживания классификации GC-LB.

Смазка BG Special HCF Grease (BG 605) По заявлениям производителя выдерживает высокие температуры, защищает от коррозии вызванной пресной или соленой водой, а также химическими веществами, поддерживает смазывающую пленку при высоких нагрузках и усилиях.

Смазка BG 605 – специализированный продукт, предназначенный для применения в агрегатах с повышенной нагрузкой:

- выдерживает высокие температуры;
- защищает от коррозии вызванной пресной или соленой водой и химическими веществами;
- поддерживает смазывающую пленку при больших нагрузках.

Триботехнические характеристики пары трения «стальной диск-чугунная колодка» с применением указанных смазок оценивались при испытаниях на машине трения МИ-1 [3] (рисунок 1).

Образцы для испытания были изготовлены в виде диска из стали 45 диаметром 85 мм, закалённой на твёрдость HRC40. Вторым образцом пары трения являлись чугунные колодки, вырезанные из цилиндровой втулки дизеля 5Д2, с диаметром рабочей поверхности 85 мм. Площадь трения образцов – колодок составляла 10×10 мм.

Материал колодки – серый антифрикционный чугун на перлитной основе марки СЧ 25.

Смазку наносили шпателем на поверхность трения колодки 1 и диска 2. Кроме того нижняя часть диска погружалась в смазку наполненную в ванночку 3.

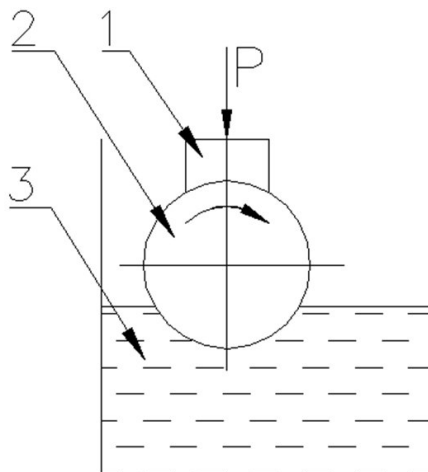


Рисунок 1 – Схема триботехнических испытаний на машина трения МИ-1: 1-образец (колодка), 2-образец (диск), 3-ванночка со смазкой

Режим трения изменялся увеличением нагрузки на верхний образец 1 от 500 до 1100 Н. Частота вращения нижнего образца постоянна и равна 400 об/мин.

При каждой нагрузке образцы работали, пока не наступал установившийся режим трения, при котором момент трения минимален и в дальнейшем остаётся постоянным.

Первые показания момента трения регистрировали после 24 ч притирки при нагрузке на узле трения 500 Н. После чего дискретно увеличивали нагрузку по 100 Н, регистрируя показания момента трения после его стабилизации.

Таблица – Зависимость коэффициента трения от нагрузки

Нагрузка, Н	BG Special HCF Grease	BG SS 2000 Lubricating Grease	Литол-24, ГОСТ 21150-87	Mobil GREASE XHP 222	Castrol LMX Li-Komplexfett
500	0,0091	0,0079	0,0162	0,0139	0,0141
600	0,0096	0,0081	0,0166	0,0142	0,0149
700	0,0098	0,0087	0,017	0,0158	0,0165
800	0,0101	0,0093	0,0184	0,0173	0,018
900	0,0151	0,0130	0,0225	0,0190	0,0197
1000	0,0284	0,0268	0,0375	0,0228	0,0234

Преимущество триботехнических показателей в паре трения, работающих с пластичными смазками компании BG, сохранялись при увеличении нагрузки в узле вплоть до значения 1000 Н. Резкое увеличение коэффициента трения при нагрузке более 1050 Н связано с разрушением смазывающей плёнки на всех испытываемых пластичных смазках BG (рисунок 2).

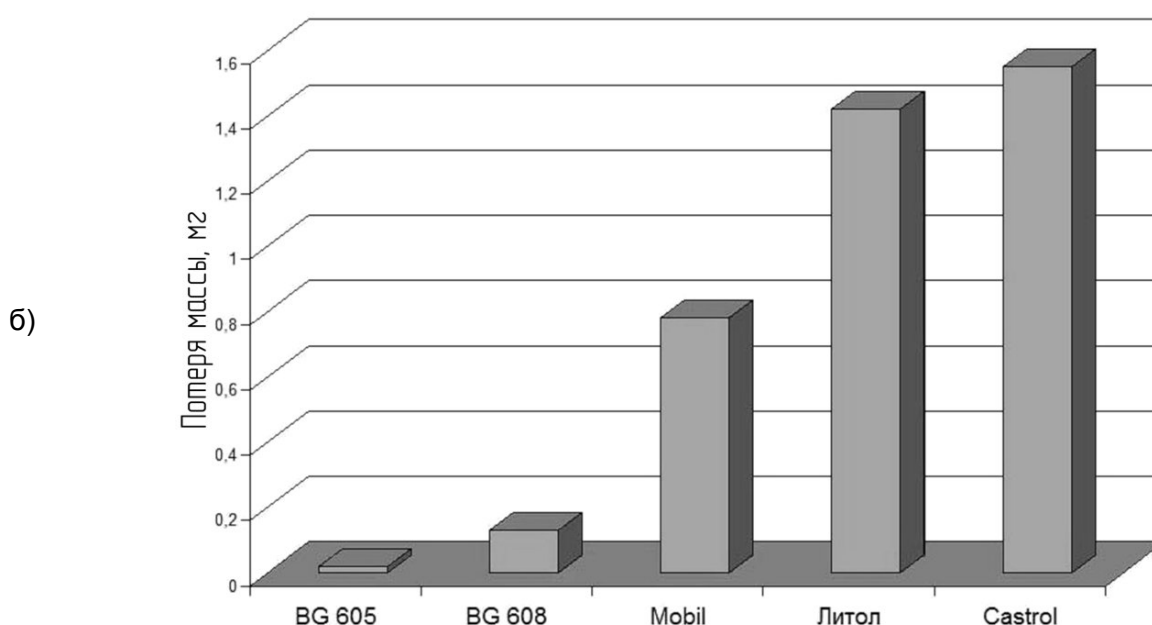
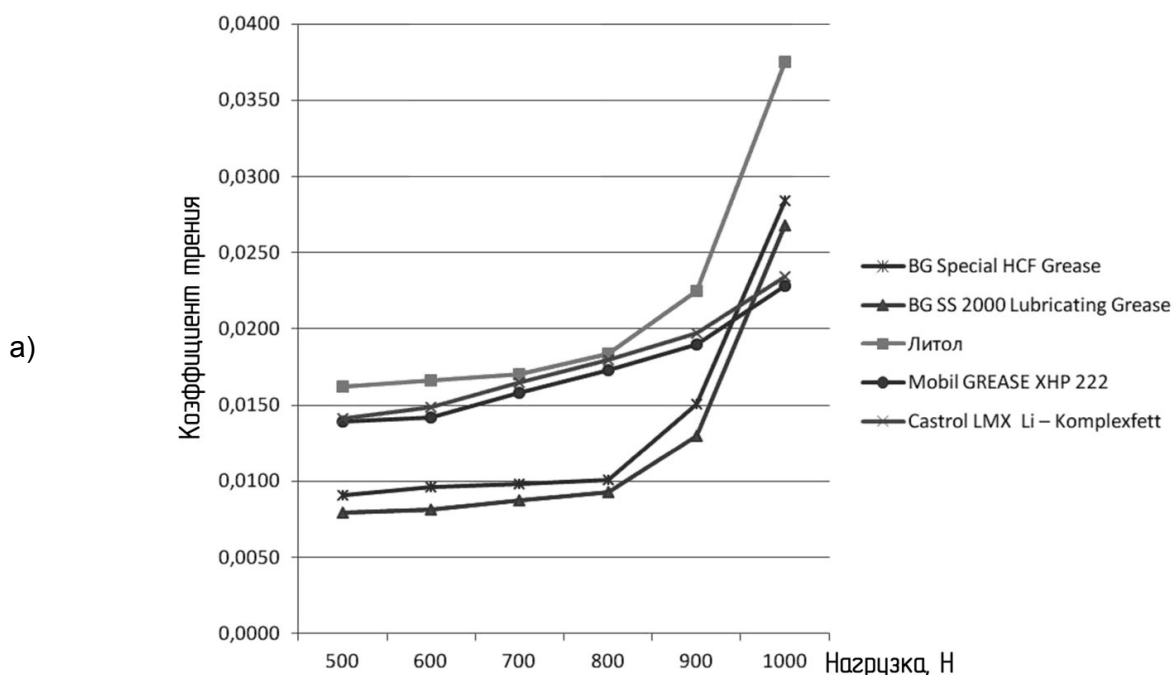
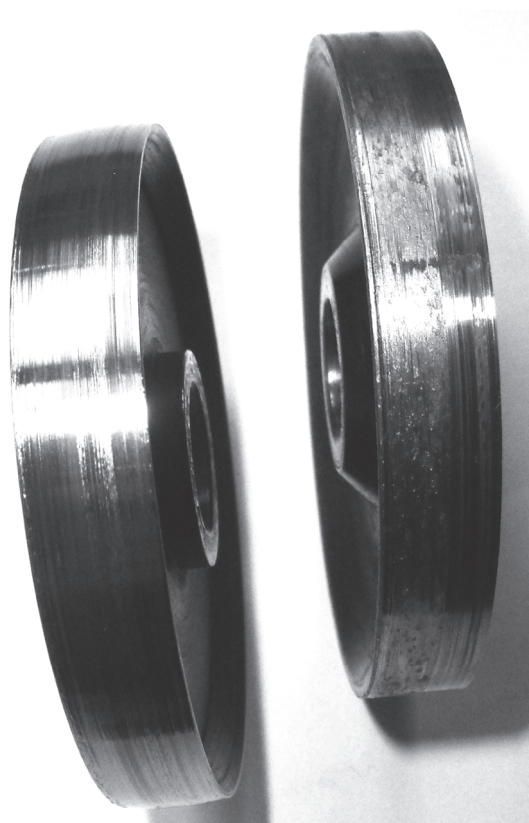


Рисунок 2 – Влияние пластичных смазок на коэффициент трения пары «стальной диск-чугунная колодка»: а)-влияние консистентной смазки на коэффициент трения; б)-влияние консистентной смазки на износ при трении



а) б)

Рисунок 3 – Наружный вид роликов после испытаний на трение: а)-со смазкой BG 605, б)-со смазкой «Литол»

Для оценки способности сохранять свойства в присутствии воды были проведены испытания смазок BG 605 и BG 608 с добавлением воды в ванночку с пластичными смазками. Триботехнические показатели при работе пары трения в присутствии воды в указанных смазках не изменялись при увеличении нагрузки до 700 Н. Разрушение смазывающей плёнки, сопровождающееся резким увеличением коэффициента трения, наблюдалось при нагрузке 850 Н (рисунок 4).

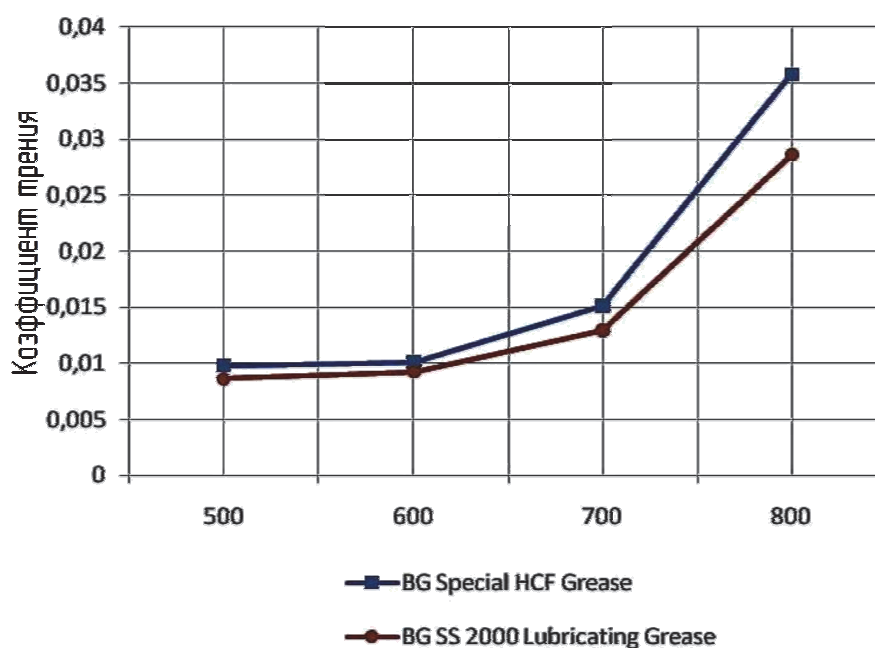


Рисунок 4 – Влияние пластичных смазок на коэффициент трения пары «стальной диск-чугунная колодка» с добавлением воды

Таким образом, проведённые испытания подтвердили способность пластических смазок фирмы VG работать в экстремальных условиях: при повышенных нагрузках, высоких температурах, в присутствии влаги.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *триботехнические характеристики пластичных смазок, экстремальные условия, повышенные нагрузки, температура, влага*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Токарев Александр Олегович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Иванчик Сергей Николаевич, старший преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Макагон Любовь Дмитриевна, старший преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Крашенинников Валерий Васильевич, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГПУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
630126, г.Новосибирск, ул.Вилюйская, 28, ФГБОУ ВПО «НГПУ»

ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ЗАПАСА ТОЛЩИН И РЕКОМЕНДУЕМЫХ СКОРОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ ПО НОРМАТИВНЫМ ДАННЫМ РОССИЙСКОГО РЕЧНОГО РЕГИСТРА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

П.А. Бимбереков

CONSTRUCTION OF APPROXIMATING FORMULAE FOR SPARE OF THE THICKNESSES AND RECOMMENDED VELOCITIES WEAR-OUT ON NORMATIVE GIVEN RUSSIAN RIVER REGISTER
Novosibirsk state academy of water transport
P.A. Bimberekov

Maded building of the formulae on result of the processing normative given Russian River Register spare of the design thicknesses on their minimum importances and recommended velocities wear-out depending on design thickness.

Keywords: spare of the thicknesses, velocity wear-out

Произведено построение выражений по результатам обработки нормативных данных Российского Речного Регистра запасов проектных толщин над их минимальными значениями и рекомендуемых скоростей изнашивания в зависимости от проектной толщины.

Для проведения оценочного исследования потребного числа измерений на участке элемента судовой конструкции при освидетельствовании требуется знать запас толщины исследуемой конструкции над минимально допустимым значением, скорость изнашивания этой конструкции, а также погрешности мерительного инструмента и процедуры измерения [1].

Нормативные значения минимальных остаточных толщин по данным РРР существенно рознятся при одинаковых проектных толщинах у отдельных конструкций [2, 3]. Поэтому представилось целесообразным построить поля распределений значений запаса толщин и скоростей изнашивания в зависимости от проектной толщины конструкции и получить выражения для худшего варианта сочетания запаса толщин и рекомендуемых скоростей изнашивания. Для запаса проектных толщин над минимально допустимыми значениями худшим вариантом, очевидно, будут минимальные значения, а у скоростей изнашивания соответственно максимальные значения всего поля распределения.

Были обработаны табличные данные по [2-4] при шпации 550 мм для судов с разрядами плавания «М-СП», «М», «О», «Р» РРР для двух табличных вариантов длин судна в каждом разряде плавания. Результаты приведены на рисунки 1-5.

Поскольку в дальнейшем получаемые выражения предполагается использовать и для оптимизационных исследований, то для запаса толщин кроме более сложных выражений для большего диапазона проектных значений толщин получили и упрощённые – для ограниченного диапазона толщин. Эти выражения согласно с ранее указанным рядом разрядов плавания размещены соответственно под номерами: (1), (2); (5), (6); (9), (10); (13), (14). Графическая интерпретация выражений приведена на графиках рисунки 1-4.

Для рекомендуемых скоростей изнашивания получены по разрядам плавания выражения под номерами: (3), (4); (7), (8); (11), (12); (15), (16). Причём каждое второе из них отличается от первого тем, что поправочное значение в скобках у показателя степени взято численно равным значению нормативной высоты волны для данного разряда плавания.

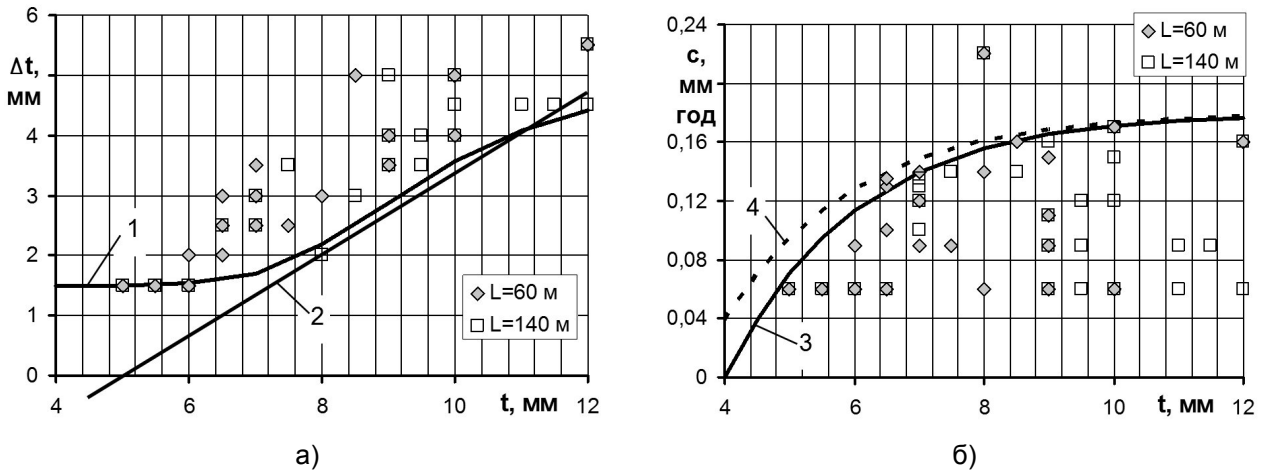


Рисунок 1 – Зависимости величины запаса проектных толщин над минимальными и рекомендуемых скоростей износа от значения проектной толщины для конструкций судов класса «М-СП» PPP: а)-зависимость вида $\Delta t = f(t)$; б)-зависимость вида $c = f(t)$

$$\Delta t = 1,5 + 3,5 \frac{[(t - 4,5)/5]^4}{1 + [(t - 4,5)/5]^4}; \quad (1)$$

$$\Delta t = 0,643(t - 5); t \in [7; 12]; \quad (2)$$

$$c = 0,18 \left[1 - \exp\left(-\frac{t - 4}{2}\right) \right]; \quad (3)$$

$$c = 0,18 \left[1 - \exp\left(-\frac{t - 3,5}{2}\right) \right]. \quad (4)$$

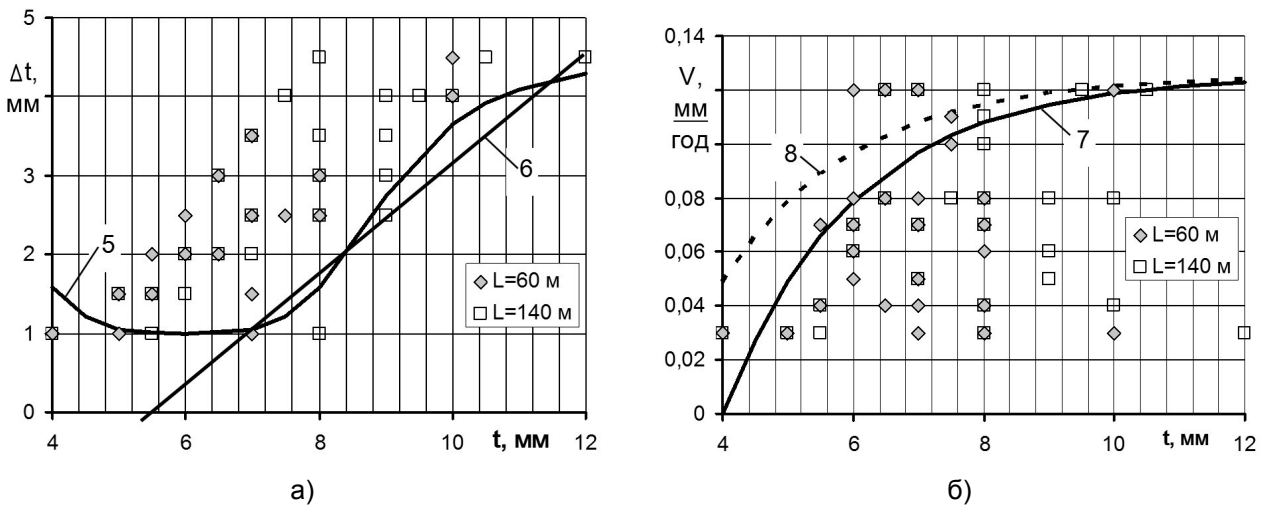


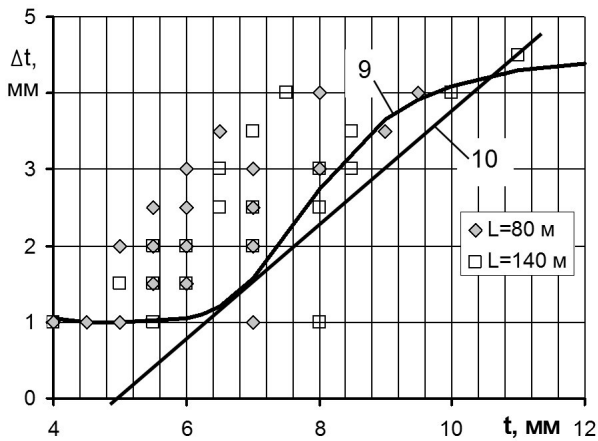
Рисунок 2 – Зависимости величины запаса проектных толщин над минимальными и рекомендуемых скоростей износа от значения проектной толщины для конструкций судов класса «М» PPP: а)-зависимость вида $\Delta t = f(t)$; б)-зависимость вида $c = f(t)$

$$\Delta t = 1 + 3,5 \frac{[(t - 6)/3]^4}{1 + [(t - 6)/3]^4}; \quad (5)$$

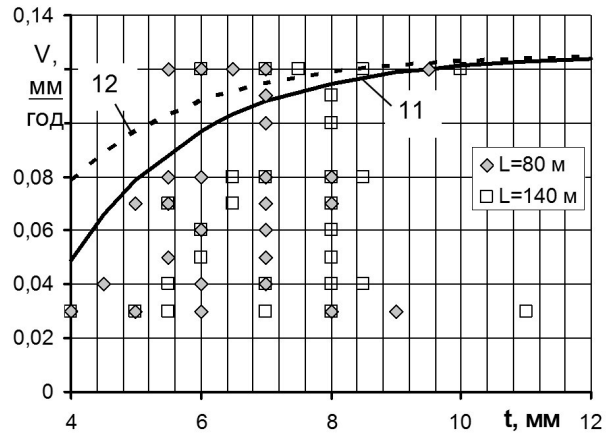
$$\Delta t = 0,7(t - 5,55); t \in [7; 12]; \quad (6)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t - 4}{2}\right) \right]; \quad (7)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t - 3}{2}\right) \right]. \quad (8)$$



а)



б)

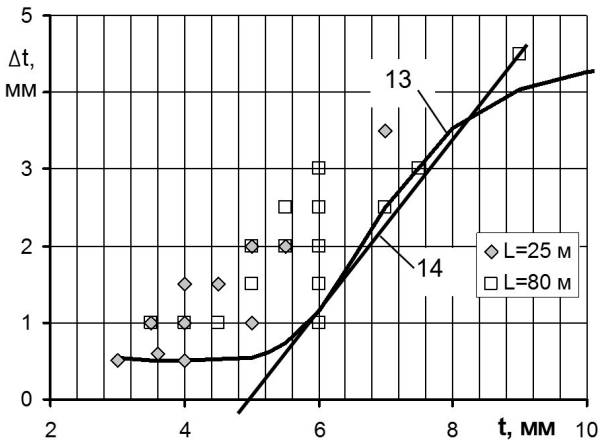
Рисунок 3 – Зависимости величины запаса проектных толщин над минимальными и рекомендуемых скоростей износа от значения проектной толщины для конструкций судов класса «О» PPP: а)-зависимость вида $\Delta t = f(t)$; б)-зависимость вида $c = f(t)$

$$\Delta t = 1 + 3,5 \frac{[(t-5)/3]^4}{1 + [(t-5)/3]^4}; \quad (9)$$

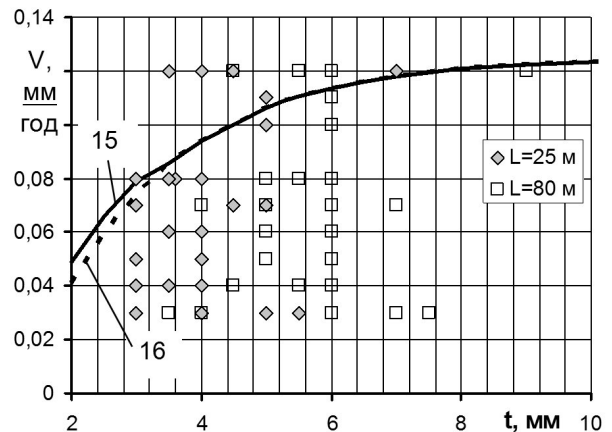
$$\Delta t = 0,75(t-5); t \in [6,5; 12]; \quad (10)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t-3}{2}\right) \right]; \quad (11)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t-2}{2}\right) \right]. \quad (12)$$



а)



б)

Рисунок 4 – Зависимости величины запаса проектных толщин над минимальными и рекомендуемых скоростей износа от значения проектной толщины для конструкций судов класса «P» PPP: а)-зависимость вида $\Delta t = f(t)$; б)-зависимость вида $c = f(t)$

$$\Delta t = 0,5 + 4 \frac{[(t-4)/3]^4}{1 + [(t-4)/3]^4}; \quad (13)$$

$$\Delta t = 1,125(t-5); t \in [5,5; 9]; \quad (14)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t-1}{2}\right) \right]; \quad (15)$$

$$c = 0,125 \left[1 - \exp\left(-\frac{t-1,2}{2}\right) \right]. \quad (16)$$

Для скоростей изнашивания вполне можно взять для анализа постоянные значения (ри-

сунок 1-4), а именно для разряда плавания «М-СП» – 0,16 мм/год, а для прочих 0,12 мм/год. Изначально предполагалось, что интересным вариантом могут послужить зависимости скоростей изнашивания от величины запаса толщин $c = f(\Delta t)$, однако сколько-нибудь интересным представилась такая зависимость только у судов в разряде плавания «М-СП» (рисунок 5а).

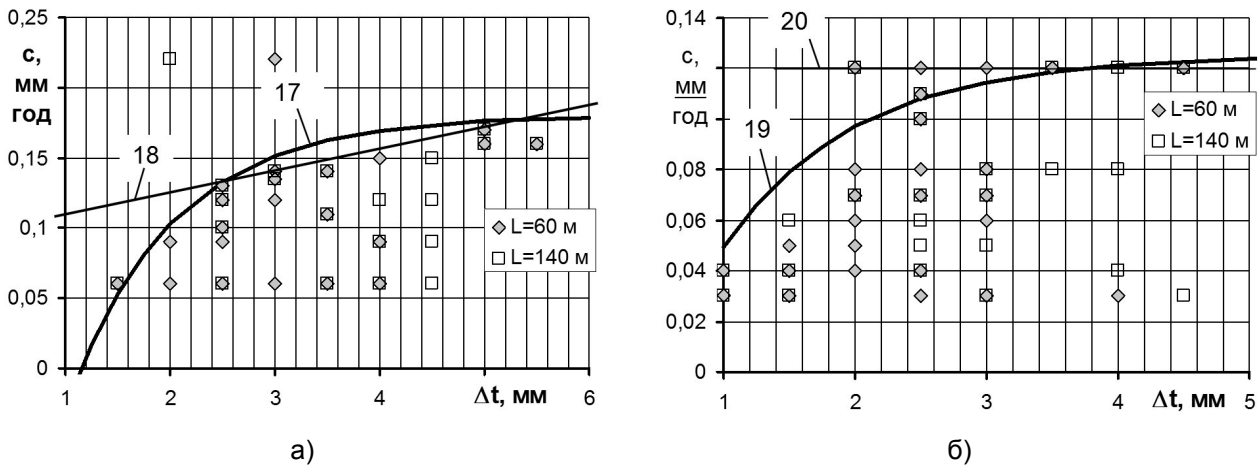


Рисунок 5 – Зависимости величины рекомендуемых скоростей износа от значения запаса толщин $c = f(\Delta t)$: а)-разряд плавания «М-СП»; б)-разряд плавания «М»

Выпавшими за ограничиваемое построенными зависимостями поле (рисунок 5а) являются значения у конструкций «Подпалубный набор и набор переборок внутри грузовых танков и топливных цистерн», для которых исследование нужно вести отдельно, или понижать скорость изнашивания установкой протекторной защиты. Для конструкций судов прочих разрядов плавания может быть взято одно числовое значение (см. для примера зависимость у конструкций судов в разряде «М», рисунок 5б).

$$c = 0,18[1 - \exp(-\Delta t + 1,15)]; \quad (17)$$

$$c = 0,095 + 0,015\Delta t; \quad (18)$$

$$c = 0,125[1 - \exp(-\Delta t + 0,5)]; \quad (19)$$

$$c = 0,12. \quad (20)$$

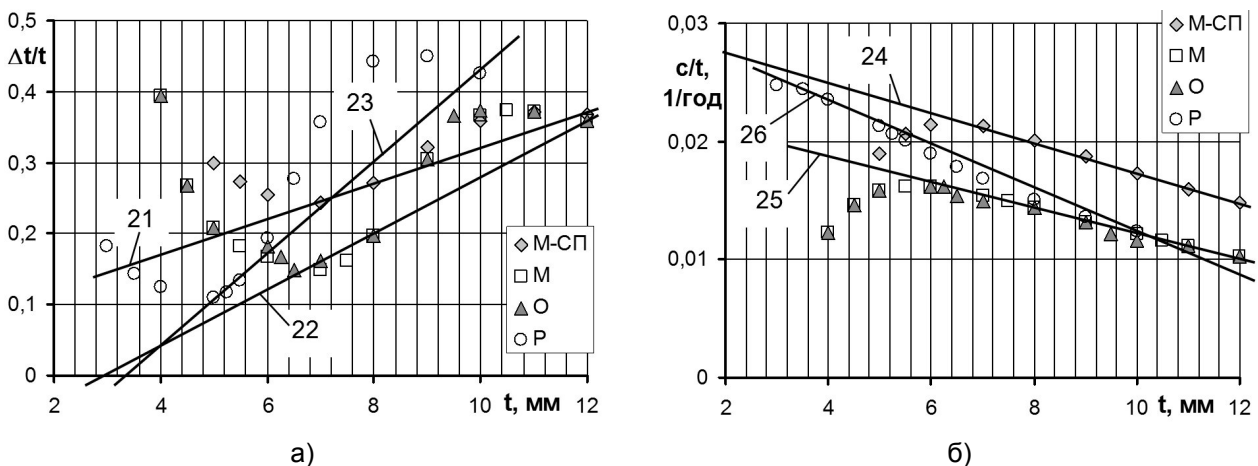


Рисунок 6 – Зависимости относительных величин запаса проектных толщин над минимальными и рекомендуемых скоростей износа от значения проектной толщины для конструкций судов разных разрядов плавания: а)-зависимость вида $\Delta t/t = f(t)$; б)-зависимость вида $c/t = f(t)$

Представляется, что интересными для исследования могут быть зависимости вида $\Delta t/t = f(t)$ и $c/t = f(t)$, показанных на рисунке 6. Ниже приведены аппроксимационные выражения для кривых рисунка 6 по зависимостям и разрядам плавания:

– для «М-СП»
$$\Delta t/t = 0,08 + 0,024t; t \in [7;12]; \quad (21)$$

– для «М» и «О» $\Delta t/t = 0,04(t - 3); t \in [6,5;12];$ (22)

– для «Р» $\Delta t/t = 0,0646(t - 3,4); t \in [5;10];$ (23)

– для «М-СП» $c/t = 0,0303 - 0,0013t; t \in [6;12];$ (24)

– для «М» и «О» $c/t = 0,0232 - 0,0011t; t \in [5,5;12];$ (25)

– для «Р» $c/t = 0,031 - 0,00187t; t \in [3;10].$ (26)

Полагаем, что полученные оценочные выражения позволят в дальнейшем получить данные по определению числа измерений при освидетельствовании судовых конструкций в зависимости от срока их эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бимбереков, П.А. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования и дефектации корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания / П.А. Бимбереков. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. -420 с.
- 2 Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.2. -М.: Тип. Новости, 2009. -406 с.
- 3 Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.4. -М.: Тип. Новости, 2009. -317 с.
- 4 Российский Речной Регистр. Правила В 4 т. Т.1. -М.: Тип. Новости, 2009. -272 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: запас толщин, скорость изнашивания
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»
 ФГУП Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт им. акад. А.Н. Крылова»
 Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
 «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова

DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF USE OF DEVICES OF CONTROL AND MONITORING OF QUALITY OF OIL PRODUCTS
 Siberian research institute of metrology
 Krylov shipbuilding research institute
 Omsk institute of water transport, branch Novosibirsk state academy of water transport
 G.V. Shuvalov, V.N. Polovinkin, I.V. Klekovkin, M.G. Klekovkina, O.A. Yasyrova

In article questions of development of devices of control and monitoring of quality of oil products are considered.

Keywords: monitoring, oil products, devices

Рассмотрены вопросы разработки приборов контроля и мониторинга качества нефтепродуктов.

В техническом регламенте «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» установлены обязательные требования к показателям нефтепродуктов, связанные с безопасностью их применения, но не нормируются требования к качеству нефтепродуктов, связанные с надежной и безотказной работой транспортных двигателей, несмотря на то, что для потребителей топлива и владельцев автотракторной техники являются весьма важными.

Эти показатели качества могут значительно отличаться от стандартных, в основном, из-за нарушения условий транспортировки и хранения, и могут стать причиной выхода из строя техники или значительным экономическим потерям. Для исключения случаев использования некачественного топлива, все чаще крупные потребители топлива пытаются самостоятельно контролировать основные показатели качества нефтепродуктов.

Таким образом, на сегодняшний день является актуальной задача осуществления оперативного контроля качества нефтепродуктов в местах его реализации и использования.

Для решения этих задач в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии были разработаны измерительные приборы (анализаторы) для анализа параметров нефтепродуктов (таблица 1).

Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту»

предъявляет обязательные требования к качеству отечественных судовых топлив в виде двух показателей: содержание серы и температура вспышки.

Метод определения содержания серы в судовом топливе должен соответствовать ГОСТ 19121-73, в связи с чем этот метод был положен в основу работы анализатора СИМ-6. В [1] была разработана методика определения серы в нефтепродуктах с использованием кондуктометрического метода, а также прибор СИМ-6 с ее использованием.

Структурная схема прибора СИМ-6 включает в себя следующие основные элементы (рисунок 1):

- кондуктометрические ячейки 8 и 9 с электродами 10, 11;
- горелка для сжигания топлива 14;

Таблица 1 – Приборы для анализа нефтепродуктов

<p>Анализатор СИМ-5</p> 	<p>Анализатор СИМ-5 предназначен для измерения температуры вспышки нефтепродуктов в полуавтоматическом режиме при оперативном контроле их качества. Принцип действия анализатора СИМ-5 основан на нагревании контролируемого нефтепродукта электронагревателем, периодическом поджигании паров нефтепродукта и измерение температуры, при которой происходит вспышка.</p>
<p>Анализатор СИМ-6</p> 	<p>Анализатор СИМ-6 предназначен для измерения содержания серы в светлых нефтепродуктах (бензин, керосин, дизтопливо), а также в других нефтепродуктах, полностью сгорающих в горелке анализатора, и может применяться для оперативного контроля их качества.</p>
<p>Анализатор СИМ-8</p> 	<p>Анализатор СИМ-8 предназначен для измерения кинематической вязкости нефтепродуктов при нагревании их до 100 °С при оперативном контроле их качества. Метод определения кинематической вязкости соответствует ГОСТ 33-2000. Принцип действия анализатора основан на измерении времени истечения контролируемого нефтепродукта через капилляр стеклянного стандартного вискозиметра ВПЖ-4 ГОСТ 10028-81 с последующим расчетом значения кинематической вязкости.</p>
<p>Анализатор СИМ-10</p> 	<p>Анализатор СИМ-10 предназначен для разгонки автомобильных бензинов по методике ГОСТ 2177-82 «Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава».</p>
<p>Анализатор СИМ-11</p> 	<p>Анализатор СИМ-11 предназначен для измерения температуры застывания нефтепродуктов при оперативном контроле их качества. Принцип действия анализатора основан на охлаждении образца контролируемого нефтепродукта хладоагентом (жидкий азот) с заданной скоростью до температуры, при которой образец остается неподвижным. Указанная температура измеряется и принимается за температуру застывания. Конструктивно анализатор состоит из криостата, выполненного на сосуде Дьюара, и измерительного прибора.</p>

- аспиратор 12 для прокачивания SO₂;
- дозатор 15;
- генератор озона 7 с компрессором 6;
- схема измерения 2 со схемой управления 3;
- блок питания 4.

Вторым из обязательных показателей качества судовых топлив является значение температуры вспышки, для определения которой была разработана конструкция прибора СИМ-5 [2]. Принцип действия анализатора основан на нагревании контролируемого нефтепродукта электронагревателем, периодическом поджигании паров нефтепродукта и измерение температуры, при которой происходит вспышка.

Функциональная схема анализатора приведена на рисунке 2.

В состав функциональной схемы входят нагревательный блок 1, блок электроники и управления 2.

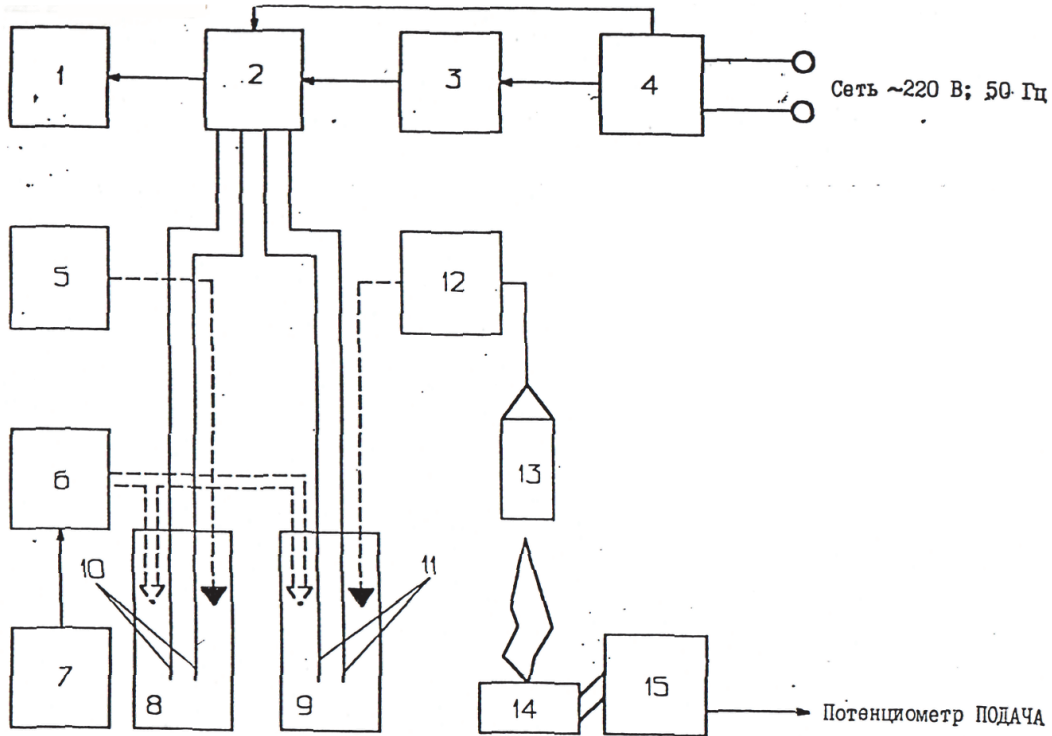


Рисунок 1 – Структурная схема анализатора СИМ-6

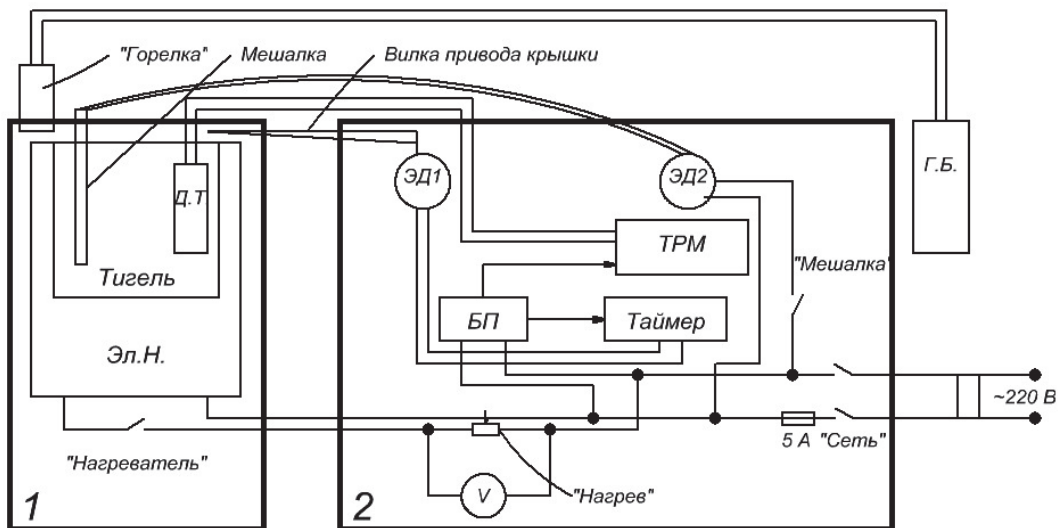


Рисунок 2 – Схема электрическая функциональная СИМ-5

В настоящее время уже выпущено более 60 анализаторов содержания серы СИМ-6 в нефтепродуктах и более 50 анализаторов СИМ-5.

Наибольший интерес к разработанным приборам проявляют предприятия, которые заинтересованы в контроле качества нефтепродуктов. В настоящее время лабораториями

«КЛАН-1», укомплектованными разработанными приборами (рисунок 3), оснащены ряд организаций Новосибирской, Кемеровской, Красноярской и Курганской областей, а также стран СНГ (Республики Казахстан и Узбекистан).



Рисунок 3 – Салон мобильной лаборатории «КЛАН-1», укомплектованный анализаторами СИМ

Таким образом, выполненные во ФГУП «СНИИМ» разработки новых приборов для определения параметров нефтепродуктов позволили на их основе создавать измерительные комплексы контроля и мониторинга качества топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шувалов, Г.В. Опыт практического применения анализаторов СИМ-6 для определения серы в нефтепродуктах / Г.В. Шувалов // Материалы 6 международной выставки и научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2010»: сб. тр. -Новосибирск, 2010. - Т.5,Ч.2.

2 Шувалов, Г.В. Анализатор температуры вспышки нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, М.А. Мишагин, А.В. Бондарев // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: тр. второй междунар. науч.-техн. конф., 8-11 сент. 2004 / под ред. В.П. Горелова, Н.Н. Лизалека, В.В. Охотниковой; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Тобольск, 2004. -Ч.2. -С. 153-155.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг, нефтепродукты, приборы

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, заместитель директора ФГУП «СНИИМ»

Половинкин Валерий Николаевич, докт. техн. наук, референт директора ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Клековкин Иван Владимирович, заместитель начальника лаборатории ФГУП «СНИИМ»

Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»

Ясырова Ольга Александровна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

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

196158, г.Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44, ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

МЕТОДОЛОГИЯ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»

Б.О. Лебедев, В.Б. Ломухин, И.В. Лаптева, В.В. Коновалов

METHODOLOGY A SELF-LEARNING ALGORITHM TROUBLESHOOTING

Novosibirsk state academy of water transport

Novosibirsk state university of architecture and civil engineering

B.O. Lebedev, V.B. Lomukhin, I.V. Lapteva, V.V. Kononov

The article describes the methodology of probabilistic troubleshooting with the same type of indicator elements used in the diagnostic process of the heat engine in the comprehensive analysis of lubricating oil: the theoretical background with examples of practical implementation.

Keywords: diagnostics, oil, symptom, likelihood, algorithm, search

Приведена методология вероятностного поиска неисправности при однотипном элементе-

индикаторе, используемая в процессе диагностирования теплового двигателя по комплексному анализу смазочного масла: теоретические предпосылки с примером практической реализации.

При работе Системы диагностирования по маслу (СДПМ), часто возникает ситуация, когда при превышении предельного статистического порога остается неясным какая из нескольких пар трения, содержащих один и тот же элемент-индикатор, вышла из строя [1]. Например, при появлении в масле значительных количеств меди непонятно, в какой из пар трения, содержащих этот металл, повышена скорость изнашивания. Таких пар трения в дизеле несколько десятков. В этой ситуации применим обучающийся алгоритм [2]. Оказалось возможным в этом частном случае построить простой численный его вариант.

Если одному и тому же комплексу симптомов соответствует несколько (n) причин, то вероятность очередного диагноза в зависимости от количества (m) правильно поставленных диагнозов в прошлом определяется так

$$P_k = \frac{a_1 + bm}{n + bm}, \quad (1)$$

где k – номер причины неисправности, $k = 1, 2, \dots, n$;
 a_1 – коэффициент начальных условий;
 b – вес информации о подтверждении диагноза.

Вероятность каждого из всех остальных возможных диагнозов определится из формулы

$$P_n = \frac{a_n}{n + bm}; n \neq k. \quad (2)$$

При этом

$$\sum_1^n P_i = 1; \sum_1^n a_i = n. \quad (3)$$

Допустим, имеется симптом – повышенное содержание меди в масле. Следовательно, идет ненормальное изнашивание трущейся пары, содержащей бронзу. Как найти неисправную? Для численной иллюстрации работы алгоритма положим число таких пар равным десяти ($n = 10$) и то, что мы не имеем никакой информации о частоте их отказов, то есть $a_1 = a_2 = \dots = a_{10} = 1$. Тогда вероятности выхода из строя каждой трущейся пары соответственно равны $p_1 = p_2 = \dots = p_{10} = 1/10$. Повышенное содержание меди в масле заставит разобрать машину и найти причину этого симптома. Допустим, что вышла из строя первая трущаяся пара и вес сообщения об этом ординарный (примем $b = 1$). Делаем пересчет вероятностей по формулам (1) и (2). Так как имеется только один диагноз, то $m = 1$ и $p_1 = 2/11$, а $p_2 = p_3 = \dots = p_{10} = 1/11$.

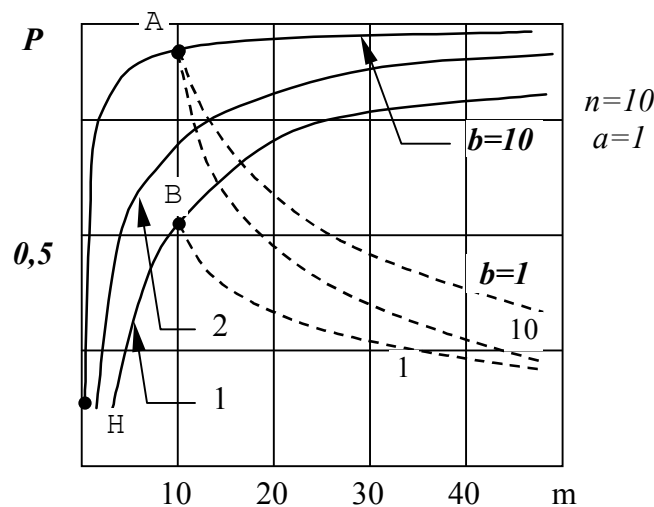


Рисунок – Работа алгоритма поиска неисправностей

При появлении этого симптома повторно и при повторном выходе из строя первой трущейся пары вероятности распределяться так: $p_1 = 3/12$, $p_2 = p_3 = \dots = p_{10} = 1/12$. Ценность нашего диагноза нарастает. На рисунке показан ход функции по формуле (1) при различных значениях веса сообщения о подтверждении диагноза и при $n = 10$ (точка H). Интересно,

что если устранена причина повышенного изнашивания данной трущейся пары, то начинается процесс, обратный обучению – «забывание» (пунктирные линии на рисунке). И чем дальше вправо расположены точки А и В, тем меньше скорость забывания. В практике работы СДПМ вероятность выхода из строя подшипников турбокомпрессора выросла примерно 0,03 до 0,67. Таким образом, при помощи этого алгоритма в значительной мере был снят дефицит турбокомпрессоров в пароморском, так как при повышении содержания меди в масле и делалась предупредительная смена подшипников. Была устранена и причина выхода их из строя. Теперь на первое место по вероятности отказа на этом дизеле вышли втулки масляного насоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ломухин, В.Б. Основы современной эксплуатации двигателей / В.Б. Ломухин. -Новосибирск: Наука, 2004. -188 с.
- 2 Шеромов, Л.А. Общая теория эволюции / Л.А. Шеромов. -Новосибирск: ФБОУ ВПО «Новосиб. гос. акад. вод. трансп.», 2014. -100 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагностика, масло, симптом, вероятность, алгоритм, поиск
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Лебедев Борис Олегович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Ломухин Владимир Борисович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАСУ»
Лаптева Ирина Владимировна, ассистент ФБОУ ВПО «НГАСУ»
Коновалов Валерий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630008, г.Новосибирск, ул.Ленинградская, 113, ФБОУ ВПО «НГАСУ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИКАТОРА МОТОРНОГО МАСЛА НА ОСНОВЕ СЕРПЕНТИНА И МЯГКИХ МЕТАЛЛОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

ФБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»
ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.Б. Ломухин, А.О. Токарев, В.В. Сургин, И.В. Лаптева

THE USE OF ENGINE OIL BASED ON SERPENTINE AND SOFT METALS IN SHIP POWER INSTALLATIONS
Novosibirsk state university of architecture and civil engineering
Novosibirsk state academy of water transport
V.B. Lomukhin, A.O. Tokarev, V.V. Surgin, I.V. Lapteva

Laboratory studies and field tests demonstrated the usefulness of using motor oil containing serpentine and soft metals.

Keywords: modifier of motor oil, wear, wear rate

Приводятся впервые полученные результаты лабораторных исследований модификатора моторного масла в состав, которого входит серпентин и мягкие металлы.

Анализ работ современных исследователей [1-3] в области модифицирования моторного масла для увеличения безремонтной наработки ДВС путем введения, в масло специально разработанных модификаторов на различных основах позволяет выделить основные их виды по составу, принципу действия и основные недостатки при их применении.

Учитывая свойства серпентина притягивать к своей поверхности частички металла, предлагается модификатор, содержащий в своем составе серпентин и мелкодисперсные мягкие металлы которые соединяясь в одной жидкой среде при определенном процентном соотношении будут образовывать конгломераты, в середине которых будут находиться частички серпентинита, а на поверхности более мелкие частички металла.

Действие разработанного модификатора происходит следующим образом:

1 Конгломерат частичек разработанного модификатора, проходя над небольшой трещинной (выбоиной) на поверхности трения детали, цепляясь за нее частичками металла, будет заполнять трещину.

2 Оставшиеся конгломераты с небольшим количеством металлических частичек и частичкой серпентинита, повторно проходя над небольшой трещинной (выбоиной) на поверхности трения детали, образует металло-минеральный слой.

Для исследования воздействия предложенного модификатора на износ вращающейся пары трения (Сталь - 40ХНМА и Бронзы - БрО5ЦНС5) была разработана экспериментальная

установка [4].

В качестве смазочных материалов для проведения исследований использовали:

– для эксперимента №1, чистое моторное масло 5W30;

– для эксперимента №2, моторное масло 5W30 с введённым в него модификатором Edial ДВС (Серпентин);

– для эксперимента №3, моторное масло 5W30 с введённым в него модификатором РиМЕТ (сплав медь-олово);

– для эксперимента №4, моторное масло 5W30 с введённым в него разработанным модификатором (серпентин и сплав медь-олово).

Для оценки зависимости износов образцов во всех экспериментах была принята полинома второй степени.

В силу небольшого числа факторов для экспериментов №1, №2, №3 проводили исследования по плану однофакторного эксперимента, а для эксперимента №4 полного факторного.

Целью обработки данных полученных в экспериментах №1, №2, №3 является получение функциональных зависимостей износа образца от времени истирания $\Delta G = f(t)$. Для построения математических моделей использовались метод наименьших квадратов.

Однородность дисперсий значения отклика эксперимента проверяли по критерию Корхена. Значимость коэффициентов проверяли по t -критерию Стьюдента. Адекватность полученных зависимостей отражающих связь функции отклика с исследуемыми факторами (1, 2 и 3) оценивали коэффициентами Фишера.

Уравнения регрессии, характеризующее износ образца при его смазывании чистым маслом

$$\Delta G = 0,0136 + 0,1795t + 0,002t^2, \quad (1)$$

Уравнения регрессии, характеризующее износ образца при его смазывании моторным маслом с введённым в него модификатором на основе серпентина

$$\Delta G = 0,0038 + 0,371t - 0,0031t^2, \quad (2)$$

Уравнения регрессии, характеризующее износ образца при его смазывании моторным маслом с введённым в него модификатором на основе мягкого металла

$$\Delta G = 0,0019 + 0,05t + 0,0021t^2, \quad (3)$$

где ΔG – износ образца, г;

t – время истирания образца, ч.

Целью обработки данных полученных в эксперименте №4 является получение функциональной зависимости износа образца от времени истирания и концентрации мягких металлов в серпентине $\Delta G = f(t, v)$. Для построения математических модели использовался регрессионный анализ.

Уравнения регрессии, характеризующее износ образца при его смазывании моторным маслом с введённым в него разработанным модификатором

$$\Delta G = 1,453 + 0,29t - 0,069v - 4,034 \cdot 10^{-3}tv - 3,472 \cdot 10^{-5}t^2 + 6,773 \cdot 10^{-4}v^2, \quad (4)$$

где v – концентрация мягких металлов в серпентине, %.

Далее уравнения (1)-(3) аппроксимировали на 50 ч истирания с интервалом в 10 ч. Уравнение 4 аппроксимировали на 50 ч истирания с интервалом в 10 ч и концентрациями мягкого металла в серпентините 25%, 50% и 75%. Совместный график аппроксимированных данных потери веса образца приведен на рисунке.

Для оценки возможности применения модификатора моторного масла на основе серпентина и мягких металлов в двигателях судовых энергетических установок был проведен эксперимент при штатной эксплуатации земснаряда типа ДЭР-250 на котором установлен главный дизельный двигатель SKODA 6L275/III, и три вспомогательных два из которых SKODA 6S160 и один SKODA 2S110. Так как на земснаряде установлено два абсолютно одинаковых двигателя и работают они в одинаковых условиях, эксперимент проводился путем добавления в моторное масла одного двигателя предлагаемого модификатора, и отбора проб работающего масла с обоих двигателей в процессе их эксплуатации. Далее проводили анализ отобранных проб масла по методике «Система диагностирования дизелей по методу комплексного анализа смазочного масла» (СТП 314.536.0-01-88), а весь ход эксперимента проводился по сертифицированным методикам РОСС Ru.АЯ79.М52040 0219784.

Анализ данных собранных с двигателей SKODA 6S160 при штатной эксплуатации зем-

снаряда типа ДЭР-250 в течение 1500 моточасов показал следующие результаты:

1 Физико-химические (механические примеси, зольность, вязкость, температура вспышки) показатели работающего масла не претерпели значительных изменений после введения в него модификатора и остались в пределах допустимых норм для эксплуатации исследуемых двигателей;

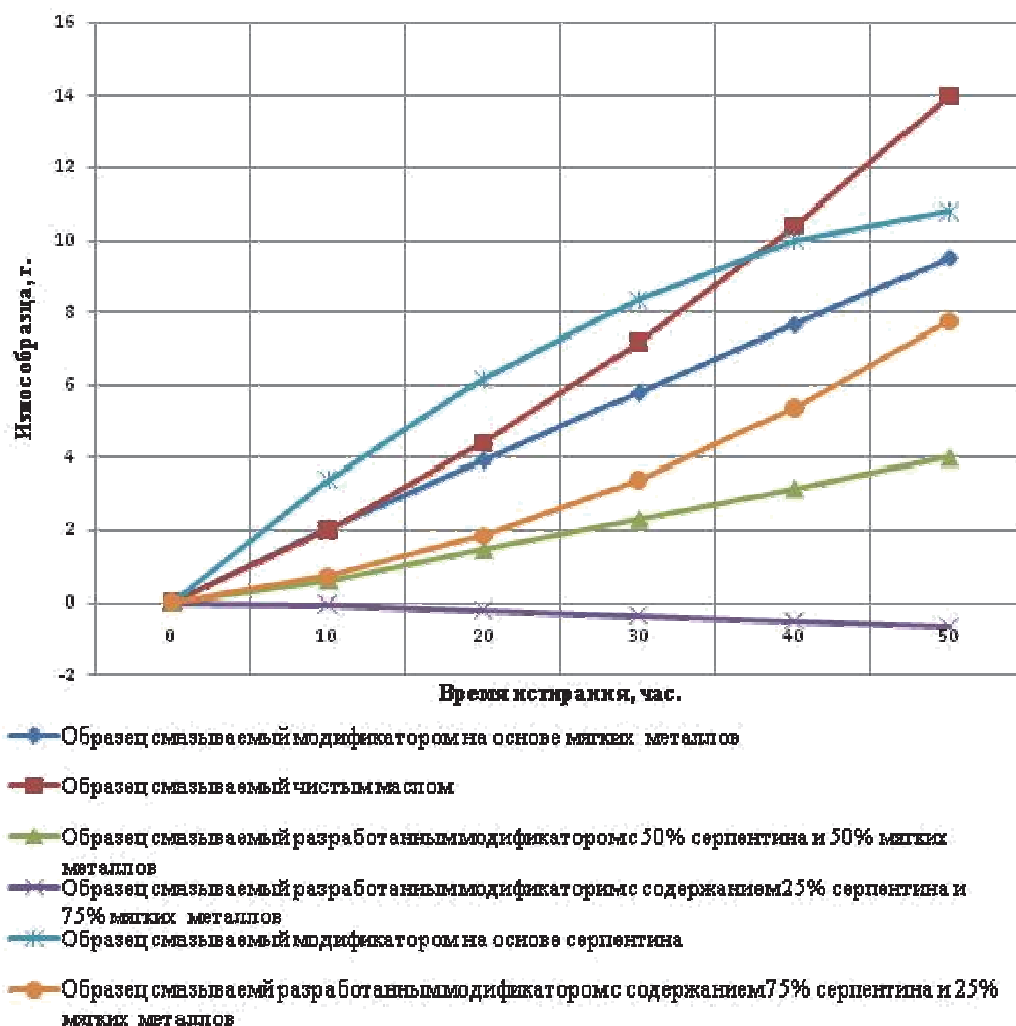


Рисунок – График аппроксимированных данных

2 Содержание железа в работающем масле после введения в него модификатора значительно снизилось по сравнению с чистым маслом вследствие чего можно говорить о снижении общего износа цилиндропоршневой группы двигателя.

3 Содержание олова в работающем масле впервые часы работы двигателя резко увеличилось после введения в него модификатора, что объясняется непосредственным содержанием олова в модификаторе. Но после не продолжительной наработки (около 80 ч) его содержание снижается и в целом по всему периоду наблюдения становится ниже, чем в чистом масле. При таком снижении содержания олова в работающем масле можно судить о снижении скорости износа вкладышей подшипников коленчатого вала.

3 Снижение концентрации свинца в работающем масле после введения в него модификатора также подтверждает снижение износа вкладышей подшипников коленчатого вала.

4 Увеличение содержания меди в работающем масле после введения в него модификатора обусловлено содержанием меди непосредственно в модификаторе. Дальнейшее ее уменьшение в процессе эксплуатации двигателя говорит о снижении скорости износа вкладышей подшипников коленчатого вала.

Выводы: Анализируя совместный график аппроксимированных данных потери веса образца (рисунок) можно сделать вывод, что применение разработанного модификатора увеличивает ресурс трущегося сопряжения в диапазоне концентрации состава от 25% до 75% мягкого металла в серпентините. 75-ти процентный состав наиболее оптимально подходит

для практического применения, так как не только способен повысить ресурс трущегося сопряжения, но и при определенной наработке частично его восстановить.

Проведенные эксплуатационные наблюдения двух одинаковых двигателей эксплуатирующихся в идентичных условиях на земснаряде типа ДЭР-250, подтвердили целесообразность использования модификатора моторного масла на основе серпентина и мягких металлов в двигателях дорожных и строительных машин. Применение данного модификатора не повлечет за собой критичных изменений физико-химических показателей моторного масла и позволит снизить скорость износа ЦПГ и подшипников коленчатого вала в 1,2-2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гаркунов, Д.Н. Триботехника. Краткий курс / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. -344 с.
- 2 Ломухин, В.Б. Основы современной эксплуатации двигателей / В.Б. Ломухин. -Новосибирск: Наука, 2004. -188 с.
- 3 Присадки к моторным маслам [Электронный ресурс] // Компания «Авиталь Сервис. Мобильные автоуслуги». -Режим доступа: RUL: <http://a-vital.ru/prisadki-i-dobavki-k-motornym-maslam.html>. -07.10.2011.
- 4 Сургин, В.В. Проблемы и оборудование для изучения свойств ремонтно-восстановительных составов / В.В. Сургин // Материалы III всероссийской научно-практической конференции «Ремонт. Восстановление. Реновация» / Башкир. ГАУ. -Уфа, 2012. -С. 38-41.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *модификатор моторного масла, износ, скорость износа*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ломухин Владимир Борисович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГАСУ»
Токарев Александр Олегович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Сургин Вячеслав Владимирович, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «НГАСУ»
Лаптева Ирина Владимировна, ассистент ФГБОУ ВПО «НГАСУ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630008, г.Новосибирск, ул.Ленинградская, 113, ФГБОУ ВПО «НГАСУ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.П. Глушков, В.В. Коновалов

IDENTIFICATION OF CHANGES IN THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT ROLLING STOCK
Novosibirsk state academy of water transport
S.P. Glushkov, V.V. Konovalov

The role of diagnostic monitoring the technical condition in the optimization of maintenance and repair of transport vehicles.

Keywords: technical diagnostics, rolling stock, service system, optimization

Показана роль системы диагностического контроля технического состояния при оптимизации системы обслуживания и ремонта транспортного подвижного состава.

В условиях реформирования транспортной отрасли становится актуальной проблема сбалансированности требований потребительского рынка на транспортные услуги и доходности грузопассажирских перевозок. Один из путей ее решения – оптимизация жизненного цикла транспортного подвижного состава (ТПС), обеспечивающего грузовые и пассажирские перевозки.

Если представить отмеченный баланс в виде весов (рисунок 1), на одной чаше которых лежат требования современного рынка транспортных услуг, то есть повышение потребительского спроса и увеличение транспортных потоков, а на другой – мероприятия, обеспечивающие эти потребности и доход, то основанием, поддерживающим этот баланс, является оптимизация жизненного цикла ТПС.

Жизненный цикл любого технического изделия включает четыре основных процесса: создание (конструирование и изготовление), эксплуатация, обслуживание и ремонт, утилизация. Оптимизация стоимости и продолжительности этих составляющих жизненного цикла ТПС с управлением надежностью, долговечностью и экологической безопасностью в эксплуатации как раз и позволяет привести в соответствие требования рынка транспортных услуг с доходностью их оказания.

Следовательно, оптимизация системы обслуживания и ремонта является одной из главных, приоритетных задач для транспорта. Такая оптимизация является одним из требований современной концепции управления надежностью сложных технических объектов, со-

гласно которой техническое обслуживание, обеспечивая определенный ее уровень, должно быть ориентировано на доход. Техническое обслуживание, решая вопросы повышения его качества, увеличения надежности, управления продолжительностью срока службы ТПС, должно организовываться таким образом, чтобы в центре внимания находилась основная цель: увеличения доходов при эксплуатации транспорта. Только это позволит в условиях перестройки системы ремонта ТПС осуществить переход от ее убыточности к доходности.



Рисунок 1 – Оптимизация жизненного цикла ТПС – основа доходности оказания транспортных услуг

Для реализации такого подхода на транспорте необходимо создать (внедрить) систему комплексного управления основными фондами (EAM – Enterprise Asset Management), получившую широкое распространение в мире. Одним из ключевых моментов в этой системе является создание глобальной информационной системы диагностического контроля технического состояния (Condition Monitoring System), позволяющей получать необходимые сведения о техническом состоянии каждой транспортной единицы, требуемых материалах, оборудовании, запасных частях, для обеспечения жизненного цикла ТПС на этапе его эксплуатации.

Система диагностического контроля технического состояния – инструмент, который дает всестороннюю информацию о техническом состоянии объекта надзора; позволяет измерять его основные показатели работы (мониторинг), на основе чего определять текущее техническое состояние, прогнозировать остаточный ресурс и, как следствие, планировать по текущему содержанию.

Диагностика как одна из составляющих этой системы должна решать задачу оценки фактического состояния ТПС в процессе эксплуатации, давая необходимую исходную информацию для соответствующей организации ремонтного цикла. Чтобы диагностика стала реальным инструментом в оценке состояния ТПС в системе технического обслуживания, ориентированного на доход, она должна отвечать определенным требованиям, в частности, быть:

- достаточно достоверной;
- оперативной;
- технологичной (не трудоемкой, имеющей подробное описание технологии);
- информативной для определения необходимого объема работ при проведении профилактики и ремонта;
- информационно совместимой с EAM - системой, являясь ее составной частью;
- адаптируемой для контроля технического состояния новых типов ТПС.

Когда диагностика удовлетворяет перечисленным требованиям, возникает необходимость в соответствующей оптимизации диагностических средств и технологий. Если рас-

смаатривать всю совокупность применяемых на транспорте диагностических комплексов, то наиболее информативными и развитыми в настоящее время являются виброакустические. Они позволяют оценивать состояние оборудования по параметрам динамических (виброакустических) процессов, происходящих в узлах ТПС при их вибрационном освидетельствовании, когда выполняют техническое обслуживание (ТО) или ремонт (текущий – ТР и капитальный – КР).

Проблемы мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния современных плавательных средств и гидротехнических инженерных сооружений являются крайне сложными и требуют развития как теоретических методов, так и натуральных экспериментальных исследований, выработки критериев, характеризующих рабочее состояние, зарождение и развитие дефектов, предшествующих нарушению нормальной работоспособности. Каждая конкретная проблема является многоплановой, требующей для эффективного решения использования достижений нескольких научных направлений, решения целого класса модельных задач теории упругости, вычислительной математики, математического моделирования вибрационных процессов, инженерной сейсмологии и других. Эти динамические явления отрицательно сказываются на техническом состоянии ТПС. Крайне неприятным обстоятельством является невозможным предсказать поломки основных деталей, что вносит большую дезорганизацию производственного процесса. Большинство непредвиденных дефектов приходится на те, детали механизмов и оборудования, которые недоступны для непосредственного контроля. К таким деталям, например, относятся подшипники коленчатых валов ДВС, подшипники и шестерни реверс-редукторных агрегатов. Разборка конструкций, механизмов и оборудования с целью контроля технического состояния отдельных его узлов, как правило, сопряжена с большими трудностями, выводом из эксплуатации и часто бывает неоправданной. Кроме этого, опыт эксплуатации и ремонта машин, механизмов, различного оборудования показывает, что разборка приводит к ускорению износа деталей, так как нарушает работу сопряжений.

При оценке технического состояния ТПС требуются надежные способы выявления трещин, возникающих в деталях металлоконструкций во время эксплуатации. Известно, что усталостное разрушение начинается и происходит в высоконагруженных опасных местах. Если элементы металлоконструкций без дефектов, то установить положение этих мест без разрушения часто невозможно, так как они, например, при асимметричном цикле нагружения, могут не совпадать с местами, где действуют наибольшие максимальные напряжения. При использовании любых способов неразрушающего контроля нет уверенности, что все возникающие при эксплуатации дефекты, опасные для конструкции, будут обнаружены. Например, трещины, возникающие на силовых элементах в труднодоступных местах, таких как шатун, коленчатый вал, коренные подшипники коленчатого вала у двигателей внутреннего сгорания (ДВС) или на раме ходовой тележки, которые невозможно обнаружить или можно пропустить при использовании существующих способов дефектоскопии. Поэтому *актуальны* исследования для разработки способов диагностики, которые не позволят пропустить дефект, возникающий в конструкции при наработке, особенно если он опасен.

Актуальность исследования обусловлена еще и необходимостью развития технологий обнаружения неисправностей и идентификации повреждений в реальном времени. Кроме того, необходимо перейти от дорогих запланированных технических обслуживаний на более эффективные и менее дорогостоящие альтернативные условия обслуживания во время эксплуатации. К таким технологиям обнаружения изменения технического состояния машин, механизмов, оборудования и конструкций следует отнести виброакустические методы. Они позволяют оценивать техническое состояние по параметрам динамических (виброакустических) процессов, происходящих в узлах конструкций при их вибрационном освидетельствовании, когда выполняют техническое обслуживание или ремонт (текущий и капитальный), и в процессе эксплуатации.

Анализ отечественных и зарубежных работ в области контроля технического состояния механических систем [1-14] позволяет утверждать о целесообразности и эффективности использования методов виброакустической диагностики. «Вибросигнал, обладая достаточно емкой информацией о работе агрегата и его элементов, может стать достоверным показателем его состояния».

Вибрационная диагностика – метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, либо создаваемой работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемо-

го объекта.

Очевидные преимущества вибродиагностики:

- широкая информативность, так как в вибрации содержится вся информация о рабочих процессах;
- высокая чувствительность к возникающим неисправностям;
- достаточная простота технологии измерения, по сравнению с другими видами диагностирования, а также ее высокая точность;
- широкие возможности автоматизированного анализа результатов измерения.

На рисунке 2 представлена диаграмма, позволяющая понять, каким образом влияет оптимизация технологии вибрационного диагностирования на оптимизацию системы технического обслуживания и ремонта.



Рисунок 2 – Оптимизация вибродиагностической технологии

Основой вибродиагностики являются два основных компонента – знание виброметрии, то есть что и как измерять, а также знание объекта диагностирования – что нужно диагностировать. На их основе строится соответствующая система распознавания состояний (неисправностей), связывающая вибрационные параметры с неисправностями конкретных типов объектов. Эту систему распознавания обычно называют диагностической моделью. Она может быть реализована в виде некоторого набора решающих правил (алгоритмов), формализованных в виде диагностических программ.

Оптимизация вибрационного диагностирования заключается в достижении максимального соответствия изложенным требованиям и должна охватывать все ключевые моменты этой технологии, а именно:

- создание необходимых виброизмерительных и анализирующих устройств, построение на их основе системы сбора вибрационной информации;
- определение перечня неисправностей конкретных типов ТПС, которые необходимо диагностировать для обеспечения надежности;
- разработку диагностической модели, соответствующей требованиям диагностирования конкретных типов ТПС. Реализация модели должна обеспечивать получение информации о степени опасности диагностируемых состояний, а также сведений, необходимых для ремонтного персонала; разработку диагностического программного обеспечения, которое на уровне пользовательского интерфейса должно формализовать процесс диагностирования и давать возможность наращивания его функциональности;
- разработку технологических инструкций диагностирования и создание эксплуатационной документации на диагностические средства.

Построенная таким образом диагностическая технология непосредственно влияет на оптимизацию системы обслуживания ТПС и получение наибольшего эффекта (доходности) от ее применения. Оценочным критерием, характеризующим эффективность той или иной вибродиагностической технологии, может служить достоверность диагностирования по за-

явленному перечню неисправностей. Именно достоверность в итоге определяет соотношение затрат на проведение диагностики и потери от пропуска дефектов или излишней перебраковки. Совокупные издержки от последних должны быть существенно меньше затрат на внедрение диагностики.

Современным инструментом вибродиагностики такой системы является компьютеризированный виброизмерительный комплекс со специализированным программным обеспечением для регистрации, обработки и визуализации данных.

В состав комплекса, как правило, включают различные механические системы для нормированных динамических нагрузений исследуемой системы. К оборудованию комплекса предъявляются самые жесткие требования, например, полоса частот в диапазоне 0,1-500 Гц, чувствительность не менее 200 мВм, динамический диапазон входных сигналов не менее 90 дБ.

В качестве датчиков в большинстве случаев используются пьезоакселерометры. Этот выбор обусловлен линейной зависимостью измеряемых значений ускорений волнового поля, возбуждаемого в системе, значению величины силового воздействия (удар, вибрация, природные и техногенные волны). В таких датчиках электрический заряд на выходе пропорционален действующим на датчик возмущениям, а основными потребительскими характеристиками являются рабочий диапазон частот, коэффициент преобразования, динамический диапазон входных сигналов.

Аппаратно-программное обеспечение вычислительной системы должно обеспечивать расширенные возможности анализа полученных данных – амплитудный, спектральный, корреляционный, статистический. При этом особое внимание уделяется вопросам, связанным с корректным преобразованием физических изменений волнового поля в цифровой сигнал, сохраняемый на жестком диске ПК, то есть создание системы цифровой обработки.

К базовым функциям цифровой обработки относятся: представление сигнала в цифровой форме; цифровая обработка сигнала и их модификация (удаление шумов); извлечение информации (спектральный анализ) и передача.

Большинство измеренных модальных параметров (частота, форма колебаний, амплитуда и модальный демпфинг) являются функциями физических характеристик конструкции (массы, демпфирования и жесткости). Повреждение – изменение в материале или геометрических характеристик конструкции, включая изменение граничных условий или связей в системе. Повреждения оказывают неблагоприятное воздействие на показатели работы системы, которые, в свою очередь, обуславливают изменения в модальных характеристиках системы, которые могут быть обнаружены с помощью системы обнаружения и диагностики повреждений.

При использовании спектрального анализа исследования динамических откликов можно проводить по методу синхронного усреднения времени [15], которое состоит в синхронизации выборки данных. Среднее время синхронных сигналов будет определяться исключительно воздействием вибраций, производимых элементами конструкции.

Если одна из усталостных трещин в конструкции локальна, то изменения будут появляться во временной области. Случайная амплитуда со случайной фазовой модуляцией в основном представляют эти изменения. Таким образом, спектр Фурье по средней временной области сигнала вибрации, например дефектного подшипника или другого механизма состоит из основной и гармонической сетки частот окруженный боковыми полосами модуляции. Фурье-анализ преобразует сигнал из временной или пространственной области в частотную [16].

Классическое преобразование Фурье является традиционным математическим аппаратом для анализа стационарных колебательных процессов элементов оборудования. При этом сигналы разлагаются в базисе косинусов и синусов или комплексных экспонент. Эти базисные функции простираются вдоль всей оси времени [17].

В общем случае при произвольной (в том числе непериодической) зависимости $f(t)$ прямое преобразование Фурье означает переход от временного представления сигнала к его частотному представлению в соответствии с обобщенным выражением:

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp(-i\omega t) dt .$$

Преобразование Фурье имеет некоторые ограничения и недостатки, с практической точки зрения, а именно, располагая хорошей локализацией в частотной области, оно не обла-

дает разрешением по времени. Преобразование Фурье требует знания сигнала не только в прошлом, но и в будущем, даже для одной заданной частоты, так как базисная функция при разложении в ряд Фурье является гармоническим колебанием и математически определено на временном интервале $(-\infty; +\infty)$. Преобразование Фурье не учитывает, что частота колебания может изменяться во времени. Для получения точной высокочастотной спектральной информации о сигнале необходимо извлекать ее из относительно малых временных интервалов, а для низкочастотной информации – наоборот. Как показывает практика, не все сигналы стационарны, а для нестационарных сигналов трудности преобразования Фурье значительно возрастают [17].

Для преодоления вычислительных трудностей преобразования Фурье разработаны методы быстрого преобразования Фурье. Они сохраняют погрешности вычислений при заданном числе гармоник, но позволяют резко сократить затраты времени [18].

Исследуя стационарные сигналы, тогда достаточно применять спектральный анализ на основе быстрого преобразования Фурье. Основные проблемы возникают при этом:

- увеличение отношения сигнал–шум, при усреднении и синхронном накоплении;
- малая разрешающая способность анализа в высокочастотной области, что обуславливает применение процедуры анализа огибающей кривой.

Для нестационарных сигналов традиционный спектральный анализ не эффективен, так как спектр мощности усреднен на всем временном промежутке. Наиболее очевидным путём анализа нестационарных сигналов является применение быстрого преобразования Фурье, которое заключается в разбиении реализации на отдельные короткие равно длинные участки с последующим применением алгоритма быстрого преобразования Фурье к каждому из них. Этот метод в практике анализа сигналов известен как оконное преобразование Фурье. Особенностью выделяющей этот вид анализа является необходимость применения сглаживающих окон (Хемминга, "flet-top", Ханна), потому что без их использования усиливается влияние эффекта растекания дискретных составляющих в боковые лепестки. Определенное число участков разбиения (число спектров) ограничивает разрешающую способность анализа во временной области.

Оконное преобразование Фурье имеет вид

$$f(\omega, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)w(t-b)\exp(-j\omega t) dt ,$$

в котором применяется предварительная операция умножения сигнала $f(t)$ на «окно» $w(t-b)$, где окно – локальная во времени функция (например, прямоугольная $w(t)=1$ при $0 \leq t \leq \tau$ и $w(t)=0$ при $t < 0$ и $t > \tau$), которая перемещается вдоль оси времени t (рисунок 3) для вычисления преобразования Фурье в разных позициях b . В результате получается частотно-временное описание сигнала.

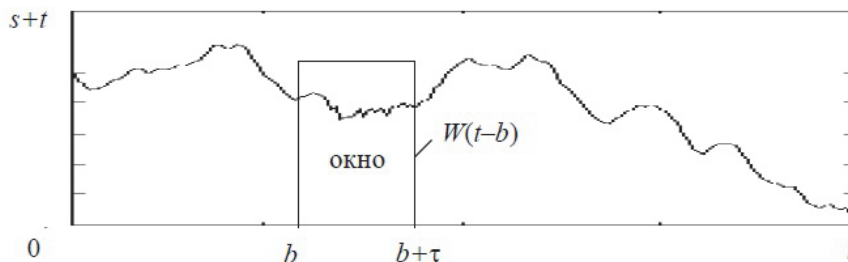


Рисунок 3 – Представление оконного преобразования Фурье

Если перемещать скачками (через τ) окно по всей оси времени сигнала $S(t)$, то за несколько перемещений возможно просмотреть сигнал полностью. Так что вместо обычной спектрограммы получится набор спектрограмм, схематично представленный в виде прямоугольников на рисунке 4. Такой спектральный анализ аналогичен анализу использующем набор фильтров с постоянной шириной полосы пропускания, равной $\Delta\omega \approx 2\pi/\tau$. Каждое окно выделяет свой небольшой участок во времени, следовательно точность представления и разрешающая способность по времени могут быть увеличены. Одновременно высокое разрешение и по частоте, и по времени получить невозможно, принимая во внимание принцип

неопределенности $\Delta\omega\tau = \text{Const}$. Окну с узкой шириной τ по времени, будет соответствовать плохое разрешение по частоте $\Delta\omega$. Оконное преобразование Фурье использует фиксированное окно и, соответственно, фиксированное разрешение по времени и частоте (рисунок 4а), поэтому оно не может быть адаптировано к локальным свойствам сигнала, что является существенным недостатком [17].

Помимо оконного преобразования Фурье существуют другие алгоритмы анализа со скользящими сглаживающими и усредняющими окнами. Наиболее известными являются более ранний вариант анализа со скользящим гауссовским окном Габора и более развитый и эффективный анализ этого типа, известный как распределение Вигнера–Вилли, представляющее поперечное условие между различными компонентами сигнала.

Рассмотренные методы анализа широко применяются при углублённом исследовании сигналов в частотно-временной области, но не подходят для решения задач идентификации повреждений в эксплуатируемом судовом оборудовании, как неудовлетворяющие требованию выработки обобщенного диагностического признака. Трёхмерные образы (частота-время-амплитуда), которые получаются в результате анализа, сложны для формального распознавания. Поэтому необходимо применять другие методы для анализа сигнала, например кратномасштабные методы.

Кратномасштабные методы [19], в частности, вейвлет-преобразование, которое позволяет обнаружить и оценить техническое состояние оборудования в нестационарной среде. Вейвлеты преодолевают недостатки быстрого преобразования Фурье, что обеспечивает хороший компромисс между расположением и разрешением по частоте. Большое окно используется для оценки низких частот, меньшее окно используется для оценки высокой частоты. Это позволяет более точно описать локализованные характеристики сигнала.

Локальный анализ с вейвлет-преобразованием может быть выполнен кратко масштабным формализмом, который предназначен для представления сигналов в более мелких деталях. Специальные аспекты сигнала, такие как тенденции, разбивка точек, разрывы в высоких производных и автомодалность выявлены на соответствующих масштабах. Кроме того, вейвлет-преобразование обладает способностью фильтрации полиномов, что лучше иллюстрирует особенность анализа

Вейвлет-преобразование является самым известным за его способность анализа локального поведения функции. В обработке сигналов для распознавания образов – это неравномерность не гладкости в сигнале, которая обеспечивает наиболее интересные и дискриминационные природы. Преобразование Фурье, известное как глобальная трансформация предполагает бесконечную энергию в сигнале, и не может быть использована для идентификации сигналов с короткой продолжительностью. Быстрое преобразование Фурье использует зафиксированное перемещение окон и поэтому не может добиться желаемой резолуции по времени и частоте одновременно. Вейвлет-преобразование позволяет решить эту проблему с помощью базисных функций, представляющих малые волны с компактным носителем, называемые «всплески». Wavelet дословно переводится как «короткая (маленькая) волна». Вейвлеты – функции с нулевым интегральным значением локализованные по всей оси независимой переменной, способные к сдвигу по этой оси и масштабированию (растяжению/сжатию).

Вейвлет-преобразование имеет принципиальное преимущество перед преобразованием Фурье за счет свойства локальности у вейвлетов. В вейвлет-преобразовании операция умножения на окно как бы содержится в самой базисной функции, которая сужает и расширяет окно (рисунок 4): с ростом параметра a увеличивается разрешение по частоте и уменьшается разрешение по времени, а с уменьшением этого параметра уменьшается разрешение по частоте и увеличивается по времени. Отсюда появляется возможность адаптивного к сигналу выбора параметров окна. Подвижное частотно-временное окно одинаково хорошо выделяет и низкочастотные, и высокочастотные характеристики сигналов. Это свойство вейвлет-преобразования дает ему большое преимущество при анализе локальных свойств сигналов.

Вейвлет-преобразование позволяет локально реконструировать сигнал: выделить только часть сигнала или выделить вклад определенного масштаба. Если возможны случайные ошибки вейвлет-коэффициентов, они будут распространяться на реконструируемый сигнал локально вблизи положения импульса. Преобразование Фурье распространяет ошибки по всему восстанавливаемому сигналу. Именно благодаря выявлению локальных особенно-

стей сигнала, принципиально отсутствующему у преобразования Фурье, вейвлет-преобразование нашло широкое применение для анализа тонкой структуры сигналов и изображений, для их сжатия и очистки от шума. Необходимо отметить, что вейвлет-преобразование ни в коем случае не является заменой традиционного преобразования Фурье и не умаляет его достоинств и значимости при работе со стационарными процессами, и когда нет необходимости исследовать локальную структуру сигналов. Вейвлет-преобразование просто иной подход к исследованию сигналов, снимаемых с любых объектов [17].

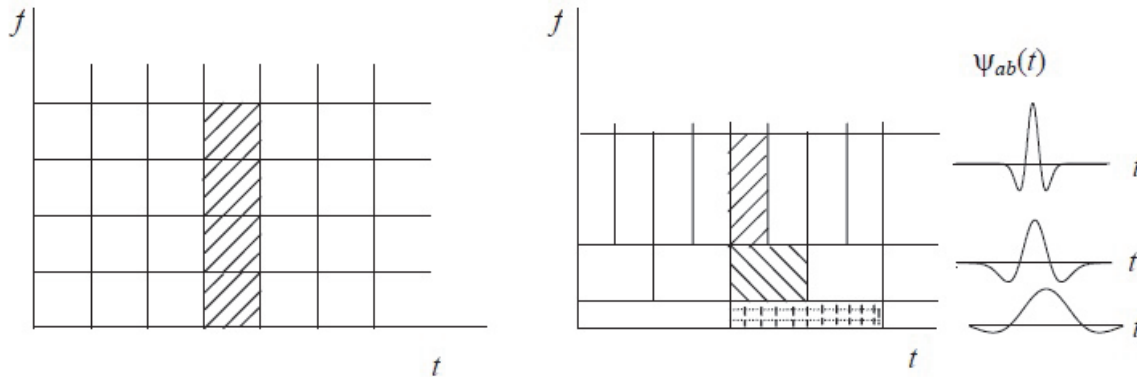


Рисунок 4 – Представление вейвлет-преобразования

В заключение необходимо отметить, что существующая практика, когда подбирают вибродиагностическое оборудование в отрыве от особенностей конкретных типов подвижного состава, далека от идеала и требует коренного пересмотра. Для новых типов подвижного состава выбор средств диагностирования должен начинаться уже на стадии создания ТПС и сопровождаться в течение всего его жизненного цикла.

Применительно к транспортным средствам, которые уже находятся в эксплуатации, подбирать средства диагностики необходимо, ориентируясь на получение реального эффекта в обеспечении жизненного цикла и требуемого уровня надежности, а в конечном итоге – на доходность обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Идентификация повреждений подшипников судовых валопроводов / С.С. Глушков, Б.О. Лебедев, В.В. Коновалов, Н.С. Ткаленко // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2013. -№2. -С. 200-204.
- 2 Генкин, М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. -М.: Машиностроение, 1987. -283 с.
- 3 Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий, М.А. Иванова, А.Г. Соколова, Е.И. Хомяков. -М.: Наука, 1984.
- 4 Коллакот, Р.Я. Диагностирование механического оборудования / Р.А. Коллакот. -Л.: Судостроение, 1980.
- 5 Соколова, А.Г. Методы и средства технической диагностики зарождающихся эксплуатационных дефектов механизмов / А.Г. Соколова // Точность и надежность механических систем: сб. науч. тр. -Рига, 1984. -С. 38-48.
- 6 Явленский, К.Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем / К.Н. Явленский, А.К. Явленский. -М.: Машиностроение, 1983. -239 с.
- 7 Purification and feature extraction of shaft orbits for diagnosing large rotating machinery / D.F. Shi, W.J. Wang, P.J. Unsworth, L.S. Qu // J. of Sound and Vibration. -2005. -Vol.279. -P. 581-600.
- 8 Артоболевский, И.И. Задачи акустической динамики машин и конструкций / И.И. Артоболевский, М.Д. Генкин, В.И. Сергеев // Акустическая динамика машин и конструкций: сборник. -М., 1973. -С. 3-6.
- 9 Кунце, Х.И. Методы физических измерений: пер. с нем. / Х.И. Кунце. -М.: Мир, 1989. -216 с.
- 10 Попков, В.И. Виброакустическая диагностика в судостроении / В.И. Попков, Э.Л. Мышинский, О.И. Попков. -Л.: Судостроение, 1989. -256 с.
- 11 Shabaneh, N.H. Dynamic analysis of rotor- shaft systems with visco- elastically supported bearing / N.H. Shabaneh, Zu W. Jean // Mech. and Mach. Theory. -2000. -Vol.35, №9. -P. 1313- 1330.
- 12 Манаков, А.Л. Использование внутрицикловых параметров вращения коленчатого вала для оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания / А.Л. Манаков, В.Н. Кочергин, А.С. Алехин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока, -2013. -№1. -С. 178-182.
- 13 Манаков, А.Л. Выбор оптимальных диагностических параметров с целью обеспечения работоспособности машин в процессе эксплуатации / А.Л. Манаков, А.С. Алехин, В.И. Кочергин // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. Sword Междунар. конф. -Одесса, 2011. -Т.2. -С. 50-52.
- 14 Манаков, А.Л. Создание системы мониторинга технического состояния транспортных и технологических машин / А.Л. Манаков, А.А. Игумнов, С.А. Коларж // Физико-техн. проблемы разработки полез. ископаемых. -Новосибирск, 2013. -№4. -С. 125-132.
- 15 Rao, B.K.N. Handbook of Condition Monitoring / B.K.N. Rao. -Oxford: Elsevier Advanced Technology, 1996.
- 16 Howard, I. A review of rolling element bearing vibration detection, diagnosis and prognosis Defense / I. Howard //Science and Technology Organization Technical Report DSTO-RR-0013, Australia. -1994.
- 17 Яковлев, А.Н. Введение в вейвлет - преобразования: учеб. пособие /А.Н. Яковлев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 104 с.

18 Дьяконов, В.П. MATLAB. Обработка сигналов и изображений: спец. справ. /В.П. Дьяконов, И.В. Абраменкова. - СПб.: Питер, 2002. - 608 с.

19 Mallat, S.G. A theory for multiresolution signal decomposition: the Wavelet Representation /S.G. Mallat // IEEE Trans. on Pattern Recognition and Machine Intelligence. - 1989. - Vol. 11. - P. 674-693.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *техническая диагностика, подвижной состав, система обслуживания, оптимизация*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Коновалов Валерий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПЛАТФОРМА ДЛЯ УСТАНОВКИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВАЛОВ

ООО «Мидель»

С.С. Глушков

MOUNTING PLATFORM AND POSITIONING OF THE MOUNTED PARTS SHAFT SURFACE

Midship
S.S. Glushkov

Develop a platform for securing and positioning the recording apparatus on the lateral surfaces of ship shafts.

Keywords: the platform, positioning of, the shaft, the equipment

Разработана платформа для закрепления и позиционирования регистрирующей аппаратуры на боковых поверхностях судовых валов.

Применяемые на водном транспорте динамические способы и оборудование для диагностики технического состояния находящихся в эксплуатации судовых движительных установок себя практически исчерпали – исследуется минимальный диапазон частот колебаний и амплитуд, анализ которых не позволяет в полном объеме отвечать требованиям действующей нормативно-технической документации [1]: Техническому регламенту о безопасности объектов внутреннего водного транспорта, ГОСТ 26046-83 правилам Российского Речного Регистра.

Современные подходы к диагностике технического состояния требуют наиболее полной реализации возможностей самого диагностического оборудования. Реализация потенциала такого оборудования непосредственно зависит от степени адаптации измерительных приборов к условиям эксплуатации. Для измерения крутильных колебаний применяется разнообразная аппаратура, которая в общем случае состоит из трех основных частей: датчика, усилителя и регистрирующего модуля. Все эти части устанавливаются либо в отдельном приборе и сигнал проходит через дополнительную фрикционную связь, при этом снижается достоверность, либо датчик устанавливается на вращающемся валу, и передача сигнала на регистрирующую аппаратуру осуществляется через радиоволны, что тоже снижает достоверность конечного результата. Поэтому необходимо все три элемента установить на валу, для чего необходимо разработать устройство способное нести эти элементы.

В лаборатории измерительных приборов ООО «Мидель» разработана платформа для закрепления и позиционирования на боковых поверхностях валов регистрирующей аппаратуры, виброизмерительных устройств и приборов при измерении крутильных колебаний судовых энергетических установок.

Платформа [2] для установки и позиционирования навесных деталей на поверхности валов выполнена в виде разъемного соединения, состоящего из нескольких частей, соединяемых с помощью резьбовых соединений с образованием между ними осевого цилиндрического отверстия. При этом разъемное соединение имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Разъемное соединение может быть выполнено с фланцем на одном из торцов. При этом фланец может иметь форму многоугольника или эллипсоида, а крепежные отверстия в нем могут располагаться произвольно.

Использование платформы обеспечивает установку и позиционирование на валу различной измерительной и регистрирующей аппаратуры таким образом, что погрешности измерений, возникающие непосредственно от самой ее установки, минимизируются.

Апробация платформы выполнена при торсиографировании судовой энергетической установки буксира-толкача РТ-372, пр. 911В. Судовая энергетическая установка теплохода РТ-372 в своем составе содержит две движительные установки, при этом движительная уста-

новка правого борта снабжена валогенератором. Закрепление платформы проводились в нескольких сечениях валовой линии, как для установки левого борта, так и для установки правого борта: на вале-коротыше, на упорном вале, на гребном вале. Таким образом, произведены измерения радиальных и осевых перемещений нескольких элементов торсиографирования, выполнена идентификации форм крутильных колебаний по приближению к узловым сечениям [3].

Технический результат использования платформы заключается в:

- использовании новых методов торсиографирования;
- варьировании исследуемыми сечениями валопровода;
- измерении осевых перемещений валопровода;
- измерении радиальных перемещений валопровода;
- возможности синхронного исследования осевых, радиальных и крутильных колебаний.

Вывод: использование платформы для установки и позиционирования навесных деталей на поверхности валов позволяет расширить номенклатуру измеряемых диагностических параметров судовых движительных установок и применить современную измерительную аппаратуру при торсиографировании, а также проводить полный, всесторонний и объективный анализ развития крутильных колебаний различных форм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Глушков, С.С. Современное оборудование для измерения крутильных колебаний элементов судовых установок / С.С. Глушков // Реч. трансп. (XXI век). -2014. -№2(67). -С. 69.
2 Платформа для установки и позиционирования навесных деталей на поверхности валов: заявка 2014123488/11 (038206) Рос. Федерация: МПК F 16 D 1/06, МПК F 16 B 21/00 / Глушков С.С.; заявитель Глушков С.С. -№2014123488/11 (038206); заявл. 06.06.2014. -3 с.: ил.
3 Глушков, С.С. Расчет амплитуд свободных колебаний дискретных многомассовых систем / С.С. Глушков, Л.М. Коврижных // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№2. -С. 162-164.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: платформа, позиционирование, вал, оборудование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Глушков Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, директор ООО «Мидель»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, а/я 129, ООО «Мидель»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

И.А. Круглов

DEFINITION FORM TORSIONAL VIBRATIONS HIGH-SPEED DIESEL ENGINES
Siberian state transport university
I.A. Kruglov

The calculation of natural frequencies and mode shapes determined by the transport of power plant with high-speed engines, with the use of mathematical modeling and the use of specialized programs.

Keywords: calculation, torsional vibrations, a high speed motor

Выполнен расчет собственных частот и определены формы колебаний транспортной силовой установки с высокооборотным двигателем, с применением методов математического моделирования и использованием специализированных программ.

Мероприятия, направленные на снижение металлоемкости и увеличение частоты вращения двигателей внутреннего сгорания, неизбежно ведут к росту динамической нагруженности основных деталей, усиливается влияние колебаний в общей картине динамических процессов, происходящих в двигателе. К числу негативных явлений, происходящих в двигателе внутреннего сгорания, относятся крутильные колебания коленчатого вала. В настоящее время для исследования крутильных колебаний и практической реализации результатов исследований широко используются методы моделирования, идентификации, диагностики.

При теоретическом и экспериментальном анализе крутильных колебаний и установлении высоконагруженных участков системы, прежде всего определяют собственные частоты и формы колебаний.

Анализ крутильных колебаний не требует учета возможного резонанса по большому

числу собственных колебаний. Для этого достаточно анализа по низшим, первым трем из них, с которыми в рабочем диапазоне частот вращения могут резонировать гармонические амплитуды крутящего момента [1]. Однако в высокооборотных двигателях проявляется множество форм колебаний, которые, действуя, как отдельно, так и совместно, оказывают влияние на изменение динамических характеристик.

В настоящей работе произведен расчет собственных частот и определены формы колебаний транспортной силовой установки с высокооборотным двигателем 4С92/92 и трансмиссией автомобиля «Волга» ГАЗ-24, с применением методов математического моделирования и использованием специализированных программ. Крутильная схема для расчета силовой транспортной установки представлена на рисунке 1. Основные данные транспортной силовой установки представлены в таблице 1.

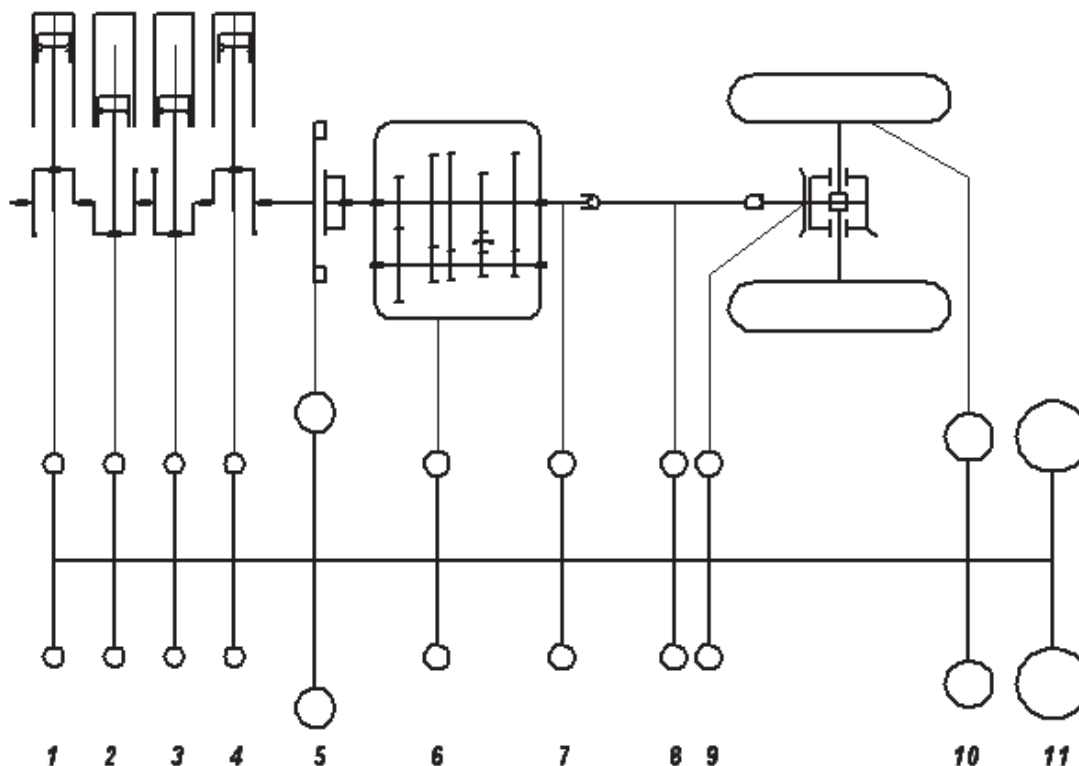


Рисунок 1 – Крутильно-колебательная схема транспортной силовой установки

Таблица 1 – Основные данные транспортной силовой установки

Параметр	Значение
Двигатель	4С92/92
Рядность	рядный
Количество цилиндров	4
Степень сжатия	8,2
Диаметр цилиндра, м	0,092
Максимальный крутящий момент при 2300 мин ⁻¹ , Н·м	192
Порядок работы рабочих цилиндров	1-2-4-3
Мощность двигателя, кВт	72
Максимальная частота вращения, мин ⁻¹	4500
Минимальная частота вращения, мин ⁻¹	800
Передаточное число КПП	3,54
Масса снаряженного автомобиля, кг	1400

Крутильная схема транспортной силовой установки представлена на рисунке 1.

Значения моментов инерции сосредоточенных масс и крутильные жесткости участков представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Моменты инерции сосредоточенных масс и крутильные жесткости

Участок	Крутильная жесткость, Н·м/рад	Обозначение	Момент инерции, кг·м ²
1-2	0,72	1	0,0106
2-3	0,72	2	0,0106
3-4	0,72	3	0,0106
4-5	1,06	4	0,0106
5-6	0,00871	5	0,1860
6-7	0,000335	6	0,0019
7-8	0,00243	7	0,000236
8-9	0,000170	8	0,000301
9-10	0,000166	9	0,000156
10-11	0,000560	10	0,0105
		11	0,7240

Собственные частоты и относительные амплитуды колебаний определены методом математического моделирования путем решения системы дифференциальных уравнений, описывающей крутильно-колебательное движение дискретной многомассовой системы вида:

$$\begin{cases} (c_1 - \omega^2 J_1) \alpha_1 - c_1 \alpha_2 = 0; \\ -c_1 \alpha_1 + (c_2 + c_1 - \omega^2 J_2) \alpha_2 - c_2 \alpha_3 = 0; \\ (c_{m-1} - \omega^2 J_m) \alpha_m - c_{m-1} \alpha_{m-1} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где J_i – момент инерции i -ой массы;

$c_{i,i+1}$ – крутильная жесткость вала между i -ой и $i+1$ -ой массой;

φ_i – угол поворота i -ой массы;

α_i – относительная амплитуда i -ой массы;

ω – собственная частота колебаний.

Расчет собственных частот и относительных амплитуд колебаний выполнен в программе для персонального компьютера, разработанной на базе пакета MathCAD 13, с применением матричных методов расчета. Определены границы диапазона собственных частот крутильных колебаний, подлежащих исследованию:

$$\omega_{\min} = 0; \omega_{\max} = n_{\max} \nu_{\max}, \quad (2)$$

где n_{\max} – максимальная частота вращения коленчатого вала;

ν_{\max} – максимальный порядок рассматриваемой гармоники.

$$\omega_{\min} = 0; \omega_{\max} = 4500 \cdot 12 = 54000 \text{ колебаний/мин.}$$

В исследуемом диапазоне частот 0-54000 колебаний/мин. обнаружено семь форм колебаний. Собственные частоты и соответствующие им относительные амплитуды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Формы колебаний и относительные амплитуды колебаний масс

Относительные амплитуды форм колебаний						
1-узловая	2-узловая	3-узловая	4-узловая	5-узловая	6-узловая	7-узловая
1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
0,999995	0,999120	0,990163	0,96489	0,92895	0,834216	0,713681
0,999985	0,997362	0,970587	0,89591	0,79189	0,530133	0,223021
0,999971	0,994726	0,941463	0,79547	0,59858	0,138162	-0,331494
0,999957	0,992342	0,915390	0,70828	0,43838	-0,143640	-0,643676
0,991281	-0,558445	-15,262919	-45,81119	-64,01508	0,101778	227,90170
0,763061	-40,828559	-379,5086	-639,88618	6,64560	0,004380	-18947,611
0,731574	-46,143318	-405,0970	-573,58903	13,27203	-0,013837	14196,841
0,281063	-117,23233	-291,6220	2795,9218	-5,41946	0,001656	-894,61482
-0,180391	-183,45281	7,697507	-19,08958	0,01801	-0,000002	0,729835
-0,316057	2,406417	-0,008921	0,00619	-0,000002	0,000000	-0,000029
Собственная частота, колебаний/мин.						
173,999	2334,009	7805,651	14746,397	20978,308	32044,665	42112,395

На рисунке 2 представлены графические построения относительных амплитуд для первых четырех форм колебаний.

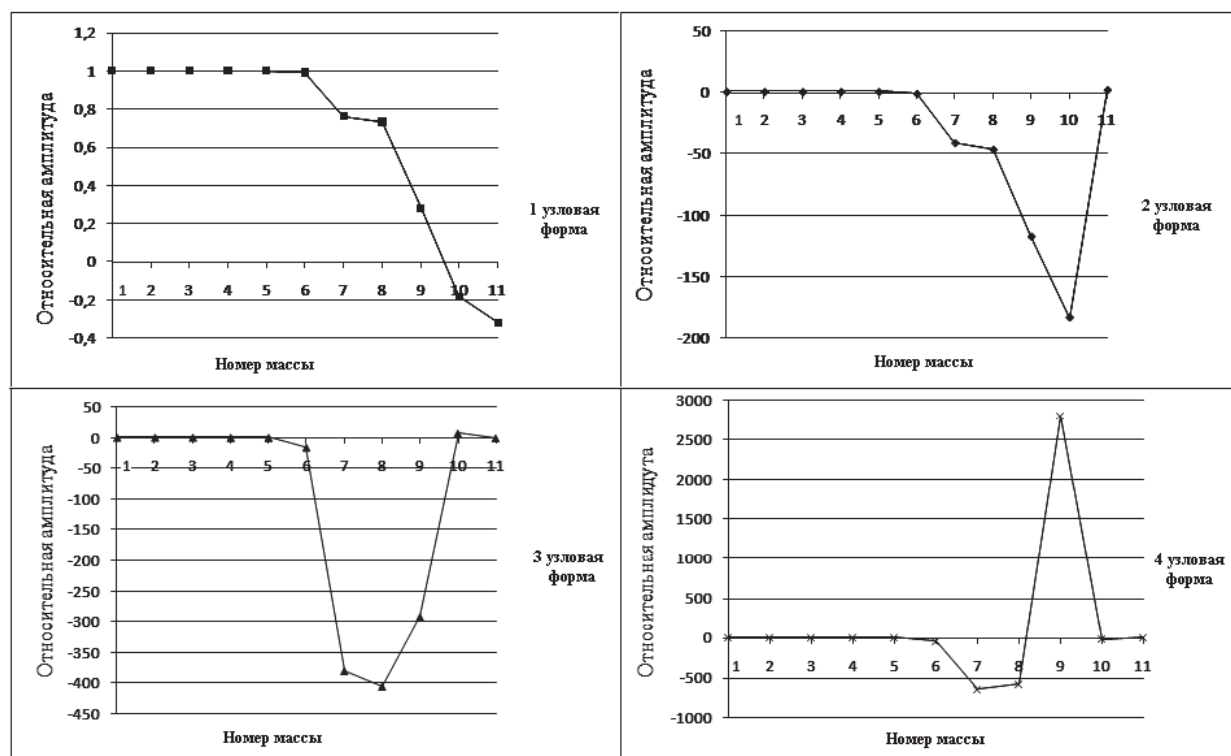


Рисунок 2 – Графическое представление форм колебаний

Результаты расчета собственных частот и форм колебаний транспортной силовой установки с высокооборотным двигателем 4С92/92 и трансмиссией автомобиля «Волга» ГАЗ-24, отраженных в работе [2], представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Формы колебаний и относительные амплитуды колебаний масс

Относительные амплитуды форм колебаний					
1 - узловая	2-узловая	3-узловая	4-узловая	5-узловая	6-узловая
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
1,0000	0,9991	0,9901	0,9648	0,9288	0,8342
1,0000	0,9973	0,9705	0,8957	0,7915	0,5301
1,0000	0,9947	0,9413	0,7952	0,5978	0,1381
1,0000	0,9923	0,9151	0,7079	0,4574	-0,1436
0,9910	-0,5652	-15,300	-45,826	-63,990	-0,2050
0,7543	-41,006	-380,23	-639,70	8,5138	-3,5406
0,7217	-46,343	-405,80	-573,33	14,514	0,0463
0,2546	-117,69	-290,21	-2797,60	-23,868	49,786
-0,2238	-184,13	10,824	-23,589	45,191	-452,52
-0,3642	3,2834	-35,867	195,52	-4027,90	98092
Собственная частота, колебаний/мин.					
174,076	2335,127	7809,554	14753,503	20988,535	32045,54

Стоит отметить, что в работе [2] представлены 6 значений собственных частот и некорректно определены 4-узловая и 6-узловая форма колебаний, так как число узлов не соответствует количеству смен знака относительных амплитуд колебаний.

Расчет силовой транспортной установки по программе на базе пакета MathCAD 13, основанной на математическом моделировании собственных частот и форм колебаний, с применением матричных методов, позволяет достоверно определять множество значений собственных частот и соответствующих им форм колебаний во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя.

Определение форм крутильных колебаний методами математического моделирования дискретных крутильно-колебательных систем позволяет не только идентифицировать положение высоконагруженных участков, в которых при дальнейшей эксплуатации могут возникнуть усталостные трещины, но и является основополагающим при выборе мест установки измерительной аппаратуры при технической диагностике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глушков, С.С. Математическое моделирование динамических характеристик судовых валопроводов: дис. ... канд. техн. наук / С.С. Глушков. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2009. -167 с.
- 2 Чистяков, В.К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие для машиностроит. вузов по спец. «Двигатели внутрен. сгорания» / В.К. Чистяков. -М.: Машиностроение, 1989. -256 с.
- 3 Динамические характеристики ДВС / С.П. Глушков, С.С. Глушков, А.В. Савельев, А.С. Ярославцева // Сиб. науч. вестн. -Новосибирск, 2007. -Вып. X. -С. 164-168.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *расчет, крутильные колебания, высокооборотный двигатель*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Круглов Игорь Алексеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет»

ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича» Сибирского отделения РАН

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.В. Крашенинников, А.Г. Маликов, А.М. Оришич, А.О. Токарев, Э.Г. Шихалев

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF LASER THERMOHARDENING FOR PRODUCERS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Novosibirsk state pedagogical university

Khristianovich institute of theoretical and applied mechanics

Novosibirsk state academy of water transport

V.V. Krasheninnikov, A.G. Malikov, A.M. Orishich, A.O. Tokarev, E.G. Shikhalev

The effectiveness of Laser thermal strengthening of steel is radically increase the surface hardness and wear resistance as compared to conventional methods by modification of the structure of metals specially prepared nanosized refractory compounds.

Keywords: laser thermal strengthening of alloys, resistance to wear by friction, nanopowder inoculator

Эффективность лазерного термоупрочнения сталей заключается в повышении твердости и износостойкости поверхности по сравнению с обычными методами за счет модифицирования структуры металлов специально подготовленными наноразмерными тугоплавкими соединениями.

В настоящее время имеется большое количество методов упрочнения поверхностных слоев деталей: термическая и химико-термическая обработка, закалка с нагреванием токами высокой частоты, с применением электронагрева, обработка электронным лучом и др. Эти методы не обладают универсальностью и имеют ряд недостатков, в том числе: невозможность полной автоматизации процесса и трудность обработки локальных зон, низкая производительность, вредные условия работы (при химико-термической обработке возникают). Использование CO₂-лазеров непрерывного действия повышенной мощности дает возможность упрочнять различные поверхности самых разных деталей машин. Нагрев при лазерной закалке не является объемным процессом, а осуществляется на поверхности, при этом не требуется применения охлаждающей среды, что упрощает технологию термоупрочнения. Лазерное термоупрочнение обеспечивает отсутствие деформации деталей и осуществляется при малом времени воздействия. Поверхностный характер лазерной закалки в отличие от закалки с объемным нагревом приводит к формированию на поверхности стальных изделий сжимающих остаточных напряжений, которые снижают чувствительность к концентраторам на поверхности. Именно возможность эксплуатации изделий без последующего отпуска, по сравнению с обычной закалкой, является одним из основных преимуществ лазерной закалки.

Температурный режим нагрева материала определяется плотностью мощности излучения лазера. При низкой плотности мощности (примерно до 10³-10⁴ Вт/см²) происходит нагрев материала без его плавления или испарения. С повышением этой величины примерно до 10⁶-10⁷ Вт/см² материал плавится, а при плотности мощности излучения, превышающей 10⁶-10⁷ Вт/см², материал разрушается вследствие испарения. Расчеты показывают, что скорость нагрева при лазерном облучении очень высока – до 10⁶ град/с.

Изменяя мощность и время воздействия лазерного излучения на обрабатываемые уча-

стики поверхности материала, можно получить широкий спектр структурных состояний. При экстремально высоких скоростях охлаждения, наблюдаемых при лазерном глазуровании, у ряда сплавов могут быть зафиксированы аморфные структуры. Поверхностное упрочнение стали может быть достигнуто нагревом до температуры аустенизации с последующим быстрым охлаждением, приводящим к мартенситному превращению структуры. Мартенсит характеризуется повышенной твердостью. Быстрый нагрев и требуемая глубина обработки (обычно менее 0,5 мм) достигаются при лазерном нагреве сканируемым расфокусированным лазерным лучом. После удаления источника нагрева происходит естественное охлаждение вследствие отвода тепла в толщу металла. Скорость нагрева поверхности может достигать 104 град/с. Охлаждение происходит со скоростью порядка величин 10^3 - 10^4 град/с. Типичное значение интенсивности энергии нагрева при термической обработке $\sim 10^4$ Вт/см² при желательном поперечнике луча около 1 см. Термическую обработку больших участков производят мощными киловаттными СО₂-лазерами. Скорость сканирования определяется толщиной слоя упрочнения и площадью сечения луча и составляет обычно 1-10 см/с.

Определение температуры в поверхностном слое металла T в полубесконечной среде с постоянными теплофизическими коэффициентами, движущейся со скоростью V относительно ограниченного поверхностного источника тепла $q(x, y)$, связано с вычислением интеграла и предполагает использование численных методов [1]

$$T(x, y, z) = \frac{\chi}{4K(\pi\chi)^{3/2}} \int_0^\infty \frac{dt}{t^{3/2}} \int_{-\infty}^\infty dx' \int_{-\infty}^\infty q(x', y') \exp\left[-\frac{(x-x'+Vt)^2 + (y-y')^2 + z^2}{4\chi t}\right] dy. \quad (1)$$

Здесь и в дальнейшем начальная температура материала принимается за нулевую температуру и использованы обозначения:

- K – коэффициент теплопроводности;
- χ – коэффициент температуропроводности;
- P_0 – полная мощность лазерного пучка;
- A – коэффициент поглощения лазерного излучения поверхностью материала;
- q – плотность поглощенной мощности.

В большинстве опубликованных работ по термоупрочнению сталей распространяется подход, с помощью которого можно найти критерии и получить не строгие, но достаточно точные и удобные для практического применения аналитические выражения для определения параметров закаленной зоны. В этом случае рассматривается модель одномерного нагрева полубесконечной среды неограниченным поверхностным тепловым источником с постоянной интенсивностью $q = AP_0/\pi r^2$, действующим в течение времени $t = 2r/V$, и предполагается выполнения условия $r \gg \sqrt{\chi t}$. Если теплофизические характеристики вещества считать не зависящими от температуры, пренебречь теплоотдачей с поверхности, то распределение температуры по глубине в любой момент времени $t \geq 0$ описывается известным выражением

$$T(z, t) = \frac{q}{K} 2\sqrt{\chi t} \left\{ \frac{1}{\pi} \exp\left(-\frac{z^2}{4\chi t}\right) - \frac{z^2}{2\sqrt{\chi t}} \Phi\left(\frac{z}{2\sqrt{\chi t}}\right) \right\}, \quad (2)$$

где Φ – функция ошибок

$$\Phi = 1 - \Phi^*.$$

В линейном приближении, когда $z \ll \sqrt{\chi t}$, выражение для $T(z, t)$ имеет вид

$$T(z, t) = \frac{q}{K} \left(\sqrt{\frac{\chi t}{\pi}} - z \right). \quad (3)$$

В интересующем нас диапазоне z , как будет показано далее, величина $z/(2\sqrt{\chi t})$ не превышает 0,25 для сталей и чугунов. Простая подстановка этой величины в выражение для $T(z, t)$ показывает, что линеаризованное решение (3) менее чем на 10% отличается от (2) по всей закаленной зоне, поэтому использование линеаризованного решения (3) вместо (2) оправданно.

Исследования проводились на созданном в ИТПМ СО РАН лазерном технологическом комплексе, включающем: непрерывный СО₂-лазер мощностью до 8 кВт [2] и параметром качества пучка $K = 0,7$, двух координатный технологический стол порталного типа и компью-

терную систему управления лазером и столом. Лазерное излучение фокусировалось на поверхности металла с помощью ZnSe-линзы с фокусным расстоянием 254 мм. Соосно с лучом подавалась струя инертного газа. Для защиты закалочного шва использовалось защитное сопло, из которого подавался газ Ar. Отраженное излучение попадало на экран, охлаждаемый водой. Заготовка оставалась неподвижной, происходило перемещение луча.

На первоначальном этапе обрабатывались режимы лазерной закалки малоуглеродистой стали 20. Образцы имели размер 50×100×5 мм. Оптимизировалась система фокусировки, глубина проплавления, мощность излучения, скорость закалки. Твердость измерялась методом Роквелла на приборе «твердомер динамический ТДМ1». Для заданной мощности излучения 2 кВт оптимизировалась скорость закалки. На рисунке 1 показаны измерения твердости в зависимости от скорости закалки. Измерения проводились от середины образца к краю. В качестве защитного газа использовался Ar. Для охлаждения закалочного шва использовалась проточная вода.

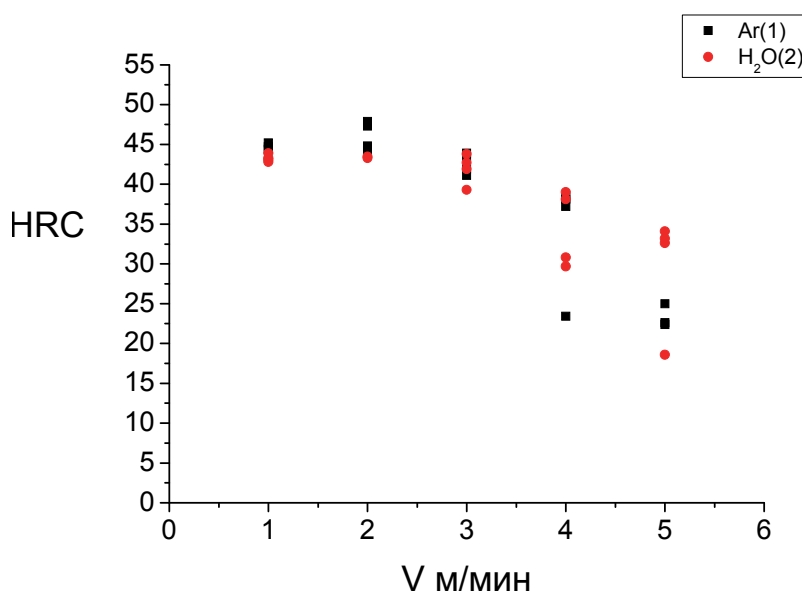


Рисунок 1 – Зависимость твердости от скорости закалки (Ar использовался в качестве защитного газа, охлаждение вода)

Как видно из рисунка охлаждение водой не дает дополнительного увеличения твердости. Оптимальная скорость перемещения луча 2 м/мин. При этом твердость основного металла составляет HRC 10. Физический предел закалки для стали 20 составляет HRC 40-45.

На рисунке 2а представлены результаты измерения твердости для образца стали 45. Физический предел закалки стали 45 составляет HRC 50-59. Твердость основного материала – HRC 15. Твердость после лазерной закалки увеличилась в 4 раза. Как видно из графика увеличение мощности излучения на 1 кВт не даёт дополнительного увеличения твердости.

На рисунке 2б представлены результаты измерения твердости, стали 65Г (физический предел закалки 64-66 HRC). Твердость основного материала HRC 25. Твердость после лазерной закалки увеличилась в 3,5 раза. Оптимальные мощность 2 кВт и скорость перемещения луча 2 м/мин.

Важной характеристикой лазерной закалки является коэффициент перекрытия дорожек поглощения излучения. На первом этапе работы были определены оптимальные режимы лазерной закалки. Далее при этих режимах был оптимизирован коэффициент перекрытия. Оптимальное расстояние между дорожками составило 2,0-2,2 мм. При этом твердость уменьшилась в среднем на 5-10%.

Исследования, проведенные в ИТПМ СО РАН, показали, что практическое применение выбранного коэффициента перекрытия целесообразно осуществлять с использованием дифракционных оптических элементов, способных формировать любое необходимое распределение интенсивности в фокальной плоскости. В этой связи был спроектирован и изготовлен образец плоского дифракционного оптического элемента (фокусатора) из кремния, с целью проверки конструкторских решений и технологических режимов позволяющих формировать дифракционную структуру способную корректировать aberrации волнового фронта и

фокусировать излучение с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм в заданную область пространства. Данный фокусатор был рассчитан как аналог параболической линзы с $f = 250$ мм, диаметр входного пучка 20 мм. Глубина бинарного микрорельефа h рассчитывалась из соотношения $\frac{\lambda}{2} = \frac{h}{\cos \alpha}$ и составляла 3,75 мкм, где α - угол наклона фокусатора.

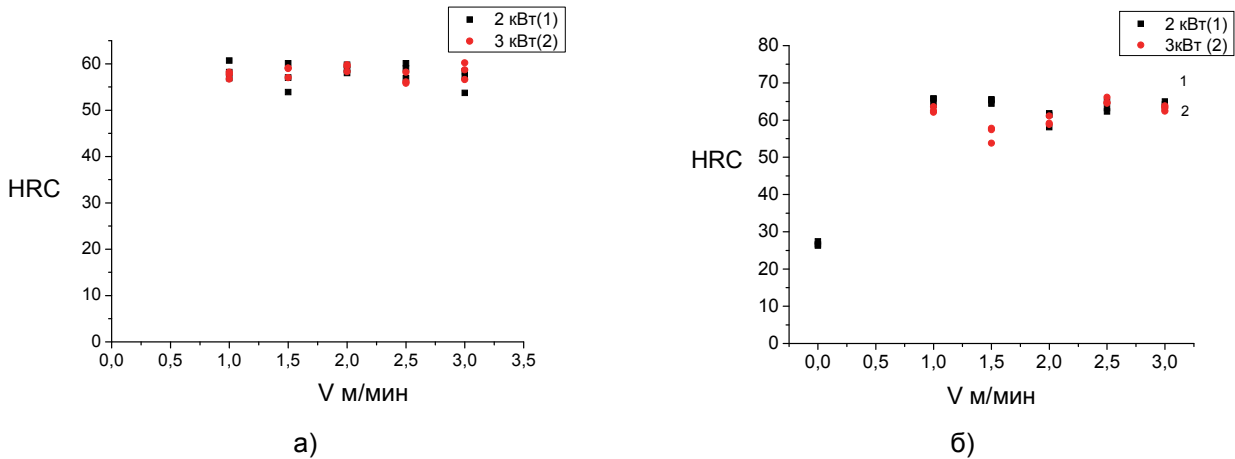


Рисунок 2 – Зависимость твердости от скорости закалки: а)-сталь 45; б)-сталь 65Г

Если лазерное термическое упрочнение сочетать с поверхностным легированием нанопорошками, то можно получать поверхности с новыми физико-техническими свойствами наплавленного слоя.

Основной целью лазерно-порошкового термоупрочнения сталей, является повышение износостойкости деталей, работающих в условиях трения поверхностей при повышенных температурах. Эффективность этого метода заключается в увеличении твердости и износостойкости поверхности за счет модифицирования металлов и сплавов специально подготовленными наноразмерными тугоплавкими соединениями. При этом достигнутые характеристики остаются постоянными при увеличении температуры поверхности выше 200 °С. Для лазерно-порошковой закалки были выбраны следующие нанопорошки НП, агломерированные в частицы размером 5-50 мкм:

- Механическая смесь порошков марки ФБХ 6-2 предназначена для наплавки износостойкого слоя на детали машин и оборудования, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с умеренной ударной нагрузкой.

- Азотированный ферросилиций, предназначен для использования в составе желобных масс для повышения их коррозионной стойкости, стойкости против тепловых ударов, истирающим воздействиям шлака и чугуна.

- ПГСР1 – износостойкое хромоникелевое покрытие с исключительно высокой теплоустойчивостью (вплоть до температуры оплавления покрытий).

- Р6М5 – быстрорежущая сталь, применяется для всех видов режущего инструмента при обработке чугуна и углеродистых сталей; предпочтительно для изготовления резбонарезного инструмента, а также инструмента, работающего с ударными нагрузками. Имеет повышенную вязкость, хорошее сопротивление износу, хорошую шлифуемость.

Порошки были нанесены с помощью лака «Цапон» на образец из стали 20. Далее была произведена лазерно-порошковая закалка на режиме 2 кВт, скорость перемещения луча 4 м/мин.

На рисунке 3 показана твердость швов, наплавленных лазерно-порошковым методом. Твердость порошка Р6М5 наиболее высокая. При этом высокая твердость наплавленного

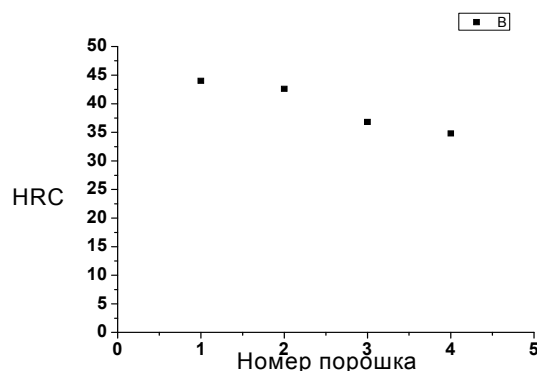


Рисунок 3 – Зависимость твердости от состава порошка: 1-Р6М5; 2-ФБХ; 3-ПГСР; 4-азотированный ферросилиций

слоя сохраняется при нагреве до 500-600 °С.

Таким образом, применение лазерного и лазерно-порошкового термоупрочнения позволяет увеличить твердость, а соответственно и износостойкость низкоуглеродистой стали в 3-4 раза. Характеристики полученных соединений достигают физического предела уровня закалки для данных видов стали. Исследованный метод может найти эффективное применение для упрочнения широкой номенклатуры деталей транспортного машиностроения, деталей судов технического флота, строительных, дорожных и сельскохозяйственных машин и в других отраслях промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Высокоэнергетические процессы обработки материалов / О.П. Солоненко [и др.]. -Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 2000. -245 с.

2 Генерация излучения с качеством TEM00 моды в непрерывном СО2-лазере мощностью 8 кВт / Ю.В. Афонин [и др.] // Квантовая электроника. -2004. -Т.31, №4. -С. 307-310.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *лазерное термическое упрочнение сплавов, износостойкость при трении, нанопорошковые инокуляторы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Крашенинников Валерий Васильевич, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГПУ»
Маликов Александр Геннадьевич, научный сотрудник ИТПМ СО РАН
Оришич Анатолий Митрофанович, докт. физ.-мат. наук, заместитель директора по науке заведующий лабораторией, ИТПМ СО РАН*

*Токарев Александр Олегович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Шихалев Эрнст Григорьевич, научный сотрудник ИТПМ СО РАН*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630126, г.Новосибирск, ул.Вилюйская, 28, ФГБОУ ВПО «НГПУ»
630090, г.Новосибирск, ул.Институтская, 4/1, ИТПМ СО РАН
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

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

**ФГБУН «Институт катализа им. Г.К. Борескова» Сибирского
отделения РАН**

В.И. Кочергин, И.К. Далюк, А.В. Порсин, А.В. Куликов, В.Н. Рогожников

FUTURE DIRECTIONS STEWARDSHIP PREHEATING VEHICLES IN OPERATION

Siberian state transport university

Boreskov Institute of Catalysis

V.I. Kochergin, I.K. Daljuk, A.V. Porsin, A.V. Kulikov, V.N. Rogozhnikov

The problems the stewardship of thermal preparation of vehicles for operation in cold climates. The main directions of development of environmentally sound means of the heater based on catalytic heaters.

Keywords: preheating, environmental, catalytic heating element

Обозначены проблемы обеспечения экологичности тепловой подготовки транспортных средств при эксплуатации в условиях холодного климата. Описаны основные направления развития экологически безопасных средств предпускового подогрева на основе каталитических нагревательных элементов.

В связи с климатическими особенностями в большинстве субъектов Российской Федерации эксплуатация транспортных и технологических машин связана с проблемой обеспечения надёжного пуска двигателей и обеспечения работоспособности в условиях низких температур. При этом, например, ГОСТ Р 54120-2010 «Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования» предписывает, что температура надёжного пуска холодного бензинового двигателя не должна быть выше (-20) °С, а дизельного (-10) °С [1]. Учитывая тот факт, что температура окружающего воздуха на большинстве территорий Сибири и Дальнего Востока в зимнее время может быть значительно ниже указанных величин, эксплуатация транспортных средств без использования дополнительных устройств, облегчающих пуск двигателя, либо иных способов предварительной тепловой подготовки двигателя и машины в целом, практически невозможна.

Проблемы эффективной тепловой подготовки являются актуальными для всех типов машинных парков, в особенности для полевых, удалённых от стационарных баз хранения и

обслуживания. Для транспортно-технологических машин, эксплуатирующихся в черте населённых пунктов, не менее важной задачей является обеспечение при этом экологических требований. Повышенное содержание вредных веществ в процессе запуска и прогрева двигателя является общеизвестным фактом, но специальных нормативных документов, регламентирующих состав отработавших газов, образующихся при предпусковой подготовке и прогреве двигателей внутреннего сгорания, нет. Единственным действующим нормативным актом, направленным на снижение загазованности жилых зон в холодное время года, но не решающее эту проблему в полной мере, можно считать Правила дорожного движения РФ, требующие, что время стоянки транспортных средств с работающим двигателем на дворовых территориях не должно превышать 5 минут. Проблема экологичности при прогреве двигателя является актуальной не только для автотранспортных средств. Локомотивы с двигателями внутреннего сгорания, которые зачастую в качестве охлаждающей жидкости используют обыкновенную воду, также сталкиваются с данной проблемой при нахождении в черте населённых пунктов в режиме так называемого «горячего простоя», при котором двигатель локомотива длительное время работает в режиме холостого хода, выбрасывая в атмосферу значительное количество вредных веществ и твёрдых частиц.

В качестве средств предпускового подогрева в последнее время широкое распространение получили автономные предпусковые подогреватели, работающие на жидком или газообразном топливе. Считается, что эти устройства, несомненно, являющиеся эффективным средством тепловой подготовки, способствуют и улучшению экологической обстановки. Во всяком случае, не существует требований к ограничению времени их работы, в том числе и в жилых зонах, при установке на автомобилях. На самом деле, этот вопрос требует специального изучения, поскольку сгорание топлива в данном случае происходит, по сути, без использования каких-либо средств нейтрализации и не регламентируется никакими нормативными ограничениями.

Дальнейшим развитием автономных предпусковых систем подогрева, гарантирующих как эффективную тепловую подготовку, так и соблюдение экологических требований, могут быть конструктивные решения, использующие каталитические технологии. Устройства подобного типа известны достаточно давно, но по ряду причин не нашли широкого распространения. Ограниченное применение нашли, в основном, только стационарные системы подогрева, работающие на каталитическом принципе, причём к подобным системам иногда ошибочно относят устройства, использующие в качестве излучателя тепла керамические элементы.

Каталитическое горение принципиально отличается от факельного (пламенного) тем, что топливо окисляется на поверхности катализатора без образования пламени. В общем виде процесс каталитического окисления представляется в виде взаимодействия компонентов топлива с поверхностным кислородом катализатора с последующей регенерацией поверхности катализатора кислородом газовой фазы. К достоинствам каталитического сжигания углеводородного топлива в сравнении с пламенным горением относятся отсутствие открытого пламени, что является более безопасным, в частности, применительно к процессам предпускового подогрева; а также то, что процессы окисления протекают при более низких температурах и, как следствие, в отходящих газах содержится меньшее количество оксидов азота. Кроме того, использование каталитических нагревательных элементов позволяет конструктивно локализовать зону тепловыделения и направить тепловой поток в нужном направлении, что не всегда возможно реализовать при пламенном горении.

Исследования в области создания экологически безопасных средств предпускового подогрева на основе каталитических нагревательных элементов выполняются совместно Сибирским государственным университетом путей сообщения и Институтом катализа имени Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН по двум основным направлениям. Первое направление заключается в создании и испытании универсальной каталитической обогревательной установки, работающей на газовом топливе. Конструктивно такое устройство может найти широкое применение в строительной и транспортной отраслях [2] и может быть использовано как в качестве самостоятельного нагревательного прибора, так и включаться в систему охлаждения двигателя с использованием циркуляционного насоса охлаждающей жидкости, работающего от бортовой электрической сети транспортного средства.

Принцип работы универсальной каталитической обогревательной установки основан на подаче пропан-бутановой газовой смеси во внутренние полости каталитических нагревательных элементов цилиндрической формы с газопроницаемыми стенками и её равномер-

ного распределения между четырьмя каталитическими нагревательными элементами с помощью газораспределителя. Пропан-бутановая смесь, проходя через разогретые до рабочей температуры стенки нагревательных элементов с нанесенным на них катализатором, окисляется кислородом воздуха. Воздух подводится к внешней поверхности нагревательных элементов за счет конвекционного переноса. Разогрев нагревательных элементов осуществляется перед началом работы за счёт пламенного розжига в течении 1,5-3 минут. Проблема пламенного розжига может быть решена с помощью внешнего факельного источника тепла или электроискрового розжига и двухстадийной подачи газа посредством специально разработанной для этих целей системы автоматизации управления процессом каталитического горения.

В результате испытаний определены основные рабочие параметры газораспределительного устройства, оснащенного каталитическими нагревательными элементами (КНЭ). Регулируемый диапазон мощности установки составляет 1,5-3,0 кВт и может быть при необходимости изменён варьированием размеров и количества КНЭ. Нижняя граница мощности изготовленного и прошедшего испытания образца ограничена температурой, ниже которой возможно затухание каталитической реакции (при температуре ниже 300 °С и соответствующей мощности около 1,0 кВт). Верхняя граница мощности ограничена появлением угарного газа, концентрация которого при мощности 3,5 кВт составляет незначительное количество – около 3 ppm (рисунок 1). При суммарной поверхности (поверхности четырех элементов) 0,14 м² удельная мощность для указанного диапазона составляет 10-20 кВт/м².

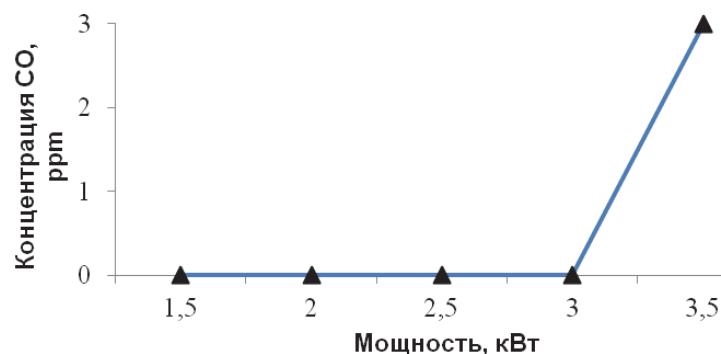


Рисунок 1 – График содержания CO после каталитических нагревательных элементов, работающих на газовом топливе, в зависимости от суммарной мощности установки

Таким образом, экологичность тепловой подготовки транспортных средств в условиях эксплуатации может быть достигнута на основе каталитических нагревательных элементов, работающих на газовом топливе и обеспечивающих достаточную эффективность теплового излучения одновременно с низким содержанием загрязняющих веществ (поллютантов) в продуктах окисления углеводородов. Но газовое топливо до сих пор имеет недостаточно широкое применение на крупнотонажных автомобилях, локомотивах и строительно-дорожных машинах, которые в первую очередь нуждаются в оснащении автономными средствами предпускового подогрева. Поэтому в качестве второго направления научно-исследовательских работ выбрано продолжение экспериментов с каталитическими нагревательными элементами, но работающими уже на жидком углеводородном топливе. В этом случае необходимо было обеспечить испарение жидкого топлива, обеспечить равномерность распределения испарённых фракций и разработать способы их розжига. Эта комплексная техническая задача на практике была реализована впервые в рамках описываемых работ.

Испытания макетного образца испарительного устройства для каталитического нагревательного элемента, работающего на жидком топливе (КНЭЖТ), показали работоспособность подобных технологий и их перспективность для разработки экологичных систем предпускового подогрева. Конструктивно макетный образец КНЭЖТ состоит из многослойного сеточного каталитического блока с нанесенным оксидом алюминия, пропитанного раствором солей платины и сопряженным с испарителем жидкого топлива, и имеет два входных патрубка – жидкостный и газовый. Газовый патрубок предназначен для подачи пропан-бутановой смеси и обеспечивает запуск КНЭЖТ в работу. После запуска и нагрева до температуры испарения жидкого топлива через жидкостный патрубок подается жидкое топливо. Подача газа прекращается и далее КНЭЖТ работает на жидком топливе. Режим пламенного горения

имеет продолжительность порядка 1-1,5 минуты, режим начала подачи жидкого топлива до выхода на стационарное состояние составляет 8-10 мин. В дальнейшей перспективе предполагается применение самостоятельного каталитического розжига [3].

Исследования процесса каталитического сгорания жидкого топлива выполнены на н-декане и гидрогенизационно очищенном дизельном топливе. В результате испытаний определены основные рабочие параметры КНЭЖТ. Регулируемый диапазон мощности составляет 150-400 Вт. Нижняя граница мощности ограничена температурой, ниже которой возможно затухание каталитической реакции (при температуре ниже 250 °С и соответствующей мощности около 150 Вт). Верхняя граница мощности ограничена появлением поллютантов ($CO=70$ ppm и $C_xH_y=90$ ppm) при мощности 400 Вт. Удельная мощность КНЭЖТ при длине свободной каталитической поверхности 146 мм и диаметре 40 мм для диапазона 150-400 Вт составляет 8,20-21,80 кВт/м².

На рисунке 2 представлен график зависимости содержания поллютантов в отходящих газах от мощности КНЭЖТ. Анализируя данную зависимость, можно сделать заключение, что экологический режим работы КНЭЖТ лежит в диапазоне мощности от 150 до 250 Вт, при этом устройство устойчиво работает и при мощности 400 Вт.

Изначально выбор в качестве жидкого топлива н-декана был обусловлен опасениями, что дизельное топливо, содержащее, как правило, большое количество соединений серы, может достаточно быстро вывести каталитический элемент из строя. Однако проведенные ресурсные испытания показали достаточную работоспособность КНЭЖТ на и на дизельном топливе, соответствующем по своему составу требованиям стандарта Евро-5. Таким образом, существуют реальные перспективы создания безопасных беспламенных и экологичных систем предпускового подогрева транспортных средств различного назначения.

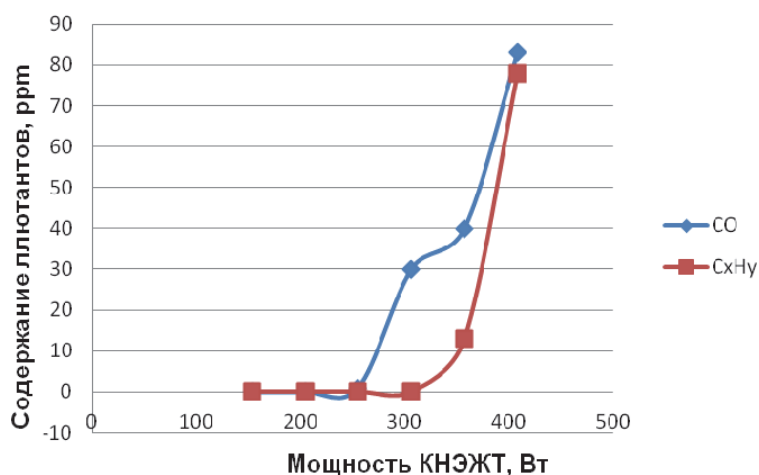


Рисунок 2 – График зависимости содержания поллютантов в отходящих газах от мощности каталитического нагревательного элемента, работающего на жидком топливе

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ Р 54120-2010. Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования. -М.: Стандартинформ, 2011. -9 с.
- 2 Далюк, И.К. Использование каталитических технологий в транспортной отрасли / И.К. Далюк, В.И. Кочергин // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований» 2012, 23-31 марта. -Одесса, 2012. -Вып. 1, Т.5. -С. 71-72.
- 3 Catalytic reactor for combustion of liquid fuel with catalyst supported on metallic gauze / A. Porsin, A. Kulikov, I. Dalyuk, V. Rogozhnikov, V. Kochergin // Scientific Program XXI International conference on Chemical Reactors «CHEMREACTOR-21», Delft, the Netherlands, 22-25 Sept., 2014. -OP-IV-1.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: предпусковой подогрев, экологичность, каталитический нагревательный элемент

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кочергин Виктор Иванович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Далюк Иван Константинович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Порсин Андрей Викторович, канд. техн. наук, научный сотрудник Институт катализа СО РАН

Куликов Александр Владимирович, канд. техн. наук, научный сотрудник Институт катализа СО РАН

Рогожников Владимир Николаевич, младший научный сотрудник Институт катализа СО РАН

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

630090, г.Новосибирск, пр.Лаверентьева, 5, Институт катализа СО РАН

СОХРАНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПИТАНИИ СУДНА С БЕРЕГА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.Г. Сальников, Ю.Н. Смыков, Д.А. Барков, С.М. Васильев

DURABILITY OF THE SHIP POWER SYSTEM WHEN SUPPLIED WITH POWER VESSEL FROM THE SHORE

Novosibirsk state academy of water transport

V.G. Sal'nikov, Yu.N. Smykov, D.A. Barkov, S.M. Vasil'ev

Justified demands on coastal medium voltage network with isolated neutral, supply ships from the shore.

Keywords: earth fault current, the resistor in the neutral network, conductive low-frequency electromagnetic disturbance, electromagnetic compatibility

Обоснованы требования к береговой сети среднего напряжения с изолированной нейтралью, питающей суда с берега.

Экономика регионов Сибири и Севера России, исторически развивающаяся на основе единой системы сначала водного, а потом и электрифицированного железнодорожного транспорта, получила дальнейшее развитие в связи с возрастающей добычей и транспортировкой углеводородов. В связи с этим наблюдается тенденция к качественному изменению электрических нагрузок в электрических сетях общего назначения. Так, в сетях Западной Сибири произошло:

- долевое снижение электропотребления в машиностроительной и тяжелой промышленности;
- увеличение доли нелинейных нагрузок тяговых подстанций железнодорожного транспорта и нефтегазодобывающих месторождений [1].

Обострилась проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств в сетях среднего напряжения от 6-35 кВ. Эти сети характеризуются высокой аварийностью. Количество технологических нарушений в отечественных сетях от двух до семи раз больше, чем в промышленно развитых странах. Такая ситуация объясняется не только тяжелым по своим последствиям гололедно-ветровым воздействием, но и сложной электромагнитной обстановкой, обусловленной нарушением требований ГОСТ Р 54149-2010 и ГОСТ 13109-97 к качеству электроэнергии.

Наиболее подверженным гармоническому воздействию при несимметрии напряжении на водном транспорте являются электрические сети транспортных терминалов (речные порты, нефтебазы) по переработке грузов совместно с электрофицированным железнодорожным транспортом, а также сети береговых объектов, подключенные к сетям общего назначения совместно с сетями металлургических и нефтегазодобывающих предприятий. В этих сетях уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) не соответствуют требованиям указанных стандартов. Эти помехи проникают в судовые электроэнергетические системы (ЭЭС) при электроснабжении судов с берега.

В связи с этим возникают определенные требования к береговым сетям среднего напряжения в части сохранения устойчивости судовых ЭЭС при однофазных замыканиях на землю в береговых сетях. Дело в том, что при гармоническом воздействии и несимметрии напряжений по обратной последовательности в сети от 6-35 кВ ток замыкания фазы на землю значительно возрастает по сравнению с током при качественной электроэнергии. Для прогнозирования этого тока при металлическом замыкании, когда активное сопротивление R_3 в месте замыкания на землю не учитывается ($R_3 = 0$), используется математическая модель [1, 3]

$$I_3 = I_c + kI_c M[K_U],$$

где I_c – емкостный ток замыкания на землю при синусоидальном и симметричном напряжении в сети, А;

k – коэффициент, учитывающий нелинейную зависимость тока I_3 от гармонического воздействия при несимметрии напряжений по обратной последовательности, $k = 0,05 - 0,1$;

$M[K_U]$ – математическое ожидание коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, %.

Относительная ошибка расчетов по этой формуле с вероятностью 0,95 находится в пределах $\pm 10\%$ при $0 \leq K_{2U} \leq 4\%$, где K_{2U} - коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности.

При превышении I_3 допустимого значения $I_{c, \delta}$, в сети появляется кондуктивная низкочастотная ЭМП по току замыкания на землю. Сеть от 6 до 35 кВ рассматривается как рецептор к качеству напряжения. В этом случае эта помеха представляется выражением [3]

$$\delta I_3 = \frac{I_3}{I_{c, \delta}}.$$

Одним из эффективных способов подавления δI_3 является заземление нейтрали сети через резистор. Однако при этом необходимо выбрать такое сопротивление резистора, чтобы оно обеспечивало допустимое увеличение тока I_3 в момент замыкания и гашения дуги в месте замыкания. В связи с этим в этой статье предлагается решение первой задачи – оценка влияния сопротивления резистора в нейтрали сети от 6 до 35 кВ на кондуктивную низкочастотную ЭМП δI_3 .

Первоначально исследуется зависимость тока I_3 от величины сопротивления резистора R_N в нейтрали сети с учетом сопротивления R_3 . На рисунке представлена схема замещения сети напряжением 35 кВ с резистором R_N в ее нейтрали, где r_A, r_B, r_C - соответственно активное сопротивление пути утечки тока через изоляцию фаз А, В, С; C_A, C_B, C_C - емкости фаз линии относительно земли; R_3 - активное сопротивление в мест замыкания фазы А на землю.

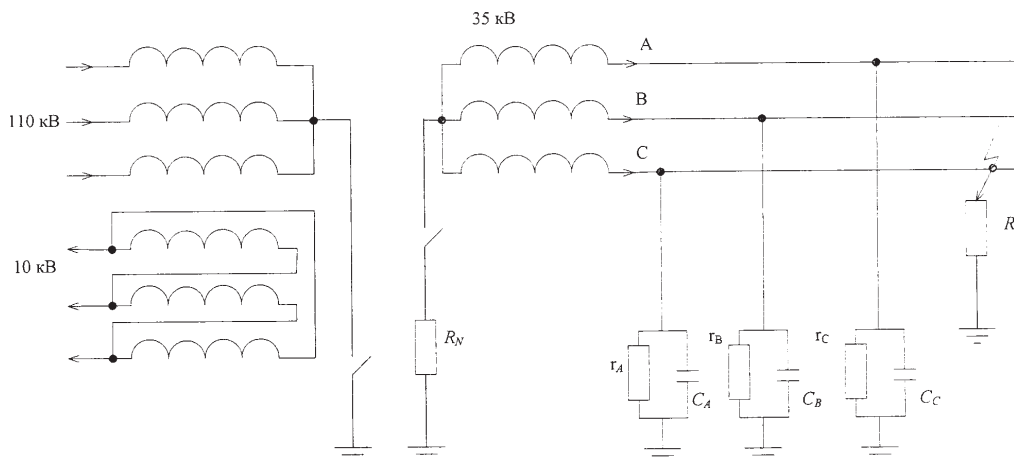


Рисунок – Схема замещения сети напряжением 35 кВ с резистором R_N в ее нейтрали

Проводимость Y_{A3} замкнувшейся на землю фазы А составляет [2]

$$Y_{A3} = \frac{1}{R_3} + j\epsilon_A, \tag{3}$$

где ϵ_A – емкостная проводимость фазы А.

Напряжение фазы А при замыкании

$$U_{A3} = \dot{U}_A - \dot{U}_N, \tag{4}$$

где \dot{U}_A – напряжение фазы А до ее замыкания на землю;

\dot{U}_N – напряжение смещения нетрали.

Напряжения смещения нейтрали определяется по формуле [2]

$$\dot{U}_N = \frac{\dot{U}_A \dot{Y}_{A3} + \dot{U}_B \dot{Y}_B + \dot{U}_C \dot{Y}_C}{\dot{Y}_{A3} + \dot{Y}_B + \dot{Y}_C + \dot{Y}_N}. \tag{5}$$

Пусть фазные напряжения источника симметричны и напряжение фазы А направлено по действительной оси. Тогда $\dot{U}_A = U$; $\dot{U}_B = a^2 U$; $\dot{U}_C = a U$, где a - фазный множитель

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}; \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

С учетом указанных фазных напряжений выражение (5) примет вид

$$\dot{U}_N = U \frac{\dot{Y}_{A3} + a^2 \dot{Y}_B + a \dot{Y}_C}{\dot{Y}_{A3} + \dot{Y}_B + \dot{Y}_C + \dot{Y}_N}. \quad (6)$$

Тогда ток замыкания на землю I_3 будет равен

$$I_3 = \dot{U}_{A3} \dot{Y}_A = \dot{Y}_3 (\dot{U}_A - \dot{U}_N) = U \dot{Y}_3 \frac{\dot{Y}_B (1-a^2) + \dot{Y}_C (1-a) + \dot{Y}_N}{\dot{Y}_{A3} + \dot{Y}_B + \dot{Y}_C + \dot{Y}_N}. \quad (7)$$

Если положить одинаковыми проводимости всех фаз относительно земли, то есть $\dot{Y}_A = \dot{Y}_B = \dot{Y}_C = \dot{Y}$, то с учетом значения фазного множителя a , выражение (7) преобразуется к виду [2, 3]

$$I_3 = U \dot{Y}_3 \frac{3\dot{Y} + \dot{Y}_N}{3\dot{Y} + \dot{Y}_3 + \dot{Y}_N}. \quad (8)$$

Активные проводимости фаз значительно меньше емкостных проводимостей. Если ими пренебречь, то выражение (8) можно преобразовать к виду

$$I_3 = U \left[\frac{(R_N + R_3) + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2}{(R_N + R_3)^2 + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2} + j \frac{3\epsilon R_N (R_N + R_3 - R_N)}{(R_N + R_3)^2 + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2} \right] = I_{3,a} + jI_{3,p}, \quad (9)$$

где $I_{3,a}$, $jI_{3,p}$ – активная и реактивная составляющие тока замыкания на землю.

Модуль тока замыкания на землю составляет

$$|I_3| = \sqrt{I_{3,a}^2 + jI_{3,p}^2}. \quad (10)$$

При металлическом замыкании фазы на землю, то есть когда $R_3 = 0$, можно записать

$$|I_3| = U \sqrt{(1/R_N)^2 + (3\epsilon)^2}. \quad (11)$$

Включение резистора проводимостью

$$\frac{1}{R_N} = 3\epsilon m, \quad (12)$$

в нейтраль сети приводит к увеличению тока замыкания на землю ($m = 1, 2, 3 \dots$).

В этом случае можно записать

$$|I_3| = 3U \epsilon \sqrt{1 + m^2}. \quad (13)$$

Таким образом, если $m = 1,0$, то есть $(1/R_N) = 3\epsilon$, то ток замыкания возрастает в $\sqrt{2}$ раз.

Дальнейшее увеличение коэффициента m , то есть дальнейшее снижение сопротивления резистора R_N , приведет к увеличению тока замыкания на землю.

Теперь, выражая I_3 через кондуктивную низкочастотную ЭМП δI_3 в соответствии с формулой (2), можем, на основании математической модели (9), записать

$$\delta I_3 = \frac{U}{I_{c,0}} \left[\frac{(R_N + R_3) + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2}{(R_N + R_3)^2 + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2} + j \frac{3\epsilon R_N (R_N + R_3 - R_N R_3)}{(R_N + R_3)^2 + (3\epsilon)^2 R_N^2 R_3^2} \right]. \quad (14)$$

Видно, что δI_3 в значительной степени определяется сопротивлениями R_N и R_3 , которые неизвестны. Сопротивление R_N обуславливает горение дуги в месте пробоя, изоляции, поэтому будет рассмотрено отдельно, а сопротивление R_3 определяется классом напряжения сети. Так, для сети 35 кВ при пробое гирлянды изоляторов на железобетонной или металлической опоре можно принять $R_3 = (10-30)$ Ом, то есть это сопротивление равно сопротивлению растекания тока заземлителя опоры. Однако, учет сопротивления в месте замыкания до 30 Ом дает небольшое снижение тока замыкания на землю.

Таким образом, для сохранения устойчивости судовых ЭЭС при питании судов с берега от береговых электрических сетей среднего напряжения с изолированной нейтралью при возникновении в них однофазных замыканий на землю необходимо нейтрали работающих сетей заземлять через резистор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситни-

ков; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -559 с.

2 Короткевич, М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей / М.А. Короткевич. - Минск: Техно-перспектива, 2003. -373 с.

3 Электромагнитная обстановка в сети 10 кВ с изолированной нейтралью как рецептора / В.Г. Сальников [и др.] // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1: спец. вып. -С. 219-223.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ток замыкания на землю, резистор в нейтрали сети, кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха, электромагнитная совместимость

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Смыков Юрий Николаевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Барков Денис Александрович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Васильев Семён Михайлович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СИММЕТРИРУЮЩИЙ АСПЕКТ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В СЕТЯХ 6-10 кВ УДАЛЁННЫХ РЕСУРСДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

Е.В. Иванова, Н.А. Рыковский, Н.А. Ковалёва

BALUNS ASPECT OF MOTOR LOAD NETS 6-10 kV EXTRACTING REMOTE REGIONS

Novosibirsk state academy of water transport

Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university

E.V. Ivanova, N.A. Rykovskiy, N.A. Kovalyeva

The effect of voltage balancing phases in the medium-voltage network of high-voltage electric motor load. Proposed to account for this effect when creating overhead lines.

Keywords: electric grid, electromagnetic compatibility, interference, voltage unbalance, negative sequence voltage, coefficient

Рассмотрен эффект симметрирования напряжения по фазам в сети среднего напряжения высоковольтной электродвигательной нагрузкой. Предложено учитывать этот эффект при создании воздушных линий.

Социальные аспекты повышения качества функционирования электрических сетей удалённых регионов с богатыми природными ресурсами обуславливается высоким требованием к надёжности их работы и необходимостью осуществлять передачу электроэнергии в пределах норм технологического расхода. Повышение эффективности электроснабжения удалённых от крупных промышленных центров объектов в районах Сибири, Алтая, Урала, Байкала и Дальнего Востока и в других регионах России, имеющих холодный климат (ГОСТ 15150-69), представляется жизнеобеспечивающим аспектом проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств [1].

Электроснабжение этих объектов осуществляется по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи. Широкое распространение получили ВЛ среднего напряжения 6-35 кВ, обеспечивающие добычу, приём сырой нефти и газа от скважин и транспортировку, указанных энергоресурсов, по магистральным трубопроводам.

На рисунке 1 приведена схема взаимодействия влияющих факторов на качество функционирования электрических сетей. В этих сетях наблюдается значительная продольная несимметрия напряжений по обратной последовательности, которая обуславливает появление кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности. В значительной мере эта ЭМП вызывается неодинаковой взаимной индуктивностью фаз сети.

Различные условия работы фаз негативно отражаются на работе технических средств. Несимметрия напряжения отрицательно влияет на работу всех звеньев электрической сети, приводит к увеличению потерь, снижению надёжности работы электрооборудования и всей системы электроснабжения [1].

На рисунке 2 приведена схема воздействия напряжений обратной последовательности на технические средства.

Основными приёмниками электроэнергии в рассматриваемых регионах являются электрические машины. В связи с этим в статье анализируется реакция асинхронного двигателя, как наиболее распространённого электроприёмника на воздействие несимметрии напряже-

ний по обратной последовательности, которая стремится выровнять напряжения по фазам сети, улучшить электромагнитную обстановку (ЭМО). Применяемые термины и определения соответствуют ГОСТ Р 50387-97, ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5-95), ГОСТ Р 54149-2010 и ГОСТ Р 13109-97.



Рисунок 1 – Схема взаимодействия влияющих факторов на качество функционирования электрических сетей



Рисунок 2 – Схема воздействия напряжений обратной последовательности в электрической сети 6-35 кВ на технические средства

Требования эксплуатации электрических машин к несимметрии напряжений по обратной последовательности. В синхронных машинах при несимметрии по обратной последовательности питающего напряжения возникают дополнительный нагрев и дополнительные потери, как в статоре, так и в роторе из-за протекания в статоре токов обратной последовательности. Кроме того, токи обратной последовательности в статоре машины создают электромагнитный момент, противоположный основному вращающему моменту.

В Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей отмечается [2], что длительная работа генераторов и синхронных компенсаторов при неравных токах фаз допускается, если разница токов не превышает 10% номинального тока статора для турбогенераторов и 20% – для гидрогенераторов. При этом токи в фазах не должны превышать номинальных значений. Если эти условия не выполняются, необходимо принимать специальные меры по уменьшению несимметрии [2].

В асинхронных электродвигателях несимметрия напряжений по обратной последовательности вызывает дополнительный нагрев, а также противодействующий вращающий момент. Поскольку сопротивление обратной последовательности асинхронных двигателей в 5-7 раз меньше сопротивления прямой последовательности, то возникает значительный ток. Этот ток накладывается на ток прямой последовательности и вызывает перегрев двигателя, в результате чего уменьшается его располагаемая мощность, быстро стареет изоляция и т.д. Так, срок службы полностью загруженного асинхронного двигателя, работающего при несимметрии напряжений (4%), сокращается в 2 раза. Исследования показывают, что допустимой несимметрией напряжения для асинхронных двигателей следует считать несимметрию до 2% [1].

Влияние асинхронных двигателей на несимметрию напряжений по обратной последовательности. Устранить несимметрию напряжений в трёхфазных трёхпроводных электрических сетях практически не возможно. Объясняется это тем, что дисперсия коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности всегда отлична от нуля и не зависит от способа подключения электроприёмников [1].

Однако, при определённой ЭМО влияние продольной несимметрии сети можно ослабить за счёт способности силовой нагрузки симметризовать напряжения по фазам. Для выяснения механизма влияния произведём эквивалентирование симметричной электродвигательной нагрузки узла сети 6-10 кВ одним асинхронным короткозамкнутым двигателем (рисунок 3а).

Анализируя однолинейные схемы замещения прямой (рисунок 3б) и обратной последовательности (рисунок 3в) узла нагрузки сети, можем отметить, что составляющие прямой и обратной последовательности напряжения для одной фазы в месте подключения двигателя составляют

$$U'_{1(1)} = I_{д1}Z_{д1} + (I_{д1} + I_{нг1})Z_{w1}; \quad (1)$$

$$U'_{2(1)} = (I_{д2} - I_{нг2})Z_{w2} + I_{д2}Z_{д2}, \quad (2)$$

где $I_{д1}, I_{д2}$ – соответственно, ток прямой и обратной последовательностей двигателя, А;

$Z_{д1}, Z_{д2}$ – сопротивления прямой и обратной последовательности двигателя, Ом;

Z_{w1}, Z_{w2} – сопротивления прямой и обратной последовательности линии, питающей узел нагрузки;

$I_{нг1}, I_{нг2}$ – ток прямой и обратной последовательности несимметричной нагрузки.

При отключенном эквивалентном двигателе ток обратной последовательности $I_{нг2}$ полностью направляется к шинам подстанции. После подключения двигателя параллельно несимметричной нагрузке, только часть этого тока направляется к подстанции, то есть двигатель уменьшает ток обратной последовательности до величины равной $I_{нг2} - I_{д2}$.

Несимметрия напряжений по обратной последовательности характеризуется коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности. Этот коэффициент определяется в процентах отношением напряжения обратной последовательности к напряжению прямой последовательности [3]. Для рассматриваемого узла нагрузки можно записать

$$K'_{2U} = \frac{U'_{2(1)}}{U'_{1(1)}} 100 = \frac{(I_{д2} - I_{нг2})Z_{w2} + I_{д2}Z_{д2}}{I_{д1}Z_{д1} + (I_{д1} + I_{нг1})Z_{w1}} 100, \quad (3)$$

где K'_{2U} – коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности в месте подключения эквивалентного двигателя, %.

Анализ уравнения (3) показывает, что после включения двигателя коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности будет меньше, чем до подключения. Двигатель работает (из-за незначительной величины $Z_{д2}$) в режиме близком к короткому замыканию для токов обратной последовательности. Питающая сеть разгружается от токов обратной последовательности, так как они циркулируют между двигателем и несимметричной нагрузкой [4]. Из-за этого уменьшается влияние продольной несимметрии сети (Z_{w2}) на коэффициент K'_{2U} в узле нагрузки.

Таким образом, при конструировании сетей среднего напряжения в ресурсодобывающих регионах необходимо учитывать способность электродвигателей нагрузки симметризовать напряжения. Эффект реально ощутим при незначительных (до 10%) однофазной и не-

симметричной нагрузках в узлах сети за счёт удешевления мероприятий по симметрированию ВЛ среднего напряжения.

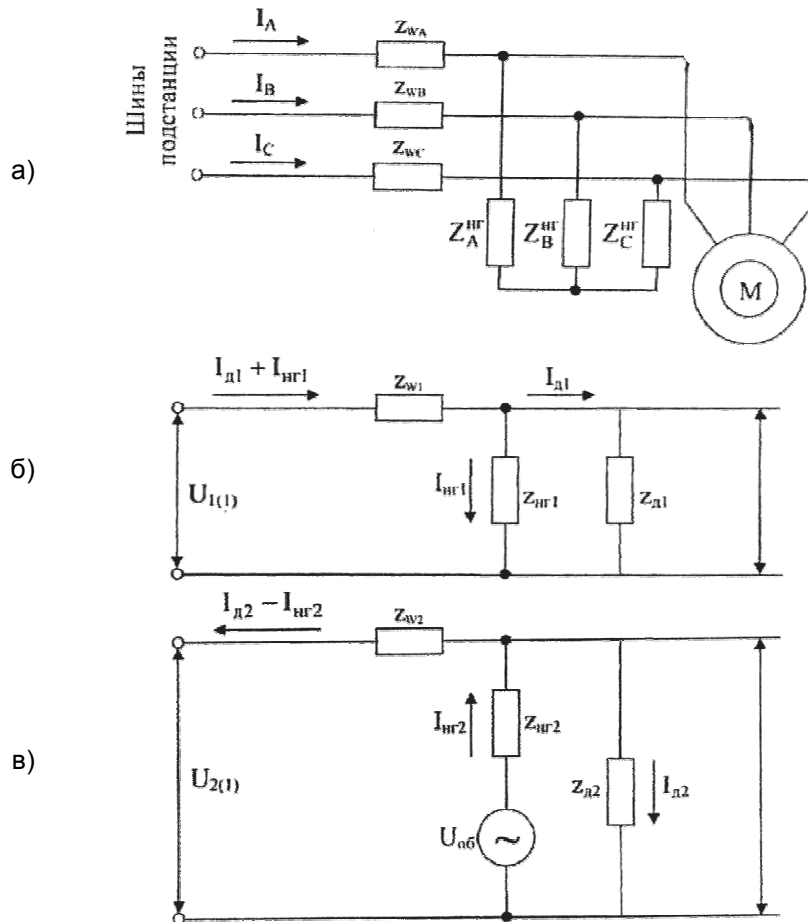


Рисунок 3 – Схема подключения трёхфазного эквивалентного электродвигателя параллельно с несимметричной нагрузкой (а), однолинейные схемы замещения прямой (б) и обратной (в) последовательностей: Z_{wA}, Z_{wB}, Z_{wC} -соответственно, полные сопротивления фаз А, В, С до шин узла нагрузки; $Z_A^{HF}, Z_B^{HF}, Z_C^{HF}$ -полные сопротивления фаз несимметричной нагрузки

Снижение несимметрии напряжения по обратной последовательности целесообразно даже тогда, когда она находится в допустимых пределах, с точки зрения режимов нормальной работы оборудования, так при этом уменьшаются потери в электрических сетях и электроприёмниках, нормализуются условия работы сетевой автоматики, релейной защиты и т.д. Симметрирование должно рассматриваться не только как средство повышения ЭМС технических средств, но и как средство повышения экономичности и надёжности работы электроэнергетической системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -559 с.
- 2 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. -М.: СПО ОРГРЭС, 2003. - 172 с.
- 3 ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Введ. впервые 01-01-2013. -М.: Стандартинформ, 2012. -15 с.
- 4 Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / К.Г. Марквардт. -М.: Транспорт, 1982. -528 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрическая сеть, электромагнитная совместимость, помеха, несимметрия напряжений, напряжение обратной последовательности, коэффициент

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Рыковский Никита Андреевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Ковалёва Наталья Александровна, преподаватель Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 628600, Тюменская область, ХМАО-Югра, г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

ON-LINE МОНИТОРИНГ И СМЕНА ПАРАДИГМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.М. Левин, Н.Н. Керимкулов

ON-LINE MONITORING AND PARADIGM CHANGE IN MANAGEMENT OF OPERATION OF THE POWER ELECTRIC EQUIPMENT
Novosibirsk state technical university
V.M. Levin, N.N. Kerimkulov

Necessity of application and prospect of development of systems of diagnostic monitoring the oil equipment of substations in the light of paradigm change in management of maintenance of electric networks are discussed.

Keywords: the oil equipment, diagnosing, monitoring system, structure of methods and functions, technique of the organization

Обсуждаются необходимость применения и перспективы развития систем диагностического мониторинга маслонаполненного оборудования подстанций в свете смены парадигмы в управлении эксплуатацией электрических сетей.

Электросетевой комплекс России переживает очередной этап своего реформирования. Стратегическими приоритетами данного этапа являются: инновации, системная надежность и энергоэффективность. Достижение поставленных целей планируется в частности за счет постепенного перехода на новую технологическую платформу – интеллектуальную энергосистему с активно-адаптивной сетью [1]. Этим фактически объявлен переход от существующей парадигмы в управлении процессами эксплуатации оборудования электрических сетей к новой, которая должна обеспечить качественно новый уровень надежности, экономичности и безопасности сетевой инфраструктуры.

Как известно, базовыми компонентами существующей парадигмы являются:

- регламент периодического диагностического контроля оборудования по установленному набору параметров;
- оценка технического состояния оборудования по факту выхода одного или нескольких измерений за установленные нормами границы предельно допустимых значений;
- принятие решений о введении корректирующих воздействий по принципу многократных последовательных проверок и подтверждений.

Реалией сегодняшнего дня служит масштабное оснащение системами диагностического мониторинга (СДМ) наиболее сложных и ответственных видов электрооборудования подстанций, таких как силовые трансформаторы, автотрансформаторы и шунтирующие реакторы, далее маслонаполненное оборудование (МНО).

Раскрытие перспектив указанного направления в свете смены парадигмы в управлении эксплуатацией оборудования является целью данной статьи. Авторами на основе многоаспектного анализа открытых публикаций сделана попытка обозначить вектор наиболее эффективного (для конкретных условий) применения СДМ МНО.

Современное состояние рынка СДМ МНО характеризуется широким многообразием типов, различающихся назначением, функциональными возможностями, набором контролируемых параметров, конфигурацией программно-аппаратных средств, стоимостью и пр. [2, 5].

Одним из важных аспектов при определении необходимости мониторинга МНО является способ его организации. Так СДМ можно подразделить на стационарные и мобильные. Основной задачей обоих типов систем является обнаружение дефектов в оборудовании на ранней стадии развития без отключения от сети. Это позволяет предотвратить опасные тенденции задолго до их предельного проявления и аварийного отказа оборудования. Стационарные системы реализуют on-line мониторинг параметров, оценку состояния отдельной единицы оборудования, интегральную оценку состояния подстанции в целом и строятся на базе специализированного комплекса аппаратных и программных средств. Мобильные системы основаны на периодическом применении методов раннего диагностирования совместно с контролем режима работы МНО и результатами традиционных измерений на отключенном оборудовании. Стоимость стационарных СДМ достаточно высока, по некоторым оценкам совместно с монтажом и обслуживанием составляет 7-10% стоимости основного оборудования. Чем больше функциональных возможностей заложено в СДМ, точнее используется

мые в ее составе методы измерений и оценки состояния, тем она дороже. Применение таких систем экономически оправдано на мощном, дорогостоящем МНО ответственных подстанций 220-750 кВ, а также на оборудовании с длительным сроком эксплуатации при высоких экономических рисках отказа [3]. Для самого массового МНО, такого как трансформаторы 110-35-10(6) кВ распределительных сетей наиболее оправдано применение более дешевых мобильных СДМ. Снижение их стоимости достигается в частности за счет комбинированного использования штатных технологических систем: АСДУ, РЗ и ПА, АСКУЭ, др. в качестве первичных датчиков, преобразователей и информационных каналов в сочетании с одним или несколькими специализированными датчиками (температуры, влажности, газосодержания) [4].

Другой важный аспект СДМ касается количества и вида контролируемых параметров трансформатора. В общем случае выбор структуры и размерности информационного пространства мониторинга подчиняется одному из следующих принципов [13]:

- контроль максимального количества параметров по возможному числу видов развивающихся при работе трансформатора дефектов;
- контроль наиболее важных параметров, для которых установлены связи с выявляемыми с их помощью дефектами;
- контроль параметров, поддерживающих только те функции системы, для которых стоимость реализации в системе on-line мониторинга не превышает ее стоимость в системе традиционного периодического контроля.

В качестве примера в таблице 1 приведена структура информационного пространства, реализованного в системе ТЕС (ABB Power Technology). Упрощение СДМ и чрезмерное сокращение числа контролируемых параметров, как правило, приводит к снижению достоверности оценки состояния МНО, и ограничивает возможность его длительной надежной эксплуатации. В результате же необоснованного усложнения СДМ появляется информационная избыточность и не востребованность заключений о состоянии отдельных частей МНО [6].

Таблица – Информационное пространство ТЕС (ABB Power technology)

Контролируемые параметры	Вид дефекта							
	дефект в обмотке	дефект в изоляции	дефект сердечника	горячие точки	дугобразование	пузырьки газа	грязь в масле	утечки в системе
Влага в масле				+				+
Газы в масле	+	+	+	+	+	+	+	
Частичные разряды	+	+			+	+	+	
Температура	+		+	+				
Вибрация	+		+					
Пробивное напряжение масла				+		+	+	
Перегревы	+		+	+				

Выбор состава диагностических методов и конфигурации СДМ МНО следует производить с учетом:

- соотношения функциональных возможностей и стоимости реализации системы диагностического мониторинга;
- оценки вероятных экономических рисков при возникновении аварийных ситуаций в сети по причине повреждения оборудования из-за отсутствия на нем системы диагностического мониторинга;
- статистики повреждаемости элементов высоковольтного оборудования конкретного типа и конкретной марки, характеризующей его эксплуатационные свойства и, прежде всего, надежность.

В любом случае для внедрения систем on-line мониторинга МНО необходимо предварительно выполнить технико-экономическое обоснование с учетом уровня автоматизации, типов контролируемого оборудования, его технологической значимости для электроснабжения

обслуживаемой территории.

Для сетей ФСК ЕЭС унификацию СДМ МНО задает отраслевой стандарт [7], согласованный с требованиями МЭК и Cigre. Типовая архитектура СДМ включает три иерархических уровня: нижний – комплекс первичных преобразователей и датчиков контроля текущих параметров, средний – блок мониторинга и управления, осуществляющий сбор данных от преобразователей и датчиков, верхний – уровень центральных вычислительных ресурсов, включающий комплекс прикладных программ и автоматизированное рабочее место (АРМ) эксплуатационного персонала. Средствами верхнего уровня СДМ обеспечивается математическая поддержка экспертной оценки и прогноза технического состояния МНО, а также определения мер по его своевременному обслуживанию или замене.

Указанные требования реализованы в системах производства ведущих зарубежных (ABB, Siemens, Serveron, GE Energy, Alstom, Areva, Konchar) и Российских (АСУ ВЭИ, Dimrus, НПО Микроника) компаний. Унифицированные технические решения [8] создают условия для индивидуального выбора доступной или желаемой конфигурации СДМ практически любой сложности:

1 гибкий модульный принцип формирования систем диагностического мониторинга, обеспечивающий возможность их наращивания и усложнения по мере необходимости;

2 охват системами диагностического мониторинга всех типов ответственного оборудования подстанций и примыкающих к ним линий электропередачи с интеграцией в АСУТП объекта, что особенно важно с точки зрения повышения надежности и экономичности эксплуатации сети;

3 оснащение АСДМ методами диагностирования, пригодными для контроля параметров оборудования в режиме on-line с корректировкой для этого ряда нормативных требований;

4 необходимость использования для оценки состояния оборудования новых синтезированных параметров (признаков) с формулировкой и обоснованием их физического смысла;

5 возможность дополнения информации от первичных датчиков систем мониторинга данными периодических испытаний, проводимых ремонтным персоналом на отключенном электрооборудовании, которая позволит повысить информативность итоговых экспертных заключений и частично снизить затраты на внедрение системы мониторинга;

6 повышение функциональной значимости среднего уровня АСДМ (блока мониторинга и управления) за счет оснащения мощными программируемыми контролерами, обеспечивающими наряду с обработкой информации ее интерпретацию и оценку состояния оборудования по одному или нескольким методам диагностирования, что в ряде случаев позволяет упростить и удешевить систему мониторинга, исключив дублирование функций;

7 оснащение каждого метода диагностирования для каждого типа электрооборудования подстанции встроенной экспертной системой, работающей в идеальном случае в автоматическом режиме и позволяющей оперативно формировать диагноз;

8 внедрение широкой линейки простых, относительно дешёвых и универсальных компонентов (датчиков, реле, алгоритмов, программных средств) собственного производства, закрывающих практически все потребности отечественного рынка в СДМ с учетом индивидуальных особенностей оборудования его возрастного состава и технологического назначения.

Третий важный аспект содержится в результатах сравнения эффективности применения систем on-line мониторинга и периодической диагностики для повышения эксплуатационной надежности МНО [9, 11, 12]. Не смотря на разнообразие аргументов в пользу того или иного способа оперативного контроля и управления состоянием оборудования, неоспоримым является следующее. On-line мониторинг более информативен при ответе на вопрос «является ли состояние контролируемого трансформатора нормальным или имеются отклонения от нормы». Применяемые в СДМ тесты должны быть экономичными и достаточно чувствительными с широким диапазоном обнаружения любых потенциальных дефектов на ранней стадии. Периодическая диагностика (применяется только к дефектному МНО) наиболее эффективна при выявлении типа дефекта, серьезности проблемы и вида необходимых корректирующих воздействий. Глубина экспертных оценок в системах on-line мониторинга и периодической диагностики зависит от набора тестов, алгоритмов обработки информации и может варьировать от простой фиксации превышений параметрами своих пороговых значений до выработки обоснованных решений по проведению ремонтных работ. В связи с этим может оказаться оправданным комплексное решение, сочетающее информационные и технические преимущества обеих типов систем [12].

Выводы.

1 Смена парадигмы в управлении эксплуатацией оборудования электрических сетей отмечена переходом к технологии интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью, для которой мониторинг оборудования есть эффективное средство обеспечения надежного, экономичного и безопасного функционирования.

2 Подход к выбору типа СДМ МНО должен базироваться на унификации технических решений в соответствии с требованиями международных и национальных стандартов и с учетом современных потребностей отечественного энергетического комплекса.

3 Сбалансированность потребностей в on-line мониторинге для конкретных типов контролируемого оборудования и функциональных возможностей СДМ достигается в процессе проектирования с выполнением технико-экономического обоснования. При этом прогнозируются перспективы реализации каждого альтернативного решения в части соотношения затрат и возможной выгоды, оптимизируется набор диагностических тестов и конфигурация программно-аппаратных средств СДМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies_aas.pdf.
- 2 Живодерников, С.В. Зарубежный опыт мониторинга трансформаторного оборудования [Электронный ресурс] / С.В. Живодерников, А.Г. Овсянников, В.А. Русов. -Режим доступа: URL: http://megaom.ucoz.ru/nornativ/vv_oborudovanie/statija_zarubezhnyj_opyt_monitoringa_oborudovanija.pdf.
- 3 Дашевский, Е.Г. Оценка экономической эффективности систем мониторинга трансформаторного оборудования, находящегося в эксплуатации длительный срок / Е.Г. Дашевский // Изв. высш. учеб. заведений. Сер. Электромеханика. -2010. -№4. -С. 45-49.
- 4 Женихов, М.А. Повышение эффективности диагностики электрооборудования путем применения данных автоматизированной системы диспетчерского управления / М.А. Женихов // ЭЛЕКТРО. -2010. -№1. -С. 36-38.
- 5 Алексеев, Б.А. Системы непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов [Электронный ресурс] / Б.А. Алексеев. -Режим доступа: URL: <http://www.transform.ru/articles/html/06exploitation/a000042.article>.
- 6 Вдовико, В.П. О стандарте организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Общие технические требования» [Электронный ресурс] / В.П. Вдовико. -Режим доступа: URL: <http://www.ema.ru/press/article/id/2/>.
- 7 Системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Общие технические требования [Электронный ресурс]: СТО 56947007-29.200.10.XXX-2008. -Режим доступа: URL: http://cius-ees.ru/uploaded/document_files/67/sys_monitor.pdf.
- 8 Русов, В.А. Организация расширенного мониторинга состояния высоковольтного оборудования [Электронный ресурс] / В.А. Русов, Ю.Л. Богатырев. -Режим доступа: URL: http://www.elektropanorama.com.ua/ru/magazine/5_2011/control?article=1441.
- 9 Sparling, B.D. Power transformer life extension through better monitoring [Electronic resource] / B.D. Sparling, J. Aubin. -Режим доступа: URL: http://site.geenergy.com/prod_serv/plants_td/en/downloads/powergrid_europe07.pdf.
- 10 Crossey, J. Next generation on-line monitoring and diagnostics for power transformers [Electronic resource] / J. Crossey, E.A. Mackenzie. -Режим доступа: URL: <http://www.cigre-gcc.org/wp-content/uploads/2012/10/paper-501.pdf>.
- 11 Бедерак, Я.С. Принципы построения систем мониторинга силовых трансформаторов напряжением 35 кВ и выше и мощностью 25000 кВА и выше [Электронный ресурс] / Я.С. Бедерак, Ю.Л. Богатырев. -Режим доступа: URL: http://www.datos.com.ua/files/pdf/principe_system_mon.pdf.
- 12 Организация мониторинга силовых трансформаторов на базе комплекса «Диагностика+» / Г.В. Попов, Е.Б. Игнатъев, С.А. Капустин, Е.Ю. Комков, О.Н. Сизов // Вестн. ИГЭУ. -2007. -Вып. 3. -С. 1-4.
- 13 Мордкович, А.Г. О построении подсистем мониторинга, управления и диагностики оборудования подстанций сверхвысокого напряжения и их интеграции в АСУ ТП ПС / А.Г. Мордкович, П.А. Горожанкин // Электрич. станции. -2007. -№6. -С. 44-54.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *маслонаполненное оборудование, диагностирование, система мониторинга, структура методов и функций, способ организации*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Левин Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ» Керимкулов Нуржан Нурмуханович, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНДУКЦИОННОЙ КАТАПУЛЬТЫ ЗАМЫКАНИЕМ ВИТКОВ КАТУШКИ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Г.А. Елгина, С.М. Слободян

TRANSFORMATION OF INDUCTION CATAPULT PROPERTIES VIA SHORT CIRCUIT OF COIL TURNS
National research Tomsk polytechnic university
G.A. Elgina, S.M. Slobodyan

The inductance of induction catapult as a model of current-conductive inductive structure with the violated circuit topology via short circuit of coil turns is investigated.

Keywords: induction, inductance, conversion, closing, turn, model, inductive

Исследована индуктивность индукционной катапульты как модели однородной топологии индуктивной структуры, проводящей ток, с нарушенной однородностью замыканием витков.

Электромагнитные ускорители метания тел до скоростей 10 км/с и более, базовая основа которых индуктивные элементы – индуктивности соленоида, находят весьма широкое применение для решения различных задач: совершенствования технологий управляемого разгона плазменных поршней, в решении задач модификаций поверхности и получения наноразмерных материалов и т.п. [1-10]. Проблемы высокоскоростного метания определены высокой интенсивностью нагрузок, как самих разгоняемых тел, так и базовых элементов – индукторов индукционной катапульты, поскольку актам процесса метания тел и плазменных поршней присуща высокая интенсивность давлений и перегрузок, действующих на все элементы катапульты, включая индуктивную основу индуктора – соленоид. Индуктивные структуры служат базовым элементом в решении тех задач, где речь идет о динамическом движении тел и управляемом их разгоне, часто, в режиме реального времени, например, в устройствах электромагнитного или индукционного разогрева сред, электромагнитного тормоза подъёмных механизмов и в других устройствах, использующих электромагнитное поле – элемент физического воздействия на среды, в том числе в задачах электроимпульсной технологии, широко применяемой [6-12].

Указанные обстоятельства определяют цель и задачи изложенного ниже анализа и приводят к необходимости изучения особенностей преобразования замыканием витков однородной индуктивной структуры резонансного индуктора с целью определения связи его параметров и закономерностей их изменения в трансформированной замыканием витков индуктивной структуре с учётом однородности начальной топологии витков.

Это же обстоятельство определяет и актуальность задачи исследования влияния возникновения аварийных ситуаций, например, типа замыканий витков топологии индуктивной структуры устройства катапульты на эффективность функций индуктивности определённых проектировщиками для индуктора катапульты [6-12].

Ниже в кратко изложены результаты исследования изменения функции преобразования индуктивной структурой с исходно однородной топологией витков при возникновении её нарушения замыканием витков, изменяющим топологию индуктивности.

Анализ источников [1-15], показал, что замыкания в индуктивных структурах снижают величину КПД, эффективность резонансного индуктора, в энергетике называемого реактором, и многое другое при решении других задач; они могут приводить к полному аварийному отказу практически во всех задачах [1-13]. Поведение индуктивности типа резонансной индуктивной структуры весьма подробно для решения задач резонансного шунтирования, в идеализированном представлении впервые были рассмотрены У. Петерсеном в 1916 г. [10, 11]. Влияние замыканий витков на свойства и эффективность выполнения функций преобразования энергии, задаваемых индуктору в резонансном режиме работы, исследователями оставлены без надлежащего внимания. Физическая модель протекания процессов преобразования энергии для формирования электромагнитного воздействия на среды и материалы и объяснения закономерности изменения этих процессов будет совершенно иная и часто при наличии замыкания к анализируемому явлению электромагнитного воздействия может оказаться не применима.

Сущность резонансного шунтирования за сто лет назад не претерпела заметных изменений до настоящего времени: параметры шунта, как правило, индуктивной топологии выбираются так, чтобы при возникновении замыкания в цепях нагрузки шунт настраивался в резонанс с учетом емкости нагрузки. Формулировка правила Петерсена имеет вид

$$\omega L_0 = \left[\sum_i \omega C_i \right]^{-1}, \quad (1)$$

или задается в виде условия

$$\omega^2 L_0 \sum_i C_i = 1, \quad (2)$$

где ω – частота воздействия напряжения сигнала;

L_0 – исходная величина индуктивности индуктора;

C_i – емкости, вносимые в электрическую цепь индуктора элементами цепи, включая емкости межвитковой топологии.

Приведённые соотношения отражают идею заземления электрического центра тяжести

эквивалентной электрической цепи через эквивалентное реактивное сопротивление $Z_0 = \omega L_0$ резонансного индуктора.

При анализе изменения емкостей цепей нагрузки $\sum_i C_i$, считают, что резонансный шунт настроен «более или менее точно» по условию резонанса (2). Известные методики оценки качества работы шунта не учитывают факт и физику явлений возможного замыкания в результате нарушения топологии самой индуктивности [10, 11]. Влияние возможного нарушения её исходной топологии на условия резонанса упускается практически всеми исследователями. По-видимому, считают, что отмеченное обстоятельство не скажется на результатах и полноте анализа устройств, а если нарушение и происходит, то его проявление считают малосущественным.

Нарушение топологии индуктивной структуры, в зависимости от ранга нарушения может приводить к разным явлениям: росту тока утечек через слой изоляции, снижению свойств материала изоляции между витками, очагам ионизации – источнику частичных разрядов, образованию с большим переходным сопротивлением контакта витков, полному замыканию витков с малым сопротивлением контакта и, наконец, образованию парных замыканий в топологии индуктивности [8, 9]. В результате возникновения замыкания витков резонансный индуктивный шунт может произвольно случайным образом трансформироваться в высокочастотный (с большей или меньшей частотой среза) заградитель, который будет выполнять совершенно противоположную функцию, а именно, препятствовать выполнению функции шунта при возникновении дуги на линии. Проявление функции противоположной основному назначению шунта обусловлено изменением топологии витков шунта, из-за изменения величины его индуктивности и эквивалентной схемы по линии ее преобразования в полосовой сложный фильтр. Такой фильтр в полосе подавления имеет большое сопротивление (активное сопротивление изменённой его структуры может снижать коэффициент передачи сигнала на несколько порядков). Активное сопротивление и коэффициент передачи при нарушении топологии витков индуктивного шунта сильно зависит от типа замыкания витков структуры (Г-, Т- или П-фильтра) с произвольно образованными элементами его частотной настройки. Может образоваться много вариантов структур с ослабленным основным резонансом: двух- и многочастотная резонансная; двух-, трех- или многоконтурная широкополосная структуры фильтров и т.п.

Если следовать условию возникновения резонанса $Z_C = Z_L$, то можно найти емкость или частоту формы напряжений на линии, при которой преобразованная структура в большей или меньшей мере сможет выполнять основную, предназначенную ей при проектировании, роль – резонансного шунта

$$C' = (4\pi^2 f^2 L_T)^{-1} \text{ и } f_T = (4\pi^2 C' L_T)^{-1/2}.$$

При образовании замыканием витков топологии структуры полосового двухчастотного фильтра значение емкости, которая соответствует верхней частоте его настройки, равно

$$C_e = (4\pi^2 f_e^2 L_T)^{-1}.$$

Емкость C_H , соответствующая нижней частоте настройки фильтра преобразованного замыканием витков шунта, даётся формулой

$$C_H = C_e L_{T1} / L_{T2},$$

а для емкости нагрузки – электрической линии

$$C_H = C_e (f_e^2 f_H^2 - 1) \frac{4R + L_{T2}}{L_{T1}},$$

где f_H – нижняя частота полосы резонансной настройки ($\omega_H = 2\pi f_H$);

L_T – исходное значение индуктивности шунта

$$L_T = L_{T2} + L_{T1}.$$

Воспользуемся известным подходом эквивалентирования – замещения индуктивно связанного элемента некоторой эквивалентной схемой – цепью, которая не содержит в явной форме индуктивных связей. Принцип эквивалентирования упрощает расчеты электрических цепей, придавая большую наглядность особенностям физического взаимодействия. Поскольку индуктивный шунт от одного источника питания (двухполюсник в исходном однородном состоянии), то токи во всех витках шунта и, конечно, в ответвлениях топологии витков

индуктивной структуры шунта связаны линейными зависимостями. При любом замыкании витков индуктивная однородной топологии структура индуктора катапульты трансформируется в цепь отдельных, взаимодействующих своими магнитными потоками, индуктивностей, то есть превращается в цепь с взаимной индуктивностью или индуктивно связанную цепь. В зависимости от вида замыкания топологии индуктивности структура индуктора, трансформированная замыканием, может оказаться соединением «согласно включенных» частей индуктивности (с одинаковой ориентацией токов относительно направления намотки витков индуктивности) или встречным включением катушек – частей структуры индуктора. При этом в каждой из частей структуры топологии индуктора будет индуцироваться ЭДС, одновременно обусловленная собственным ψ_c и потокосцеплением ψ_m связанной катушки

$$-e_c = L_K \frac{di_K}{dt} \pm L_M \frac{di_M}{dt},$$

где L_M – взаимная индуктивность частей катушек L_{K1} и L_{K2} до акта замыкания составивших L_0 – исходную индуктивность индуктора

$$L_M = k_{св} (L_{K1}/L_{K2});$$

$k_{св}$ – коэффициент связи, характеризующий меру взаимного влияния друг на друга частей L_{K1} и L_{K2} одной и той же изначально общей индуктивности индуктора, $k_{св} \leq 1$.

Обычно знак «+» принимают при согласном включении частей индуктивности; знак «-» – при встречном их включении. При расчете цепи по законам Кирхгофа дополнительное напряжение, обусловленное явлением взаимной индукции $U_M = \pm j\omega L_M$ учитывают как обязательную компоненту с учетом особенностей включения катушек – частей.

В принципе последовательно и параллельно соединенные индуктивно связанные элементы индуктора катапульты могут быть представлены эквивалентной схемой без индуктивных связей, то есть, в виде развязанном по индуктивным связям. Эквивалентная индуктивность последовательного соединения равна: при согласном включении – $L_{0Э} = L_2 + L_1 + 2L_M$; при встречном – $L_{0Э} = L_2 + L_1 - 2L_M$.

При тщательном соблюдении технологической дисциплины проектирования и изготовления индуктивно связанных структур применяют специальные типы намоток топологии, обеспечивающих равномерное и пропорциональное количеству витков однородное распределение электромагнитных полей рассеяния по длине топологии индуктивности индуктора.

Эквивалентная схема индуктивной структуры индуктора для примера замыкания витков и парного замыкания витков на землю (корпус) можно представить видом, приведенной на рисунке 1.

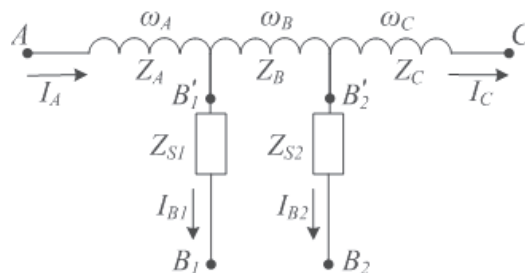


Рисунок 1 – Эквивалентная схема типичного замыкания витков индуктивности индуктора: А - вход; С - выход; B_1, B_2 - точки замыкания витков структуры; Z_A, Z_B, Z_C - комплексные сопротивления участков AB_1, B_1B_2 и B_2C исходно однородной индуктивности индуктора без учета влияния взаимных индуктивных связей отдельных частей; Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{AC} - взаимные комплексные сопротивления соответствующих участков индуктивности

С учетом предположения линейной связи токов, протекающих в индуктивной структуре, примем для упрощения записи формул соотношения:

$$I_{B1} = I_B, I_{B2} = K_I I_B,$$

где K_I – весовой коэффициент отношения токов как признак особенности точек замыкания

$$K_i = \frac{I_{B2}}{I_{B1}}.$$

Например, $K_i = 1$ соответствует совместной точке замыкания витков однородной топологии индуктора. Относительное число витков частей индуктивности AB_1 и B_1B_2 – коэффициентами $K_1 = \omega_1/\omega$ и $K_2 = \omega_2/\omega_1$, а комплексные сопротивления каждого из указанных участков отразит система алгебраических соотношений:

$$\{Z_A = Z_0 + Z_S; Z_B = K_1(K_1 Z_0 + Z_S); Z_C = K_2(K_2 Z_0 + Z_S); Z_{AB} = K_1 Z_0; Z_{BC} = K_1 K_2 Z_0; Z_{AC} = K_2 Z_0\};$$

$$Z_{BC} = \sqrt{Z_B Z_C}; Z_{AB} = \sqrt{Z_A Z_B}; Z_{AC} = \sqrt{Z_A Z_C},$$

где Z_0 – полное комплексное сопротивление исходной индуктивной структуры;

Z_S – полное комплексное сопротивление рассеяния поля части AB_1 этой структуры при условии места замыкания витков в точке B_1 .

Используя методологию [13, 14] решения, в изложенной выше постановке, задачи нахождения значений параметров эквивалентной схемы индуктивной структуры резонансного шунта с нарушенной замыканием смежных витков топологией и опуская промежуточные алгебраические преобразования, придем к следующей системе уравнений взаимосвязи, позволяющей определить основные параметры нарушенной замыканием топологии индуктивной структуры реактивного резонансного шунта

$$\begin{cases} Z_1 = Z; Z_2 = (K_1 + K_2)Z; Z_3 = (1 + K_1)Z; Z_4 = K_2 Z; \\ Z_{S1} = Z_{12} = [K_1 K_2 + (K_1 + K_2)Z_S - (K_1 + K_2)Z]/(1 + K_1 + K_2); \\ Z_{S2} = Z_{34} = [(K_1^{-1} K_2 + K_2 + K_1 K_2)Z_S - (K_2 + K_1 K_2)Z]/(1 + K_1 + K_2); \\ Z = 2[(1 + K_1 + K_2)Z_0 + Z_S]. \end{cases}$$

где Z_1, Z_2 – продольные и Z_{12} – поперечное комплексные сопротивления эквивалентной Т-схемы первой точки замыкания;

Z_3, Z_4 – продольные и Z_{34} – поперечное комплексные сопротивления второй, параллельной первой, Т-схемы второй точки замыкания; обе Т-схемы своими входами подключены к А, а выходами – к С;

B_1, B_2 – вторые точки подключения поперечных (т. $B_1 - Z_{12}$; т. $B_2 - Z_{34}$) сопротивлений соответствующих двух Т-схем фильтров, образованных точками замыкания витков исходной индуктивности и трансформированной в полосовые Т-схемы.

В предположении идеальности однородной топологии витков индуктивной структуры сопротивлением рассеяния ($Z_S \equiv 0$) можно пренебречь, потому, что основным фактором влияния на параметры преобразованной замыканием витков структуры Т-схемы индуктора остается общий магнитный поток, создаваемый топологией витков этой структуры. Тогда [14, 15] в идеальной индуктивной структуре распределение напряжений на ее выводах (А, В, С) при любом типе нагрузки будет пропорционально числу витков в структуре. Оно не будет зависеть от тока нагрузки I_C . При расчете падения напряжения в индуктивной структуре с нарушенной замыканием витков топологией и потому обладающей большим или меньшим сопротивлением рассеяния магнитного потока Z_S в поперечных отводах эквивалентных её Т-схем включаются сопротивления, учитывающие значение Z_S , которые и обуславливают падение напряжения при наличии нагрузки на выходе индуктора с замыканием витков.

Относительное влияние числа витков в группе замыкания – мощности замыкания на коэффициент передачи индуктивной структуры индуктора покажет решение системы уравнений:

$$\begin{cases} K_{1п} = Z_{S1}/Z_S = (K_1 K_2 + K_1 + K_2)/(1 + K_1 + K_2); \\ K_{2п} = Z_{S2}/Z_S = (K_1^{-1} K_2 + K_2 + K_1 K_2)/(1 + K_1 + K_2). \end{cases} \quad (3)$$

Для одиночного замыкания снижения коэффициента передачи под влиянием сопротивления рассеяния магнитного потока Z_S как факт подтверждения нарушения однородной топологии индуктора определяет простое соотношение $K_{1п} = K_1/(1 + K_1)$.

Для иллюстрации поведения коэффициента $K_{2П}$ второго уравнения из системы (3) на рисунке 2 приведена зависимость относительного влияния мощности (изменения числа витков в группе замыкания) замыкания витков в средней части топологии индуктивности на коэффициент передачи сигнала $K_{2П}$ при $\omega_a = 100$; $\omega_b = 1-10$; $\omega_\Sigma = 100$.

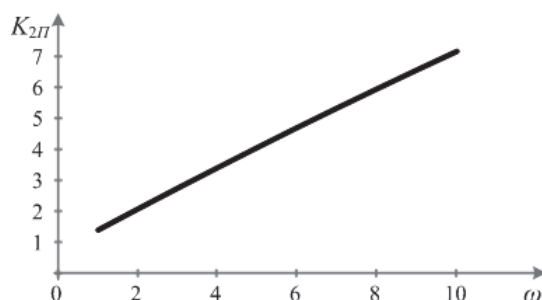


Рисунок 2 – Влияние мощности (числа витков в замкнувшей группе) замыкания витков в середине катушки индуктивности на коэффициент передачи $K_{2П}$ при $\omega_a = 100$; $\omega_b = 1-10$; $\omega_\Sigma = 100$

Выводы. Показана возможность оценки влияния нарушения однородной топологии индуктивной структуры индуктора одиночным и парным замыканием витков на эффективность применения в устройстве управляемого разгона индукционной катапульты. Выполнен анализ в предположении соответствия конструкции индуктивной структуры однородной топологии при наличии и отсутствии замыканий витков. Исследовано ухудшение коэффициента передачи работы индуктора с нарушенной одиночным и парным замыканием витков исходно однородной топологии его индуктивной структуры. Создана математическая модель индуктора катапульты с нарушенным замыканием витков исходно однородной топологии индуктивности.

Изложен подход и методика оценки влияния замыканий витков на изменение свойств, типа и способности к выполнению, задаваемой индуктору, функции преобразования электрической энергии. Предложенная методика позволяет получать оценку изменения эффективности воздействия электромагнитного ускорителя на метаемые тела и среды при наличии замыкания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Корольков, А.Л. Дальнебойная электрическая пушка / А.Л. Корольков // Техника и снабжение Красной Армии. -1923. -20 авг. (№37). -С. 1-8.
- 2 Witt, W. The electromagnetic Gun CCloser to Weapon System Status / W. Witt, M. Loffler // Military Technology. -1998. -№5. -Р. 80-86.
- 3 Кириевский, Е.В. Анализ алгоритмов управления разгоном тела в магнитоплазменном электродинамическом ускорителе / Е.В. Кириевский, С.Г. Январев // Изв. высш. учеб. заведений. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2008. -№3. -С. 58-62.
- 4 Слободян, М.С. Марковская модель живучести подвижного контакта / М.С. Слободян, С.М. Слободян // Контроль. Диагностика. -2011. -№2. -С. 61-66.
- 5 Барашков, В.Н. Математическое моделирование напряжённо-деформированного состояния метаемых сборок / В.Н. Барашков // Изв. Томск. политехн. ун-та. -2004. -Т.307, №1. -С. 29-33.
- 6 Елгина, Г.А. Влияние замыканий на свойства индуктивности / Г.А. Елгина, Е.В. Ивойлов, С.М. Слободян // Электроника и электрооборудование трансп. -2014. -№5. -С. 40-44.
- 7 Елгина, Г.А. Преобразование замыканием витков свойств соленоида электрического копра / Г.А. Елгина, Е.В. Ивойлов, С.М. Слободян // Вестн. Томск. гос. архитектур.-строит. ун-та. -2014. -№3(43). -С. 32-35.
- 8 Елгина, Г.А. Паравей в диагностике состояния вихревой структуры / Г.А. Елгина, Е.В. Ивойлов, В.С. Деева // Молодежь и наука: тр. X Всерос. с междунар. участием науч.-техн. конф., 15-25 апр. 2014 г., Красноярск / Сиб. федер. ун-т. -Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/conf/mn2014/>.
- 9 Носов, Г.В. К расчету параметров и эффективности преобразования энергии рельсотроном / Г.В. Носов // Изв. Томск. политехн. ун-та. -2007. -Т.310, №2. -С. 70-73.
- 10 Petersen, W. Overcurrents and overvoltages in systems with large ground fault current / W. Petersen // E.T.Z. -1916. -Vol.37. -Р. 129-131.
- 11 Willheim, R. Neutral grounding in high-voltage transmission / R. Willheim, M. Waters. -New York: John Wiley and Sons, 1953. -414 p.
- 12 Kundur, P. Power system stability and control / P. Kundur. -New York: McGraw Hill, 1994. -1176 p.
- 13 Saleh, S.H. Diagnosis of mixed eccentricity in 400 kW induction machine based on inspection of stator current spectrums / S.H. Saleh // Renewable Energies and Power Quality. -2014. -№12. -Р. 12-18.
- 14 Толстов, Ю.Г. Теория электрических цепей / Ю.Г. Толстов, А.А. Теврюков. -М.: Высш. шк., 1971. -296 с.
- 15 Тавдгиридзе, Л.Н. Преобразование и расчёт измерительных цепей с индуктивной связью / Л.Н. Тавдгиридзе, Л.Н. Лобжанидзе, Э.В. Мелкумян // Электричество. -1974. -№9. -С. 83-84.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: индукция, индуктивность, преобразование, замыкание, виток, модель
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Елгина Галина Александровна, аспирант ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
 Слободян Степан Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 634050, г.Томск, пр.Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОРАДИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТИЗНЫ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ НАГРУЗОК

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Д.А. Мышлянников, А.Г. Фишов

DETERMINATION OF THE SLOPE OF STATIC LOAD CHARACTERISTICS UNDER FAULT VOLTAGE SAGS IN A NETWORK

Novosibirsk state technical university

D.A. Myshlyannikov, A.G. Fishov

The paper presents a technique for determining the slope of static load characteristics under voltage using data of recording dynamic models of as separate elements of the load as composite load of power system in the transient processes occurring under fault voltage sags in a network. The results of determining the slope of static load characteristics obtained from dynamic load characteristics that reflect its transient behavior in MATLAB/Simulink program are presented.

Keywords: static load characteristic, the slope of characteristic, a transient process, voltage sag

Представлен метод определения коэффициентов крутизны статических характеристик нагрузки по напряжению в переходных процессах, происходящих при спорадических нарушениях режима электрической сети. Приводятся результаты определения коэффициентов крутизны статических характеристик нагрузки, полученных из динамических процессов, моделируемых в программе Simulink математического пакета MATLAB.

Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем (ЭЭС), систем технологического и противоаварийного управления нуждаются в достоверных статических характеристик нагрузки (СХН) по частоте и напряжению и, прежде всего, в коэффициентах крутизны (наклона) характеристик нагрузки при определении объемов автоматической частотной разгрузки (АЧР), управляющих воздействий (УВ) автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), автоматики ограничения снижения напряжения (АОСН), автоматики ограничения понижения напряжения (АОПН), а также при оперативном управлении [1-3].

Анализ развития аварий, происходивших в российских и зарубежных энергосистемах, показал, что около 50% тяжелых аварий происходит из-за неправильных действий диспетчерского персонала, релейной защиты, технологической и противоаварийной автоматики, главной причиной которых служит использование при проектировании и эксплуатации неполной или недостоверной информации о нормальных, аварийных и послеаварийных режимах нагрузки и ЭЭС. В частности, как правило, недостоверна информация о составе нагрузки узла, ее параметрах и параметрах распределительной сети.

Используемые в настоящее время СХН, как правило, получены для потребителей прошлой эпохи, являются недостоверными в силу состоявшихся изменений их структуры и характера. Недостоверность СХН вынуждает вводить дополнительные запасы при выборе дозирровок противоаварийных управляющих воздействий (УВ). Достоверные статические характеристики нагрузки позволяют уменьшить избыточность управляющих воздействий противоаварийной автоматики на отключение нагрузки потребителей, тем самым минимизировать величину ущербов, повысить запасы устойчивости энергосистем, сократить величину резервов мощности на электростанциях, что, в конечном счете, ведет к повышению эффективности и надежности энергоснабжения и энергосистемы в целом.

В последнее время в связи с развитием и внедрением технологии синхронизированного мониторинга параметров переходных режимов (СМПР) в систему управления режимами энергосистемой появилась возможность получения СХН из переходных (динамических) процессов при аварийных режимах ЭЭС. Такими режимами являются режимы с глубокими нарушениями баланса активной и реактивной мощности, затяжными короткими замыканиями. СМПР позволяют в режиме реального времени не только определять СХН отдельных узлов сети, но и энергорайонов в силу синхронности измерений при наличии возможности контроля сальдо перетоков мощности по связям энергорайона.

В данной работе представлены результаты исследования возможности получения основных характеристик СХН нагрузки по напряжению, а именно их коэффициентов крутизны, по данным регистрации параметров переходных процессов в энергосистеме, возникающих в результате коротких замыканий в сети.

Постановка задачи. Переходный процесс в ЭЭС при возмущении носит сложный характер в силу проявления динамических свойств практически всех ее элементов, а также работы противоаварийной и технологической автоматики, воздействий оперативного персонала (рисунок 1).

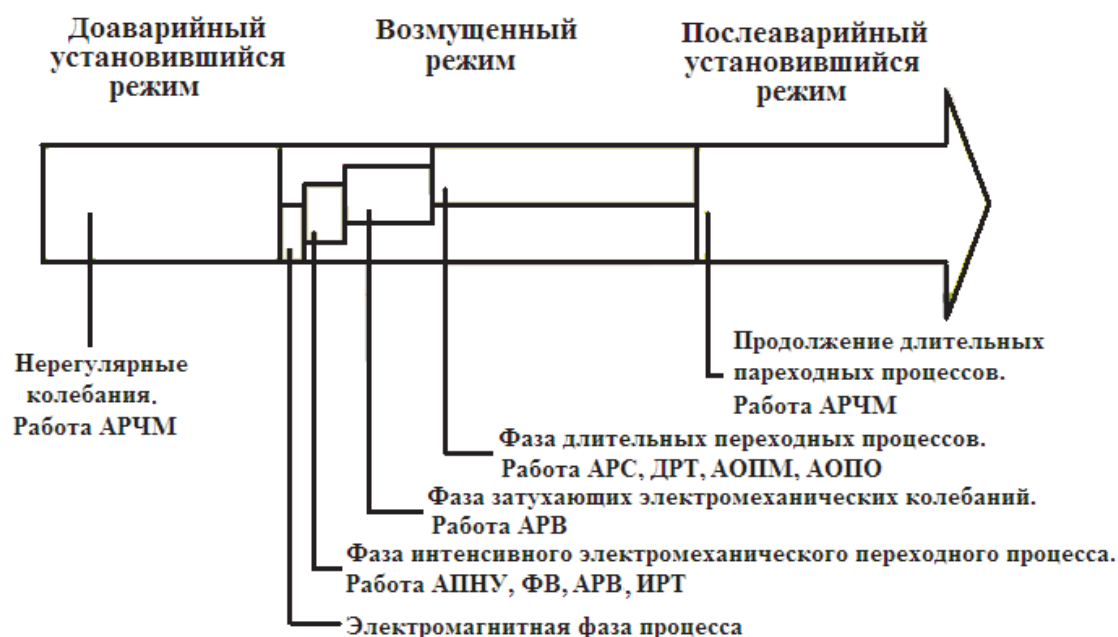


Рисунок 1 – Стадии переходного процесса в энергосистеме при нарушениях нормального режима

Статическими можно считать изменения нагрузки, проявившиеся в квазиустановившихся и установившихся послеаварийных режимах. Эти изменения определяются как физическими зависимостями потребляемой активной и реактивной мощностей от частоты и напряжения, так и работой имеющихся в узлах нагрузки или энергорайонах автоматических средств регулирования режима. В квазиустановившихся режимах речь идет о работе быстродействующих регуляторов (например, АРВ синхронных машин), а в установившихся послеаварийных – о работе технологической автоматики (например, автоматике регулирования трансформаторов под нагрузкой). Соответственно, следует характеризовать нагрузки не одной СХН, а как минимум двумя – СХН для послеаварийных квазиустановившихся режимов, используемых при настройках ПА, и СХН для установившихся режимов, в том числе послеаварийных, используемых для настройки технологической автоматики и определения управляющих воздействий оперативным персоналом.

Решаемая в данной работе задача заключается в обосновании и разработке метода определения коэффициентов крутизны СХН нагрузки (в данной работе только по напряжению) на основе регистрограмм переходного процесса в ЭЭС при спорадических нарушениях режима, сопровождающихся существенными изменениями напряжений в узлах сети. Учитывая, что в реальных ЭЭС нагрузка узлов меняется во времени как по величине, так и по составу, а также то обстоятельство, что система мониторинга определяет СХН (по крайней мере коэффициенты крутизны) многократно, для повышения достоверности моделирования СХН следует характеризовать их множеством числовых значений: текущими по данным очередной идентификации, средними, максимальными, минимальными, а также показателями стабильности.

Определение крутизны статических характеристик нагрузки по регистрограммам переходных процессов. Метод определения коэффициентов крутизны характеристик основан на идентификации характерных точек статических характеристик нагрузки по осциллограммам переходных процессов с существенными изменениями напряжений в узлах нагрузки. В качестве возмущений может выступать любое воздействие с подобными последствиями, в том числе наброс или сброс нагрузки, связанный с отключением какого-либо оборудования (генераторов, трансформаторов, линий электропередачи и т.п.) от сети, удаленные затяжные короткие замыкания в электрической сети и др.

В испытательной схеме энергосистемы, показанной на рисунке 2, выделим исследуемый фрагмент сети с узлом нагрузки и получим для него коэффициенты крутизны статиче-

ских характеристик по напряжению узла нагрузки, содержащего нагрузку в виде шунта, асинхронного двигателя, синхронного двигателя, комбинацию асинхронного двигателя с шунтом, а также комплексную нагрузку.

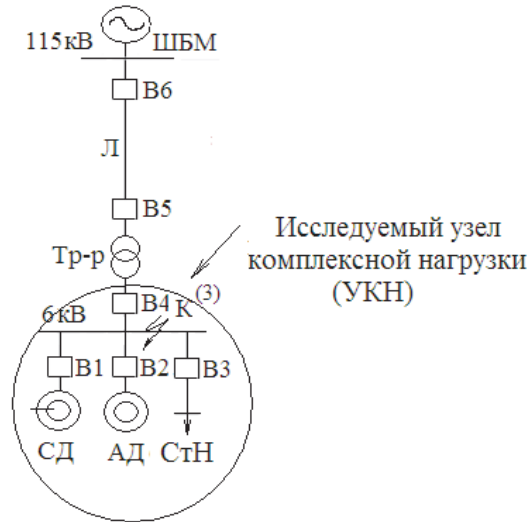


Рисунок 2 – Испытательная схема энергосистемы с выделенным фрагментом исследуемого узла комплексной нагрузки (УКН) по напряжению

На рисунке 3 показаны графики переходных процессов в узле комплексной нагрузки с преимущественно синхронными двигателями при проходящем в электрической сети удаленном трехфазном КЗ.

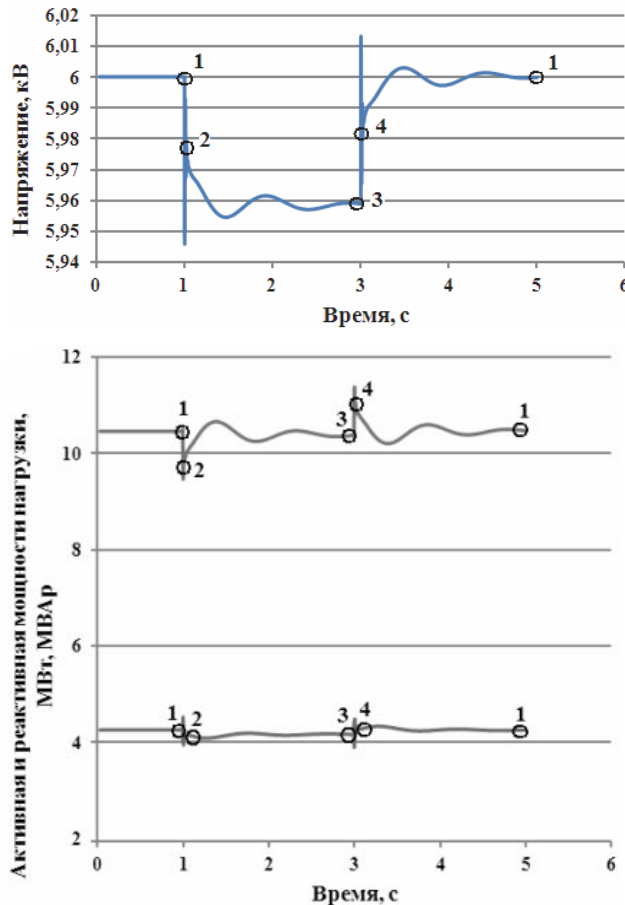


Рисунок 3 – Графики изменения напряжения, активной и реактивной мощностей узла комплексной нагрузки $U(t)$, $P(t)$, $Q(t)$ с преимущественно синхронной нагрузкой при проходящем удаленном трехфазном КЗ (включение и отключение шунта КЗ) полученные в программе Simulink MATLAB

Для получения характерных точек статических характеристик нагрузки зависимости P, Q нагрузки от времени перестраивались в систему фазных координат процесса ($P(U), Q(U)$).

На рисунке 4а представлено поведение узла комплексной нагрузки энергосистемы в фазной системе координат. На рисунке 4б показан пример фазовых портретов с обозначенными характерными точками статической характеристики узла комплексной нагрузки (УКН) с преимущественно синхронной нагрузкой в равном соотношении со статической нагрузкой (шунтом) и незначительной долей асинхронной нагрузки.

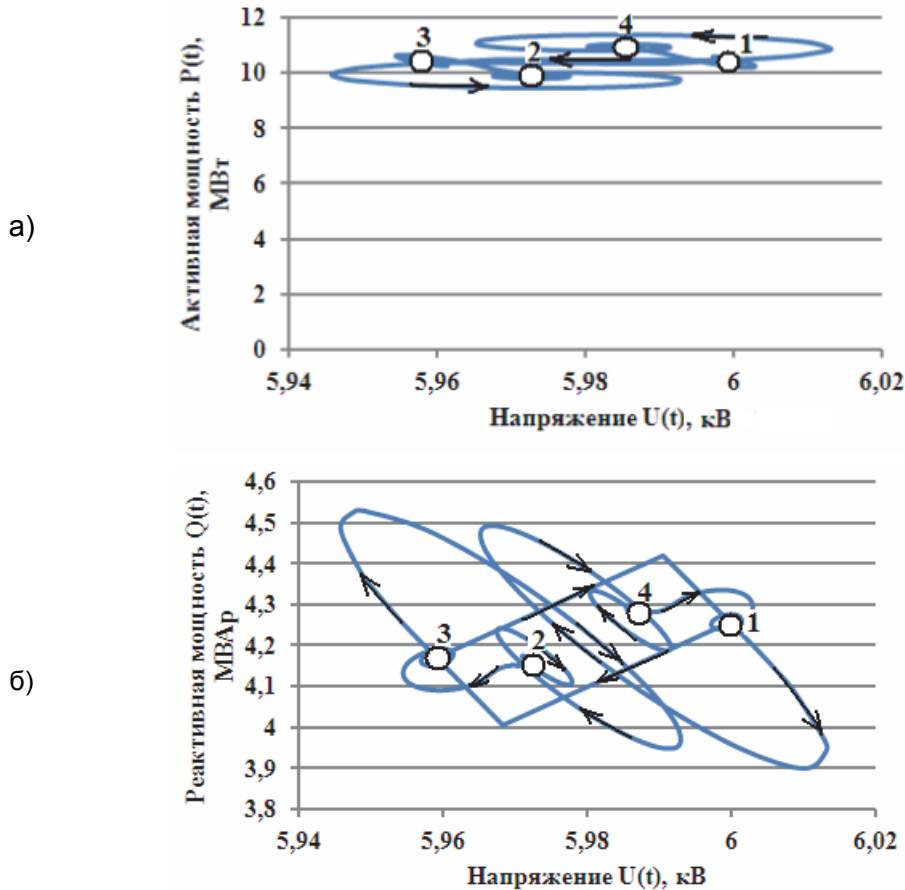


Рисунок 4 – Фазовые портреты узла комплексной нагрузки (УКН) с обозначенными характерными точками статической характеристики и стрелками траекторий движения при переходе по ним из одного установившегося режима нагрузки к другому (квазиустановившемуся) для узла комплексной нагрузки (асинхронный двигатель (4%), синхронный двигатель (48%), статическая нагрузка в виде шунта (48%) в фазной системе координат: а)-для активной мощности нагрузки; б)-для реактивной мощности нагрузки: 1-нормальный (исходный) установившийся режим; 2-квазиустановившийся режим; 3-послеаварийный квазиустановившийся режим; 4-нормальный установившийся режим

Таблица – Значения характерных точек, соответствующих статическим характеристикам, полученные по регистрограммам переходных процессов и коэффициенты крутизны для разных нагрузок

Вид нагрузки	Значения точек, соответствующие статическим характеристикам и полученные из динамических характеристик нагрузки					Коэффициенты крутизны характеристик нагрузки		
	$U_{нуст}$, кВ	$P_{нуст}$, МВт	$Q_{нуст}$, МВар	$\Delta P_n / \Delta U_n$, МВт/кВ	$\Delta Q_n / \Delta U_n$, МВар/кВ			
Шунт	5,96	5,38	1,00	0,81	0,43	0,35	0,319	0,137
АД	5,81	4,56	0,45	0,46	0,41	0,28	-0,00184	0,102
АД с шунтом	5,93	5,37	1,65	1,48	0,88	0,75	0,318	0,242
СД	6,00	5,96	5,00	5,00	5,94	5,93	-0,107	0,242
Комплексная нагрузка	6,00	5,96	10,45	10,37	4,26	4,17	1,949	2,206

Выводы. Переходные процессы в нагрузке затухают за время 1,5-3,0 с, поэтому в аварийных и послеаварийных режимах с установившимися отклонениями напряжения или частоты большей длительности возможна фиксация значений мощности нагрузки, соответствующих ее статическим характеристикам, с последующим определением статизма характеристик.

Статические характеристики нагрузки кратковременных квазиустановившихся и длительных послеаварийных режимов в общем случае разные в силу регулирующего действия технологической автоматики.

Системы мониторинга переходных режимов позволяют определять параметры обоих видов статических характеристик в случае возникновения как квазиустановившихся, так и длительных послеаварийных режимов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем: стандарт орг.: утв. приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 30.06.2008 №321. -М., 2008.
- 2 Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования: стандарт орг.: утв. приказом ОАО «СО ЕЭС» от 19.04.2011 №102. -М., 2011.
- 3 ГОСТ 21027-75. Системы энергетические. Термины и определения. - Введ. 01-07-1976. -М.: Стандартинформ, 2005. -45 с.
- 4 Гуревич, Ю.Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах устойчивости энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова. -М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008. -248 с.: ил.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *статическая характеристика нагрузки, коэффициент крутизны характеристики, переходный процесс, посадка напряжения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Мышляников Дмитрий Анатольевич, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Фишов Александр Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СЕВЕРА

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Я.А. Бурилов, В.З. Манусов

THE APPLICATION ADVANTAGE OF SELF-SUPPORTING ISOLATED WIRES IN ELECTRIC NETWORKS OF THE NORTH
Novosibirsk state technical university
Ya.A. Burilov, V.Z. Manusov

In article the question of advantage of the self-supporting isolated wires over not isolated, with the facts of history of introduction of these technologies, electrotechnical properties of the self-bearing isolated wires is.

Keywords: electric power, distributive electric networks, wire, tension, isolation, operation

Рассмотрены преимущества самонесущих изолированных проводов над не изолированными, факты внедрения данных технологий, электротехнические свойства самонесущих изолированных проводов.

XXI век с полным основанием можно назвать веком Арктики. В мировой Арктике сконцентрировались экономические и геополитические интересы, как ведущих арктических держав, так и многих неарктических стран. Поэтому главная национальная задача России занять и сохранить лидирующие позиции на арктическом пространстве. Последние события на федеральном уровне и в регионах, освещаемые зарубежными обозревателями и на официальных государственных сайтах нашей страны, свидетельствуют о возрастающем интересе к инновационному развитию российского ТЭК, и о необходимости развития альтернативной энергетики Севера, поиске новых видов возобновляемых источников энергии, с целью повысить энергоэффективность экономики и преодолеть кризис в энергетике. Удачной альтернативой нефти и газу для производства электроэнергии может быть использование силы ветра. Ветряные генераторы обеспечивают производство большей части потребляемой электроэнергии. Только в странах Евросоюза ветроэнергетика снабжает электроэнергией 25 млн. европейцев. Лидером ветроэнергетики является Дания, на которую приходится около 1/4 мирового экспорта ветряных энергоустановок. При всех плюсах современных электростанций, энергетика севера может столкнуться с проблемами, вызванными современными

ми угрозами энергетической безопасности, связанными с передачей энергии, в том числе и с ограниченностью сетей. В районах крайнего севера сети электропередач были построены во второй половине двадцатого века. Задачу поддержания технического состояния сетей на современном уровне невозможно решить без применения на ВЛ новых, более совершенных конструкций и технологий. В мировой практике электросетевого строительства в последние десятилетия широкое распространение получили линии с изолированными проводами.

В распределительных электрических сетях напряжением 6-35 кВ в течение многих лет повсеместно применялись и сегодня применяются неизолированные «голые» провода. Лет 20 назад в Скандинавии была поставлена задача разработать новый тип ВЛ низкого и среднего напряжения, отвечающий повышенным нормам надежности и экологической безопасности. В результате появилась система передачи электроэнергии на основе проводов с защитным покровом. В Норвегии и Швеции этот изолированный провод появился под маркой BLX, в Финляндии он стандартизован как PAS или как торговая марка Pirelli (ранее – Nokia) SAX, позднее – SAX-W. После внедрения новых технологий заметно понизилась аварийность ВЛ. Так в Финляндии, например, среднее время отключения по всей территории не превышает 2 ч 15 минут за весь год (это включая даже отдаленные северные районы Финляндии). Такие линии в процессе эксплуатации становятся практически необслуживаемыми: аварийность снижена, отсутствует необходимость следить за просекой и, как следствие, повышается безопасность распределительных сетей. На российском рынке этот провод появился как финская разработка в конце 80-х. С 1997 г. «Севкабель» и «Иркутсккабель», а позднее и «Москабельмет» начали выпускать такой же по характеристикам провод, позиционируя его как СИП-3. Финский провод, безусловно, отличался в лучшую сторону от провода, предлагаемого российскими заводами: это и более широкий диапазон сечений, и гидрофобный слой между жилой и изоляцией. Да и область применения расширена по классу напряжения до 35 кВ (за счет увеличения толщины защитного покрова). При этом все равно СИП-3 – это приемлемый для распределительных сетей провод [4].

Отечественные и зарубежные производители сегодня предлагаются 4 основных категории СИП (рисунок);

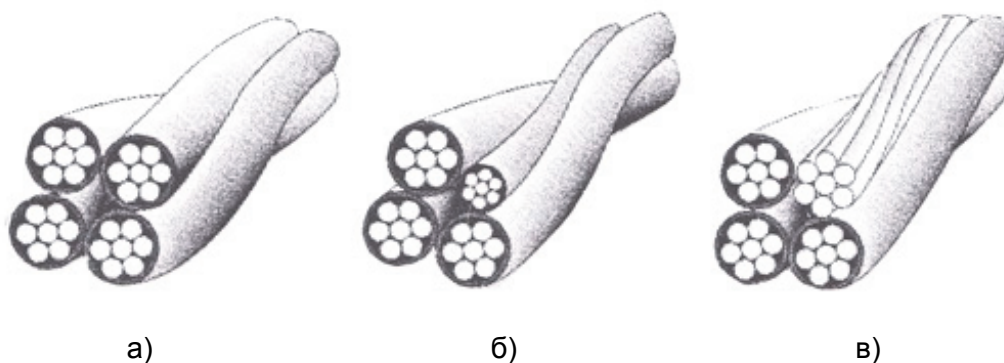


Рисунок – Основные типы СИП до 1 кВ в соответствии с Европейским стандартом HD 626: а)-самонесущая система проводов СИП; б)-СИП с изолированной несущей нейтралью; в)-СИП с голой несущей нейтралью

Первая категория маркируется цифрой 1 или 1а. Применяются такие провода в электроустановках 0,4/1 кВ. Конструктивно, СИП-1 и СИП-1а изготовлены из уплотненных алюминиевых жил, изолированных светостабилизированным термопластичным полиэтиленом, скрученных вокруг несущего уплотненного сталеалюминиевого (или сплав АВЕ) троса. Несущий трос СИП-1 изолированный, СИП-1а – неизолированный. При выборе, предпочтение стоит отдавать несущим жилам из сплава АВЕ. Такой выбор позволит сэкономить на соединительной арматуре, так как для сталеалюминиевых проводов необходимы более сложные муфты и поддерживающие зажимы. К тому же, вес жил будет большим, следовательно и длины пролетов ВЛ между опорами необходимо уменьшать [1].

СИП-2 и СИП-2а выполнены из уплотненных алюминиевых жил, изолированных светостабилизированным сшитым полиэтиленом, скрученных вокруг несущего уплотненного сталеалюминиевого (или АВЕ сплав) троса. Различия между этими марками состоит в изолированном несущем тросе второго. Применяются, также в сетях 0,4/1 кВ. Марки СИП-1 и СИП-2 с «голым» несущим тросом являются отечественными аналогами проводов выполненных по

финской технологии АМКА. Марки СИП-1а и СИП-2а аналоги проводов французской технологии Торсада, с изолированным несущим тросом, который выполняет функцию нулевой жилы. Необходимость в изоляции всех жил возникает при проектировании ВЛ в условиях с агрессивной окружающей средой, например районы приморья, или близ химических заводов. Неизолированные тросы подвержены воздействию реагентов, и срок их службы существенно ограничен коррозией неизолированного провода. Жилы провода марки СИП-3 выполнены из уплотненного сталеалюминиевого (или сплав АВЕ) материала изолированного светостабилизированным сшитым полиэтиленом. Каждый провод изготовлен на отдельную фазу. Применяются в сетях 10-20 кВ. СИП-4 представляет собой четыре скрученные в жгут жилы, одинакового сечения. Его арматура выполнена таким образом, что все четыре провода являются несущими. Зарубежными аналогами СИП-4 являются провода, выполненные по технологии Four Core. СИПс-4 имеет изоляцию из сшитого полиэтилена, СИПн-4 изоляция из негорючего полиэтилена высокого давления (ПЭВД) [2].

Изоляция. Без преувеличения можно сказать, что она является основной отличительной особенностью этих проводов. Популярность полиэтилен получил за свои физические и химические свойства при невысокой стоимости производства. Полиэтилен нетоксичен, водонепроницаем, легко обрабатывается, механически прочный, имеет довольно высокое пробивное напряжение. Простой термопластичный полиэтилен начинает «плыть» при температуре +70 °С. Для повышения допустимой температуры жилы, производят «сшивку» полиэтилена. Это процесс создания межмолекулярных связей материала, упрочняющий его структуру. «Сшивку» полиэтилена производят тремя способами: пероксидным, силановым и радиационным. Наиболее широко распространены первые два. Пероксидная «сшивка» заключается в нагревании ПЭ до 300-400 °С в среде нейтрального газа под давлением 20 атм. Такую сшивку применяют для кабелей высокого напряжения. Силановая «сшивка» заключается в добавлении силанов в структуру полиэтилена. Этот способ применяют для изоляции кабелей среднего и низкого напряжения. Иногда можно встретить название силанольносшитый полиэтилен. Сшитый полиэтилен выдерживает длительно температуру жилы 90 °С, 130 °С продолжительностью до 8 ч и 250 °С при коротких замыканиях. Кроме повышения термической стойкости силаносшитая изоляция обладает памятью. Иными словами, способна восстанавливать свою исходную форму после деформации. Светостабилизация полиэтилена-это добавление в материал специальных веществ называемых светостабилизаторами. Их применение существенно снижает вредное воздействие ультрафиолета на полимеры [3].

Основными преимуществами воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ являются значительное повышение надёжности распределительных электрических сетей и, как следствие этого, снижение эксплуатационных затрат. Все преимущества воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ можно объединить в три группы.

Первая группа – преимущества, которые сказываются при проектировании и монтаже воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ: простота конструктивного исполнения опор (отсутствие траверс и изоляторов); простота исполнения нескольких ответвлений от одной опоры; простота исполнения многоцепных линий электропередачи, возможность исполнения черырёх и более цепных линий; возможность совместной подвески нескольких цепей ВЛИ с ВЛ 6-35 кВ и линиями связи; уменьшение безопасных расстояний от зданий и инженерных сооружений; возможность применения для опор ВЛИ стоек меньшей длины; увеличение длины пролётов (это преимущество не распространяется на систему СИП с изолированным нулевым несущим проводом); возможность прокладки СИП по стенам зданий и сооружений; эстетичность конструктивного исполнения воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ в условиях жилой застройки при отказе от опор на тротуарах и монтаже линии по фасадам зданий; эстетичность исполнения воздушных линий уличного освещения; отсутствие необходимости в вырубке просеки перед монтажом; простота монтажных работ и, соответственно, уменьшение сроков строительства.

Вторая группа – преимущества эксплуатации и безопасность: высокая надёжность в обеспечении электрической энергией в связи с низкой удельной повреждаемостью; отсутствие многочисленных замен повреждённых изоляторов, дефектного провода, выправки или замены дефектных траверс; сокращение объёмов и времени аварийно-восстановительных работ; резкое снижение (более 80%) эксплуатационных затрат по сравнению с традиционными воздушными линиями электропередачи. Это обуславливается высокой надёжностью и бесперебойностью электроснабжения потребителей, а также отсутствием необходимости в

расчистке просек в процессе эксплуатации линии; практическое исключение коротких междоузельных замыканий и замыканий на землю; практическое отсутствие гололёда и налипания мокрого снега. Полиэтилен изоляционной оболочки проводников является неполярным диэлектриком и не образует ни электрических, ни химических связей с контактирующим с ним веществом; высокая механическая прочность проводов и, соответственно, меньшая вероятность их обрыва; пожаробезопасность, обусловленная исключением коротких замыканий при схлестывании проводов или перекрытии их посторонними предметами; адаптация к изменению режима и развитию сети; уменьшение безопасных расстояний до зданий и инженерных сооружений; возможность выполнения работ на воздушных линиях с изолированными проводами ВЛИ под напряжением без отключения потребителей (подключение абонентов, присоединение новых ответвлений); значительное уменьшение случаев электротравматизма при эксплуатации линии; обеспечение безопасности работ вблизи воздушных линий с изолированными проводами ВЛИ.

Третья группа – преимущества, влияющие на качество электрической энергии, снижение технических и коммерческих потерь в воздушных распределительных сетях напряжением до 1 кВ: снижение потерь напряжения как основного показателя качества электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления СИП по сравнению с традиционными воздушными линиями; снижение технических потерь электрической энергии вследствие малого реактивного сопротивления СИП; снижение коммерческих потерь электрической энергии. Существенно ограничен несанкционированный отбор электроэнергии, так как изолированные, скрученные между собой жилы исключают самовольное подключение к воздушным линиям с изолированными проводами ВЛИ, путём набросов на провода; значительное снижение случаев вандализма и воровства. Температура плавления изоляции жил близка к температуре плавления алюминия. СИП не пригодны для вторичной переработки с целью получения цветного металла.

За рубежом линии с применением СИП называют необслуживаемыми. Все вышеперечисленные свойства воздушных линий с применением самонесущих изолированных проводов указывают на бесспорное преимущество их использования на бескрайних территориях России и российского севера [4].

Не раскрытые режимные преимущества воздушных линий с применением СИП будут рассмотрены в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шаманов, Д. Самонесущие изолированные провода 0,4-10 кВ. Плюсы и минусы различных систем / Д. Шаманов // Новости электротехники. -2002. -№2.
- 2 Поршерей, Ж. Эволюция технологии соединителей, прокалывающих изоляцию / Ж. Поршерей, И. Маркелов // Новости электротехники. -2002. -№2.
- 3 Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38-20 кВ с самонесущими изолированными проводами и защищенными проводами. В 4 кн. Кн.4. / А.В. Логинов [и др.]. -СПб., 2007.
- 4 Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://elektrolibrary.info/books/>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *электроэнергия, распределительные электрические сети, провод, напряжение, изоляция, эксплуатация*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Бурилов Ярослав Александрович, соискатель ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в №4 журнала за 2014 год. Материалы (заявку, статью, рецензию) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: konov@nsawt.ru. Оригиналы по почте на адрес Академии с пометкой для Коновалова В.В. Прием материалов в очередной номер журнала заканчивается 01 декабря 2014 г.

Заявка на публикацию научной статьи в №4 журнала за 2014 год

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (не более 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность)		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		X

*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, рецензию от компетентного по тематике статьи лица гарантируем.

Дата

Подпись(и)

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи.
- 3 Заверенная рецензия (оригинал) и ее электронная копия (от компетентного по тематике статьи лица, с полным указанием ФИО, ученой степени, ученого звания, должности и почтового адреса организации).
- 4 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 5 Ширина таблиц не более 15 см.
- 6 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (MathType и др.), шрифт Arial.
- 7 Ссылки на литературу выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник, должны быть ссылки в тексте статьи.

Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича, тел./факс (383)222-49-83, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33 (каб. 411). ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» а также на интернет-странице по адресу: <http://www.nsawt.ru> в разделе «Издательство». Для аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

А.В. Зачёсов ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ	3
И.Г. Чиркова, С.В. Майер, А.В. Масловец ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	5
А.В. Мукасеев ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА	9
А.В. Мукасеев ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ.....	11
О.А. Володина ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ.....	13
В.С. Наговицын, А.П. Буйносов АЛГОРИТМ ПОИСКА КРИТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	17
Н.П. Запашникова ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ.....	21
М.М. Рассказова, А.А. Прудников СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПУТЕВОГО РЕМОТНОГО КОМПЛЕКСА	23
В.П. Нехорошков РОССИЯ-КИТАЙ: СОТРУДНИЧЕСТВО ИЛИ КОНКУРЕНЦИЯ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРАХ	26
А.В. Дмитренко, С.В. Карасев, В.Э. Кончаков ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПУНКТОВ ОТСТОЯ ПОРОЖНИХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	31
М.О. Северова, М.А. Ромашева АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	34
А.В. Давыдов, Е.А. Сиденкова ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТ В ОРГАНИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ УМСТВЕННОГО ТРУДА.....	37
И.А. Чухломина ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИРЕКЦИЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	41
К.Н. Алданиязов ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	45
С.А. Давыдов МЕХАНИЗМ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ В ИЕРАРХИИ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	47
С.Б. Тастулеков СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА	53
И.А. Колпаков МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ БИЗНЕС- ПРОЦЕССАМИ В ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ	56
П.Н. Рубежанский МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКОМОТИВО-РЕМОНТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЛДИНГА «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»	60
ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО	
С.А. Казакова, Т.Т. Каверзнева, А.Г. Овсянников ЗАЩИТА ЗОНЫ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ	65
Н.Н. Горбунов, Д.В. Величко АДАПТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	71
В.В. Выгонный ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	75
В.А. Седых, М.А. Бучельников О ФОРМИРОВАНИИ БИОЦЕНОЗА В РАЙОНЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ У НОВОСИБИРСКОГО СЕВЕРНОГО ОБЪЕЗДНОГО МОСТА.....	77
В.Я. Ткаченко, В.В. Выгонный ОПЫТ И ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНЫХ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКТОВ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	79
С.А. Коларж, А.А. Игумнов ПРЕДЛОЖЕНИЯ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОДИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ПУТЕВОЙ ТЕХНИКИ	83
В.М. Ботвинков, Н.В. Голышев, В.А. Седых, С.В. Моторин, А.В. Ботвинков ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РУСЛА НА ПРИМЕРЕ ОБСКОГО БАССЕЙНА	86

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОВОЖДЕНИЕ

Т.Е. Маликова, М.А. Москаленко ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ	94
Ю.А. Комаровский ФОРМУЛЫ ДЛЯ ТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ РАССТОЯНИЙ НА НОВОМ ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИПСОИДЕ ГСК-2011	98
В.А. Седов, Н.А. Седова МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В ЗОНЕ ЧРЕЗМЕРНОГО СБЛИЖЕНИЯ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ	102
В.А. Кац, Ю.А. Комаровский ФОРМА ФИГУРЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТ СУДНА ВБЛИЗИ МОРСКОЙ DGPS-СТАНЦИИ	105
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
О.И. Шелудяков МИРОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ТРАНСПОРТ	110
С.В. Викулов ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	111
Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ	115
Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА	119
А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, Л.Д. Макагон, В.В. Крашенинников СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ – РЕЗЕРВ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ	123
П.А. Бимбереков ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ЗАПАСА ТОЛЩИН И РЕКОМЕНДУЕМЫХ СКОРОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ ПО НОРМАТИВНЫМ ДАННЫМ РОССИЙСКОГО РЕЧНОГО РЕГИСТРА	127
Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ	131
Б.О. Лебедев, В.Б. Ломухин, И.В. Лаптева, В.В. Коновалов МЕТОДОЛОГИЯ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ	134
В.Б. Ломухин, А.О. Токарев, В.В. Сургин, И.В. Лаптева ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИКАТОРА МОТОРНОГО МАСЛА НА ОСНОВЕ СЕРПЕНТИНА И МЯГКИХ МЕТАЛЛОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ	136
С.П. Глушков, В.В. Коновалов ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА	139
С.С. Глушков ПЛАТФОРМА ДЛЯ УСТАНОВКИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАВЕСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВАЛОВ	147
И.А. Круглов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	148
В.В. Крашенинников, А.Г. Маликов, А.М. Оришич, А.О. Токарев, Э.Г. Шихалев ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ	152
В.И. Кочергин, И.К. Далюк, А.В. Порсин, А.В. Куликов, В.Н. Рогожников ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	156
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
В.Г. Сальников, Ю.Н. Смыков, Д.А. Барков, С.М. Васильев СОХРАНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПИТАНИИ СУДНА С БЕРЕГА	160
Е.В. Иванова, Н.А. Рыковский, Н.А. Ковалёва СИММЕТРИРУЮЩИЙ АСПЕКТ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В СЕТЯХ 6-10 кВ УДАЛЁННЫХ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ	163
В.М. Левин, Н.Н. Керимкулов ON-LINE МОНИТОРИНГ И СМЕНА ПАРАДИГМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	167
Г.А. Елгина, С.М. Слободян ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНДУКЦИОННОЙ КАТАПУЛЬТЫ ЗАМКНЫМ ВИТКОВ КАТУШКИ	170
Д.А. Мышляников, А.Г. Фишов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОРАДИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТИЗНЫ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ НАГРУЗОК	176
Я.А. Бурилов, В.З. Манусов ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СЕВЕРА	180

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 24.09.2014 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 21,4; тираж 1050 экз. Заказ №
Цена договорная.

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
(ФБОУ ВПО «НГАВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФБОУ ВПО «НГАВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390