

СТАБИЛЬНОСТЬ ПАССАЖИРОПОТОКА КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Н.Б. Попова

STABILITY OF PASSENGER TRAFFIC FLOW AS A CONDITION OF THE DEVELOPMENT OF SUBURBAN PASSENGER TRANSPORTATION

Siberian state transport university
N.B. Popova

Considered the dependence of passenger traffic flow on demographic, social, economic, and transportation characteristics of the region. Noted the determining role of the passenger traffic flow on parameters of the regional order for transportation and profitability of suburban passenger transportation.

Keywords: passenger traffic flow, railway transport, road transport, market for suburban passenger transportation, account of demographic, social, economic, transport factors determining passenger traffic flow

Рассмотрена обусловленность пассажиропотока проявлениями демографических, социальных, экономических и транспортных особенностей региона. Отмечена факторная роль пассажиропотока в определении параметров регионального заказа на перевозку и рентабельности пригородных пассажирских перевозок.

Организация пассажирских перевозок в пригородном сообщении стала важной темой, обсуждаемой в рамках работы Международного форума «Транспорт Сибири» в мае 2015 года в г. Новосибирске. В ходе выступлений с докладами и в дискуссиях во время круглых столов участники форума подчёркивали, что перемещение населения и региональная логистика в границах агломерационных образований служат основой развития производительных сил субъектов федераций, что, в свою очередь, есть условие формирования стабильного пассажиропотока [1].

Пассажиропоток, как составная часть рынка перевозок, является концентрированным выражением современного и перспективного перемещения населения. Как явление потребительского транспортного рынка, пассажиропоток имеет особенности, формирующиеся под действием вполне определённых демографических, социальных, экономических и транспортных факторов, учёт и анализ которых не только позволяет оценить существующую ситуацию на рынке пригородных пассажирских перевозок, но и получить представление о потенциальных возможностях пассажиропотоков будущих периодов.

Для реализации пассажирских перевозок в пригородном сообщении организаторам производства транспортных услуг – компаниям-перевозчикам и службам заказчика из органов администрации субъекта федерации – важно знать большое количество показателей, определяющих потребности населения в перемещении и их пространственно-временные изменения. Одним из таких показателей является размер регионального пассажиропотока.

Передвижение людей – это особенное социальное явление, причины которого обусловлены жизнедеятельностью населения определённого административного образования, специализацией хозяйства, укладом общественной жизни, запросами людей, проживающих в поселении, развитием и доступностью технических и транспортных средств, средств информатизации и т.п. Реальный пассажиропоток принято определять количеством пассажиров, перевезённых в прямом или обратном направлении, но при планировании пассажирских перевозок будущих периодов необходимо рассмотреть параметры и показатели, характеризующие демографические, социальные, экономические и транспортные факторы, взаимообусловленное действие которых позволяет пассажиропотоку (как явлению) формироваться, существовать и развиваться.

По мнению специалистов [2-4], в группе демографических факторов, влияющих на пассажиропоток и определяющих величину этого показателя, ведущими являются параметры численности и плотности населения; его естественного и механического движения; структуры населения, дифференцирующей жителей по возрастным категориям с позиций трудоспособности.

Наиболее существенными в группе социальных факторов являются параметры, указывающие численность занятого населения, обучающихся с отрывом от производства, безра-

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

ботного населения. Отметим, что среднедушевые денежные доходы именно этой части населения во многом определяют востребованность региональной пассажирской перевозки.

В группе экономических факторов значение имеют среднедушевые показатели валового регионального продукта, объема платных и транспортных услуг населению, а также инвестиционные показатели в расчёте на единицу валового регионального продукта.

В группе транспортных факторов ведущими являются показатели, характеризующие обеспеченности исследуемой территории транспортной сетью и работу транспорта по осуществлению пригородных пассажирских перевозок – отправление пассажиров и пассажирооборот. Численные значения названных показателей отражают не только результативность удовлетворения спроса на перевозку в пригородном сообщении, но и позволяют учесть перспективные условия развития пригородного пассажирского транспорта и параметры регионального заказа на транспортное обслуживание.

Матрица факторов, влияющих и определяющих современный и перспективный пассажиропоток в Новосибирской области, в обобщённом виде представлена в таблице.

Таблица – Совокупность показателей, определяющих размер пригородного пассажиропотока Новосибирской области (площадь региона составляет 52 тыс. км² и принята в рамках географических границ по показателю 2ч транспортной доступности, что соответствует маршрутам движения пригородных электропоездов)

Показатели	2008 г.	2013 г.	2018 г.*
Численность населения, тыс. чел	2190	2238,5	2290
Плотность населения, чел/км ²	42,1	43,2	44,3
Движение населения, чел.	1003	986	1020,1
Население в трудоспособном возрасте, тыс. чел	1377,3	1360,6	1344,3
Население моложе трудоспособного возраста, тыс. чел	346,2	359,5	373,2
Население старше трудоспособного возраста, тыс. чел	466,5	518,3	575,3
Население, занятое в экономике, тыс. чел.	1286,6	1352,4	1420,0
Обучающиеся с отрывом от работы, тыс. чел	212,7	171,6	153,3
Безработное население, тыс. чел	110,0	84,0	68,6
Незанятое трудовой деятельностью зарегистрированное население, тыс. чел.	18,3	21,4	25,0
Денежные доходы населения, тыс. руб./чел.	16,2	22,6	31,6
Заработная плата, тыс. руб./месяц	18,2	25,5	35,7
Размер пенсии, тыс. руб./месяц	7,5	9,0	12,6
Прожиточный минимум, руб./человека	5374	7760	11252
Стоимость фиксированного набора товаров, услуг, руб./мес.	6939	10733	15563
Валовой региональный продукт, млн. руб./человека	181,7	244,4	293,3
Объём платных услуг населению, тыс. руб. /человека	28,7	44,6	71,4
Объём транспортных услуг, тыс. руб./человека	4,0	6,23	9,6
Инвестиции в основной капитал, млн. руб./ед. ВРП	0,24	0,26	0,3
Иностранные инвестиции, млн. долл./ед. ВРП.	0,04	0,04	0,04
Плотность железных дорог, км/км ²	8,5	8,5	8,55
Плотность автодорог с твердым покрытием, км/км ²	65,0	99,0	128,5
Плотность водных путей, км/км ²	3,64	3,64	3,64
Отправление пассажиров в пригородном ж/д сообщении, млн. чел.	34,7	20,8	22,8
Количество отправок в пригородном ж/д сообщении на 1 жителя в год, человек/год	13,15	7,74	–
Отправление пассажиров автотранспортом в пригородном сообщении, млн. чел.	27,6	39,8	52,3
Количество отправок автотранспортом в пригородном сообщении на 1 жителя в год, человек/год	9,92	14,8	–
Отправление пассажиров водным транспортом, в пригородном сообщении, тыс. чел.	250	–	122
Пассажирооборот ж/д транспорта в пригородном сообщении, млн. пасс.·км	–	843,4	–
Пассажирооборот автотранспорта в пригородном сообщении, млн. пасс.·км	–	893,3	–
Пассажирооборот водного транспорта в пригородном сообщении, млн. пасс.·км	4,3	–	–

*-величина прогнозных показателей рассчитана с учётом среднегодовых параметров изменений соответствующих значений

Демографические, социальные, экономические и транспортные факторы, действуя совместно в формировании пригородного пассажиропотока, придают этому явлению особенные черты и определяют его существование, поскольку на областном потребительском рынке пригородная пассажирская перевозка сохраняет свою востребованность.

Основными участниками рынка пригородных пассажирских перевозок являются железнодорожный и автомобильный виды транспорта. Количество пассажиров, воспользовавшихся услугами железнодорожного транспорта за период 2008-2013 гг., сократилось на 40%, автомобильного, напротив, возросло на 44%. Прогнозные расчёты показывают рост обоих показателей – количество пассажиров, отправленных в пригородном железнодорожном сообщении, увеличится на 9,6%; перевезённых автомобильным транспортом – на 19,8%. Следовательно, совокупный пассажиропоток в пригородном сообщении возрастет на 24,1%. За период 2008-2013 гг. рост числа отправленных пассажиров составил 29,5%.

Отметим, что сравнительную стабильность пригородному пассажиропотоку придаёт влияние таких демографических показателей как увеличение численности занятого населения, проживающего в регионе. Во многом это будут работники, совершающие ежедневные трудовые поездки в связи с изменяющейся структурой экономики региона вследствие ожидаемого агломерационного эффекта. Кроме того, рост денежных доходов всех групп населения на 25-40% обусловит расширение общественных потребностей, в том числе и рост значения перемещений в структуре социальных предпочтений потенциальных пассажиров. Следовательно, пригородному пассажирскому транспорту, чтобы не просто сохранить, но и прирастить свою долю на рынке перевозок, необходимо совершенствовать работу с потребителями транспортных услуг.

Таким образом, пригородный пассажиропоток является не только основным условием развития пригородных пассажирских перевозок, но и фактором, регулирующим функционирование пригородного пассажирского комплекса в целом. Так, наличие достоверной информации о факторах формирования пассажиропотока и условиях, содействующих либо препятствующих реализации пригородных пассажирских перевозок, позволит проанализировать и оценить ситуацию на потребительском рынке транспортных услуг, выявить резервы повышения эффективности работы предприятий пригородного комплекса [5].

Иными словами, в информативности проявляется управленческое значение пассажиропотока. Располагая сведениями о величине потенциального пассажиропотока, административные власти субъекта имеют возможность заранее определить как параметры регионального заказа на перевозку, так и потребность в материальных ресурсах на его реализацию.

Эти обстоятельства, в свою очередь, реально могут способствовать привлечению в эту сферу (пригородный пассажирский комплекс) долгосрочных инвестиций, что позволит обеспечить доступность пригородных перевозок для населения страны при должных параметрах качества и внедрении новых сервисов в обслуживании пассажиров, увеличить долю сегмента пригородного комплекса на региональном потребительском рынке [6].

Размер пассажиропотока также является фактором, определяющим рентабельность пригородных пассажирских перевозок [7, 8]. В плотнозаселённых урбанизированных зонах, к числу которых относятся пригородные территории не только Новосибирска, но и Омска, Барнаула, Томска, Кемерово, Новокузнецка и других городов юга Сибири, изучение пассажиропотока следует признать важным направлением исследования для формирования схемы построения экономически обоснованного тарифа на пригородные пассажирские перевозки, а также для оценки перспектив развития регионального бизнес-рынка – труда, капитала, технологий, науки и инноваций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Организация пассажирских перевозок в пригородном сообщении // Материалы Международного форума «Транспорт Сибири», 27-30 мая 2015 г., г. Новосибирск.
- 2 Кирищичева, И.Р. Пригородные железнодорожные перевозки в условиях реформирования отрасли: конкурентоспособность, планирование, логистика /И.Р. Кирищичева, М.М. Скорев. – Ростов н/Д: РГУПС, 2006. – 49 с.
- 3 Синёв, А.Н. Пригородные железнодорожные перевозки /А.Н. Синёв //Экономика ж. д. – 2013. – № 6. – С.16–25.
- 4 Шнейдер, М.А. Клиентоориентированность в сегменте пригородных пассажирских перевозок /М.А. Шнейдер // Ж.-д. трансп. – 2012. – №9. – С. 35–39.
- 5 Степанова, Е.С. Анализ и оценка перевозки пассажиров в пригородном сообщении в Новосибирской области /Е.С. Степанова //Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2013. – № 2. – С. 34–37.
- 6 Экономика товарообменных процессов и транспортная доступность регионов /Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, Э.С. Куратова, Н.В. Королькова. – Москва: МИИТ, 2014. – 192 с.
- 7 Толкачёва, М.М. Предложения по совершенствованию тарифов для программы повышения эффективности пригородных пассажирских перевозок /М.М. Толкачёва, О.Ф. Мирошниченко // Вестн. ВНИИЖТа. – 2007. – №6. – С. 3–7.
- 8 Степанова, Е.С. Функциональные аспекты обеспечения безубыточности пригородных перевозок /Е.С. Степанова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *пассажиропоток, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, рынок пригородных пассажирских перевозок, учёт демографических, социальных, экономических, транспортных факторов, определяющих пассажиропоток*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Попова Наталья Борисовна, докт. геогр. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВОКУПНОСТИ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАССАЖИРОПОТОК ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ МЕТОДАМИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ

ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

В.Л. Перепельцев

PRINCIPLES OF FORMATION OF SET OF INFLUENCING FACTORS ON THE PASSENGER HIGH-SPEED RAIL LINES IN THE PREDICTION OF MULTIPLE REGRESSION METHODS

*Scientific research institute of railway transport
V.L. Perepeltsev*

The article describes the high-speed passenger railway (HSR). On the basis of international and domestic experience drawn «general population» influencing factors on the passenger line. The fundamentals of accounting and preparation of the final sample of factors to predict the traffic flow to the HSR.

Keywords: high-speed train railway, forecasting, multiple regression, passenger traffic, factors

Рассмотрена высокоскоростная пассажирская железнодорожная магистраль (ВСМ). На основе мирового и отечественного опыта составлена «генеральная совокупность» влияющих факторов на пассажиропоток магистрали. Разработаны основы по учету и составлению итоговой выборки факторов для прогнозирования пассажиропотока на ВСМ.

На сегодняшний день одной из важнейших задач стоящих перед открытым акционерным обществом «Российские железные дороги» (далее ОАО «РЖД») и перед всем транспортным рынком пассажирских перевозок, вопрос организации высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации [1]. Развитие высокоскоростных железнодорожных пассажирских перевозок в России планируется формировать на основе мирового опыта стран, пример которых многие годы подтверждается эффективностью использования высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ), таких как Япония, Франция, Германия, Испания, Китай и др.

Доля железнодорожных пассажирских перевозок в общем объеме этих стран составляет свыше 40% [2]. Тем самым можно предположить о приемлемости применения мирового опыта ВСМ к Российскому рынку перевозок. Так как исторически железнодорожные перевозки в нашей стране по сравнению с другими видами транспорта являются наиболее доступными, неподверженными влиянию нашего климатического разнообразия, огромных территорий и играют общественно-значимую функцию в развитии государства.

Железнодорожная транспортная инфраструктура на сегодняшний момент нуждается в качественных и системных решениях по увеличению инвестиций в её прогрессивное развитие. По оценкам независимых экспертов из-за не должной развитости инфраструктуры железнодорожного транспорта экономика страны ежегодно не пополняется на долю около 3% ВВП [3].

Инновационным методом для решения социально-экономических задач развития является создание в России выделенной инфраструктуры высокоскоростных железнодорожных линий, которые в свою очередь позволят повысить не только мобильность населения, но и стать «инструментом» способным высвободить резервы пропускной и провозной способности существующих линии для грузового движения.

Высокоскоростной железнодорожный транспорт должен стать катализатором социально-экономического развития регионов, кадрового потенциала, промышленности и науки [4].

Огромное влияние на развитие пассажирского транспорта в целом оказывает качественная организация поездок пассажиров в условиях обеспечения полного комфорта на всем пути следования. Для этого необходимо своевременно и правильно развивать устройства

обслуживания в транспортно-пересадочных комплексах и качественную систему оценки и прогнозирования пассажиропотока. Последнее должно стать важной основой для определения потребного парка высокоскоростных поездов, строительства и запаса мощностей путевого развития пассажирских и технических станций, схем их оптимального размещения, строительства и развития транспортно-пересадочных комплексов, а также принципов организации движения поездов и рационального расположения центров управления перевозками ВСМ.

Прогнозирование пассажиропотока на ВСМ представляет собой вероятностное суждение о будущем состоянии изучаемого объекта. Прогнозы должны быть предопределяющим «фундаментом» планирования, содержать четкую оценку хода и впоследствии иметь решения (или не решения) поставленных задач в планах. Прогнозирование пассажиропотока в целом не должно сводиться к попыткам детального предугадывания будущего распределения, а формировать на основе диалектической детерминации явления будущего, к которым применим вероятностный подход с учетом всех возможных вариантов. Это гарантирует эффективное применение для выбора вероятного (желательного), наиболее оптимального обоснования прогнозного варианта распределения пассажиропотока ВСМ [5].

Одной из важнейших задач при прогнозировании является отбор факторов существенно влияющих на пассажиропоток ВСМ. На этапе постановки задачи, отбор факторов формируется логически в зависимости от исследуемого объекта. То есть принимаются факторы, с большой степенью вероятности, влияния на прогнозные значения. Для примера, спрос пассажиров на поездку тем или иным видом транспорта будет определяться первостепенно стоимостью билета и доходами пассажиров. Детальное изучение факторных связей на основе мирового и отечественного опыта организации перевозок на ВСМ [2, 4, 6], а также влияния отдельных факторов на пассажиропоток, с учетом логического подхода, позволило составить «генеральную» факторную номенклатуру (рисунок). Факторы, представленные на рисунке, подобраны таким образом, что изучение влияния каждого из них позволит при моделировании величины пассажиропотока ВСМ провести глубокий факторный анализ, составить прогнозные уравнения и более качественно планировать работу высокоскоростной железнодорожной магистрали.

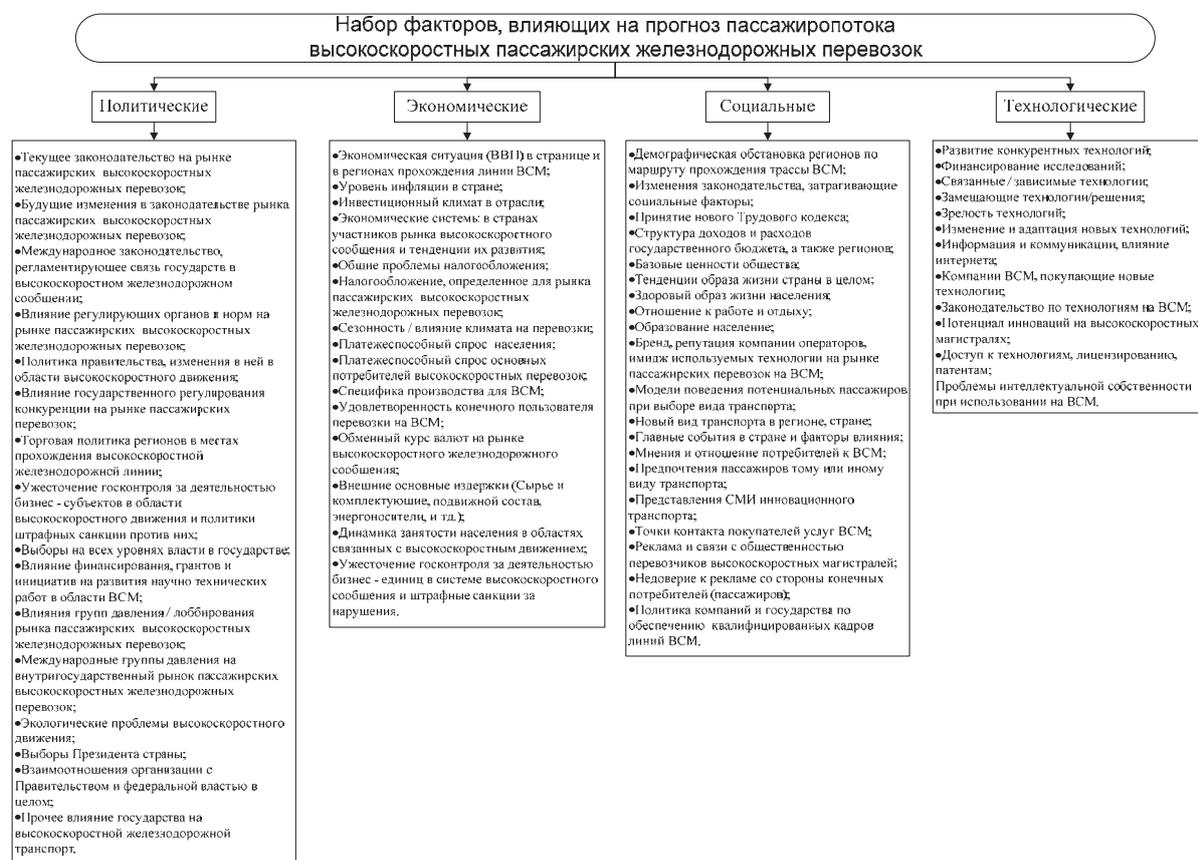


Рисунок – «Генеральная совокупность» факторов способных оказывать влияние на пассажиропоток ВСМ

Номенклатура факторов представлена в виде иерархического списка разделенного на четыре кластера по признаку влияния политический, экономический, социальный и технологический. По природе пассажиропоток является сложноорганизованной системой и принципы его изменения, возможно, описать только многофакторной моделью, так как изменение величины одного из факторов способно повлиять на величину пассажиропотока.

Процедура отбора факторов при построении многофакторных моделей прогнозирования является итерационной процедурой, которая должна подразделяться на два этапа.

На первом этапе факторы отбираются логически, основанием является природа прогнозируемого объекта или системы и связь ее с показателями (факторами).

На втором этапе происходит группировка, отобранных логически, факторов и проводится моделирование на статическую значимость каждого из показателей. Окончательное решение по отбору из логической выборки факторов должно основываться на проведении количественной оценки степени воздействия фактора на исследуемый пассажиропоток ВСМ.

Для включения факторов в модель необходимо предъявлять некоторые требования к ним:

- факторы не должны иметь между собой точной функциональной связи, а также должна отсутствовать высокая взаимная корреляция, так как высокая межфакторная коррелированность не позволяет выделить обособленное влияние факторов на пассажиропоток и способна привести к ненадежной и неустойчивой оценки коэффициентов регрессии;

- факторы, включаемые в модель должны способствовать к увеличению процента объясненной части в целом по всей вариации зависимой переменной (пассажиропотока). Так как включаемые в модель факторы оказывают существенное влияние на коэффициент детерминации.

Для проведения проверки «веса» фактора включаемого в модель необходимо оценить значимость самого коэффициента в регрессионном уравнении или частного коэффициента корреляции.

Регрессионное уравнение имеет вид

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + \varepsilon, \quad (1)$$

где y – зависимая переменная (прогнозное значение пассажиропотока);

$x_1 \dots x_n$ – независимые переменные (факторы);

ε – ошибка модели (случайная величина).

Частный коэффициент корреляции имеет вид

$$r_{y, x_j}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k), \quad (2)$$

где x_i, x_j – переменные;

$x_1 \dots x_k$ – исключаемые переменные при расчете частной корреляции.

При детальном изучении рисунка можно проследить следующее, на величину пассажиропотока ВСМ могут оказывать существенное воздействие качественные факторы (не отображающие количественного признака). Например: «Текущее законодательство на рынке пассажирских высокоскоростных железнодорожных перевозок»; «Выборы на всех уровнях власти в государстве»; «Влияние финансирования, грантов и инициатив на развитие научно-технических работ в области ВСМ»; «Зрелость технологий»; «Информация и коммуникации, влияние интернета» и др.

Для решения данной задачи необходимо каждому качественному фактору присвоить «номинальную» переменную величину, которая в свою очередь, имеет конечное с формальной точки зрения численное значение градации качественного фактора [7]. Например, можно рассмотреть такой фактор как «Информация и коммуникации, влияние интернета» и воздействие его на развитие исследуемого проекта ВСМ. Для этого необходимо в многофакторное регрессионное уравнение включить переменную, которая может принимать следующие численные значения при базовом уровне $x_i = 1$, при среднем $x_i = 2$, при прогрессивном $x_i = 3$. Причем предварительно необходимо провести деление фактора на уровни по степени значимости (по весу), то есть в зависимости от сочетания подсистем формировать численное значение. Также важно отметить, что для включения показателей в прогнозную модель пассажиропотока ВСМ, у которых нет исходных данных или сам показатель точно не определен, необходимо применять некоторый «заменитель». Для примера можно рассмотреть фактор «Влияние финансирования, грантов и инициатив на развитие научно-

технических работ в области ВСМ», а качество его оценить можно количеством грантов и величиной финансирования на каждый грант. Основа данного подхода формируется на факте смещения оценок параметров уравнения при условии не учтенных факторов способных существенно влиять на величину пассажиропотока [8]. Далее над номенклатурой отобранных факторов для включения в прогнозную модель должна проводиться проверка статистическими методами на их значимость. Конечное решение о включении фактора в регрессионное уравнение необходимо формировать из условия степени влияния его, на пассажиропоток высокоскоростной магистрали выраженной количественной оценкой.

При формировании итоговой выборки факторов для включения их в регрессионное уравнение необходимо стремиться к минимизации числа факторов, так как желание прогнозиста включить в модель неоправданное их количество способно привести к сложности в интерпретации модели и снижению достоверности прогнозов на высокоскоростных пассажирских железнодорожных линиях.

Разработанная «Генеральная совокупность» факторов способных оказывать влияние на пассажиропоток ВСМ разделенная на четыре кластера (политический, экономический, социальный и технологический) и подходы учета качественных факторов, не имеющих численных выражений, должны стать основой для проведения глубокого изучения факторных связей при прогнозировании пассажиропотока и системных маркетинговых исследований рынка перевозок, коридора прохождения нового инфраструктурного объекта ВСМ на этапе проекта и опытной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: в ред. распоряжения Правительства Рос. Федерации от 11 июня 2014 г. №1032-р. – Москва, 2014. – 495 с.
- 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uic.org>. – 01.04.15 г.
- 3 Волобуев, А. Поезда будут летать по России [Электронный ресурс] /А. Волобуев. – Режим доступа: <http://top.rbc.ru/economics/25/04/2013/855575.shtml>. – 06.04.15 г.
- 4 Якунин, В.И. В будущее России – с высокой скоростью: монография /В.И. Якунин. – Москва: Науч. эксперт, 2012. – 216 с.
- 5 Рабочая книга по прогнозированию /редкол.: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – Москва: Мысль, 1982. – 430 с.
- 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hsrail.ru/>. – 01.04.15 г.
- 7 Магнус, Я.Р. Экономика. Начальный курс: учебник / Я.Р. Магнус, П.К. Катыхов, А.А. Пересецкий. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Дело, 2000. – 400 с.
- 8 Кремер, Н.Ш. Эконометрика: учеб. для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко; под ред. Н.Ш. Кремера. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *высокоскоростная железнодорожная магистраль, прогнозирование, множественная регрессия, пассажиропотоки, факторы*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Перепельцев Вячеслав Леонардович, аспирант ОАО «ВНИИЖТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *129626, г.Москва, ул.3-я Мытищинская, 10, ОАО «ВНИИЖТ»*

РЕКОНСТРУКЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

И.А. Чухломина

RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF THE PLEDGE OF EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Siberian state transport university
I.A. Chuhlomina

Reviewed the reconstruction and modernization of rail transport as a guarantee of efficiency and competitiveness of transport infrastructure.

Keywords: infrastructure, reconstruction, modernization, innovative approach, cost, quality

Рассмотрена реконструкция и модернизация железнодорожного транспорта как залог эффективности и конкурентоспособности транспортной инфраструктуры.

Стратегической задачей государственного регулирования деятельности железнодорожного транспорта является стимулирование более полного использования мощностей инфраструктуры путем наращивания объема перевозок, повышения качества эксплуатации подвижного состава, использования прогрессивных технологий в перевозочном процессе,

что положительно повлияет на себестоимость перевозок и, как следствие, и ведет к снижению транспортной составляющей в структуре транспортного тарифа. Для стимулирования более полной загрузки мощностей инфраструктуры целесообразным, на наш взгляд, является применение методов ценовой дискриминации в виде дифференцированной системы оплаты услуг инфраструктуры [4, 8].

Применительно к инфраструктуре железнодорожного транспорта как регионально-монопольной структуре, которая является объектом государственного регулирования. А значит, государство как собственник, в большей степени заинтересовано в повышении эффективности использования ее структурных объектов.

Использование системы скидок с инфраструктурной составляющей тарифа призвано способствовать повышению спроса, привлечению пассажиров с других видов транспорта, повышению эффективности использования транспортных средств и подвижного состава. Применение дифференцированной тарифной ставки создаст необходимые условия для развития конкуренции за счет оптимизации производственных издержек [3, 7].

В рамках данного подхода в качестве основы для предоставления экономически обоснованных скидок с инфраструктурной составляющей тарифа мы предлагаем использовать рейтинг эффективности технологического процесса, который будет являться инструментом регулирования взаимоотношений владельца инфраструктуры с перевозчиками на основе мониторинга их деятельности. Качество оказания услуг инфраструктуры составляет основу конкурентоспособности перевозок, однако конкурентоспособность определяется совокупностью только тех конкретных свойств, которые представляют несомненный интерес для конкретного потребителя, а прочие характеристики стандартизируют с позиций минимизации издержек (рисунок).

Чтобы минимизировать издержки перевозочного процесса необходимо своевременно и с высоким качеством выполнять работы по реконструкции и модернизация верхнего строения пути, устройств контактной сети, устройств СЦБ и других устройств железнодорожного транспорта.

Повышение прочности, несущей способности, стабильности, долговечности и других эксплуатационных показателей надежности железнодорожных объектов инфраструктурного комплекса,

обеспечивает продление продолжительности жизненного цикла, сокращение трудоемкости и стоимости технического обслуживания, получения экономического эффекта при их эксплуатации [2].

Работы по реконструкции железнодорожного пути проводятся в соответствии с планом комплексной реконструкции объектов инфраструктуры железной дороги, для увеличения пропускной и провозной способности участков, комплексного обновления конструктивных параметров устройств пути, электроснабжения, автоматики и телемеханики, с учетом обращения грузовых вагонов с осевой нагрузкой выше 25 т на ось и организации скоростного высокоскоростного движения пассажирских поездов.

Выполнение отдельных работ, направленных на повышение технического состояния и качества функционирования отдельных узлов и деталей железнодорожного пути и преимущественно выполняемых по типовым или усовершенствованным технологическим процессам, в номенклатуре расходов относится к расходам по модернизации железнодорожных объектов [6].

Но выполнение выше перечисленных, текущих и неотложных работ на перегонах всегда сопровождается остановкой поездов.

Остановка поезда вызывает дополнительные расходы топливно-энергетических ресур-

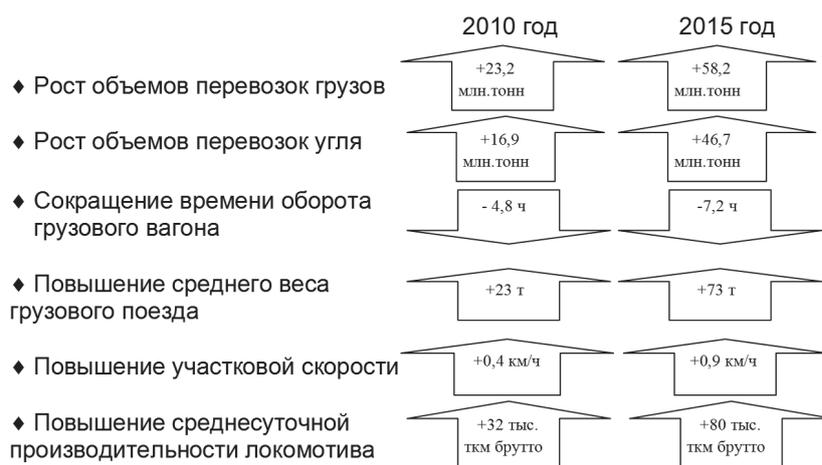


Рисунок – Целевые ориентиры роста качества оказываемых услуг в перевозках

сов на восстановление потерянной при торможении кинетической энергии, более интенсивный износ подвижного состава, увеличивает время работы локомотивных бригад, времени нахождения подвижного состава на участке. Дополнительные расходы электроэнергии в расчете на один локомотив определяется по формуле

$$H_{э(Т)} = \frac{3,8(P_n + Q_{бр})v_T^2}{10^6} K_{э(Т)},$$

где P_n – масса локомотива, т;

$Q_{бр}$ – масса поезда брутто, т;

v_T – техническая скорость начала торможения, км/ч;

$K_{э(Т)}$ – удельный расход электроэнергии (условного топлива) на 1 т/км механической работы.

Расходы, связанные со временем на разгон и замедление, определены, исходя из себестоимости одного часа простоя грузового поезда при электровозной тяге и времени, необходимого на разгон и замедление.

Наличие предупреждения об ограничении скорости движения поездов приводит к повышению эксплуатационных расходов за счет увеличения времени хода и потерь живой силы, вызывающих рост расходов по электроэнергии и топливу [1].

Размер увеличения расходов зависит от конкретно установленной скорости движения, величины допускаемой скорости движения на данном перегоне с учетом профиля и конструкции пути и других факторов. Величину расходов на дополнительные затраты механической работы локомотива определяется по формуле

$$H_{M(Т)} = \frac{3,8(P_n + Q_{бр})(v_x^2 - v_{огр}^2)}{10^6},$$

где v_x – ходовая скорость, км/ч;

$v_{огр}$ – скорость ограничения движения поездов, км/ч;

Кроме того, наличие предупреждения увеличивает затраты, связанные со стоимостью одного поезда-часа. Экономические потери от увеличения времени следования поезда по участку из-за снижения скорости могут быть определены на 1 км протяженности участка с ограниченной скоростью.

Результаты расчетов экономической оценки, связанные с наличием предупреждений скорости движения представлены в таблице.

Современный этап развития рыночной экономики во все большей степени «поворачивает» в сторону системных структурных преобразований, ориентированных на реинжиниринг и инновационные системы реализации производственного потенциала.

Инновационный подход как естественнонаучный подход представляется доминирующим

подходом к менеджменту транспортного комплекса, функционирование которого немислимо без четко прописанных процессов организации в транспортных узлах и центрах, всевозможных нормативов и ограничений, технических и инженерных регламентов [5].

К отличительным свойствам транспортной инфраструктуры относятся также наличие системы управления, совершенствуемой в сторону полной автоматизации и единства, обеспечивающей более интенсивное использование технических устройств, увеличение пропускной способности полигонов и станций и осуществление перевозок с минимальными затратами. Необходимость оптимизации и эффективности протекающих процессов, обеспечивающей определение наилучших экономических результатов; устойчивость к воздействию колебаний транспортных потоков и других параметров достигается на основе научно обоснованной системы управления всем транспортным комплексом в целом [9, 10].

Таблица – Расходы по предоставлению «окон» дирекции ремонта локомотивов, тыс. руб.

Размеры движения, пары поездов	Продолжительности «окна», ч					
	1	2	3	4	5	6
грузовые						
40	1,903	3,714	5,526	7,338	9,150	10,962
50	2,378	4,643	6,908	9,173	11,438	13,703
60	2,854	5,572	8,290	11,008	13,725	16,443
70	3,329	6,500	9,671	12,842	16,013	19,184
80	3,805	7,429	11,053	14,677	18,301	21,925
90	4,281	8,358	12,434	16,511	20,588	24,665
100	4,756	9,286	13,816	18,346	22,876	27,406

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абрамов, А.П. Затраты железных дорог и цена перевозки /А.П. Абрамов. – Москва: Транспорт, 1974. – 256 с.
- 2 Белов, И.В. Транспортные издержки и пути их снижения /И.В. Белов, В.А. Персианов // Ж.-д. трансп. – 1983. – № 12. – С. 56–61.
- 3 Васильев, В.И. Моделирование транспортных систем /В.И. Васильев; под ред. В.И. Васильева. – Москва: Транспорт, 1988. – 308 с.
- 4 Виханский, О.С. Стратегическое управление: учебник /О.С. Виханский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Гардарики, 1999. – 296 с.
- 5 Гамидов, Г.С. Основы инноватики и инновационной деятельности /Г.С. Гамидов, В.Г. Колосов, Н.О. Османов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2000.
- 6 Грунтов, П.С. Централизация диспетчерского руководства: проблемы, перспективы /П.С. Грунтов // Ж.-д. трансп. – 1984. – № 5. – С. 33–35.
- 7 Давыдов, А. В. Управление трудовыми ресурсами в период реформирования железнодорожного транспорта /А.В. Давыдов, С.П. Кретов. – Новосибирск: Изд-во ГПНП, 2002. – 230 с.
- 8 Жданов, С.А. Экономические модели и методы в управлении /С.А. Жданов. – Москва: Дело и сервис, 1998. – 104 с.
- 9 Каплан А.В. / Решение оптимизационных задач в экономике / -Ростов н/Д: Феникс, 2007.
- 10 Северова М.О., Лунина Т.А., Каменев В.А., Андранович Т.В. Экономическая оценка показателей эксплуатационной работы Западно-Сибирской железной дороги в грузовом движении: справочник / М.О. Северова, Т.А. Лунина, В.А. Каменев, Т.В. Андранович, под ред. Деметьева А.П. -Новосибирск: Наука, 2011. -50 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *инфраструктура, реконструкция, модернизация, инновационный подход, расходы, качество*

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

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

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПУНКТОВ СТЫКОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАЛОГИИ ОБЪЕКТОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.Д. Калидова

PRINCIPLES OF FORMATION OF INFRASTRUCTURE ITEMS SPLICING THE MAIN MODES OF TRANSPORT ON THE BASIS OF THE DEFINITION OF FUNCTIONAL ANALOGY OBJECTS

Siberian state transport university

A.D. Kalidova

Involves determining the objects-analogues and the identification of functional characteristics of the various modes of transport. Describes the options for accommodation splicing points needed to improve passenger convenience and reduce travel time.

Keywords: functional analogy, transfer point, agglomeration transport cluster, splicing points, transport interchange nodes, modes of transport

Предполагается определение объектов-аналогов и выявление функциональных особенностей различных видов транспорта. Описаны варианты размещения пунктов стыкования, необходимых для повышения удобства пассажиров и сокращения времени в пути.

В настоящее время все большее значение приобретают вопросы организации рационального взаимодействия различных видов транспорта, особенно в составе крупных агломераций. При этом важным элементом такого взаимодействия является обоснованное создание специализированной по видам транспорта, а также общей (универсальной) инфраструктуры, которая должна соответствовать технологии работы пункта стыкования видов транспорта (пункта пересадки, транспортно-пересадочного узла), а также ожиданиям пассажиров в отношении уровня предоставляемых услуг.

Особое значение имеет создание объединенных, одинаковых по назначению устройств, для разных видов транспорта. К их числу можно отнести сооружение совмещенных железнодорожных, автодорожных, морских и речных вокзалов, в состав которых должны входить устройства по продаже билетов на воздушный транспорт. Размещение этих устройств должно обеспечить независимую работу различных видов транспорта и минимальные перемещения пассажиров. Для выявления и создания таких объединенных объектов необходимо проведение полного анализа функционирования основных видов транспорта и сопоставление с возможной сферой его применения в перевозочном процессе [1-3]. Результат такого анализа представлен в таблице 1.

В результате проведенного анализа, связанного с разграничением сфер деятельности различных видов транспорта, была установлена следующая взаимосвязь, представленная

на рисунке 1, между дальностью перевозок и рациональностью использования того или иного вида транспорта в перевозочном процессе. Это даст возможность определить пункты, в которых необходимо организовать увязку транспортной инфраструктуры для обеспечения удобства пассажиров при поездке на дальние расстояния.

Таблица 1 – Сфера применения основных видов транспорта в перевозочном процессе

Вид перевозок	Вид транспорта	Сфера его применения
Пригородные и внутригородские перевозки	Железнодорожный	Пригородное и внутригородское сообщение при больших пассажиропотоках
	Внутренний водный	Пригородное и внутригородское сообщение (преимущественно сезонное), связь с зонами отдыха
	Автомобильный	Внутригородское и пригородное сообщение вне зоны обслуживания железнодорожного транспорта и в зоне обслуживания железнодорожного транспорта при малых пассажиропотоках; пригородные направления до отдельных крупных населенных пунктов, расположенных в районе пригородного железнодорожного и внутреннего водного сообщения
	Метрополитен	Основные внутригородские направления в крупнейших городах, а также до ближайших пригородов в пределах городской агломерации
	Трамвай, троллейбус	Внутригородские направления, а также до ближайших пригородов в пределах городской агломерации с массовыми пассажиропотоками
	Воздушный транспорт (вертолет)	Внутригородское сообщение в крупнейших городах, пригородные направления (в т.ч. в качестве связи с аэропортом)
	Монорельсовые дороги	Внутригородское и пригородное сообщение между отдельными районами крупнейших и крупных агломераций, аэропортами, зонами отдыха
Местные междугородние перевозки	Железнодорожный	Связь с ближайшими городами
	Автомобильный	Связь с ближайшими городами. Сообщение между населенными пунктами при отсутствии других видов магистрального транспорта
	Воздушный	Сообщение между населенными пунктами преимущественно вне зон обслуживания железнодорожным транспортом
Дальние перевозки	Железнодорожный	Преимущественно в зоне свыше 600 км
	Воздушный	До областных и других крупных центров преимущественно на расстояниях, превышающих 1000-1500 км
	Водный и автомобильный	Преимущественно в туристских целях

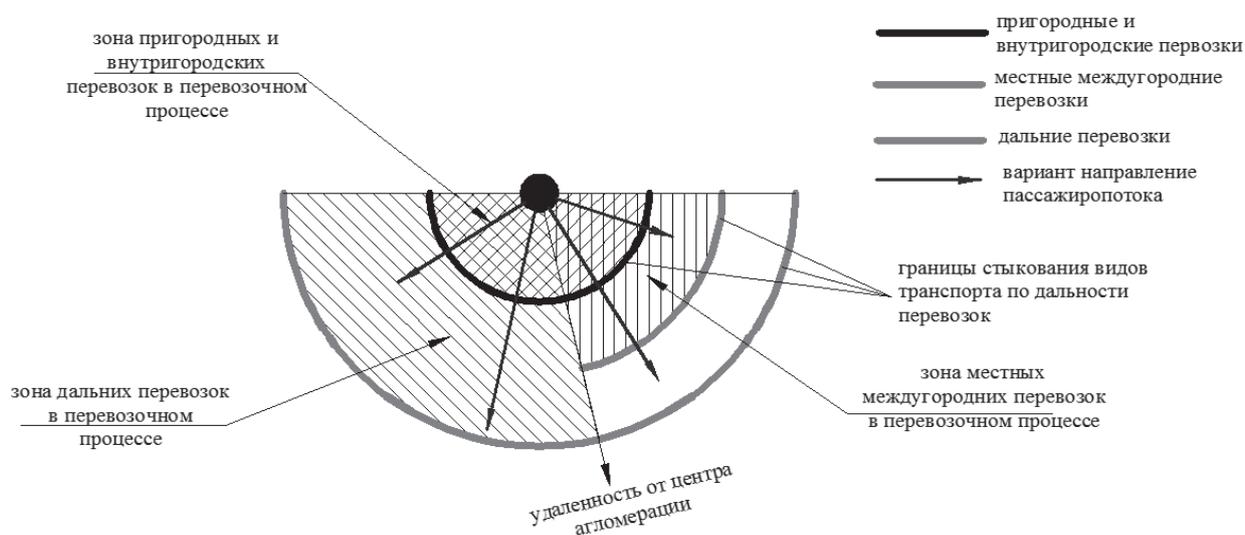


Рисунок 1 – Сферы применения транспорта в зависимости от дальности перевозки

С ростом производительных сил общества и значительной концентрацией населения в городах их транспортное обслуживание все более и более осложняется. Это потребовало, с

одной стороны, совершенствования управления транспортом, а с другой, - нахождения таких решений по развитию и построению транспортных систем, при которых в наилучшей степени осуществлялось бы взаимодействие в работе.

Можно выделить несколько аспектов этой проблемы:

- максимальное совмещение расположения транспортных устройств одного и разных видов транспорта для сокращения затрат на строительство разных вспомогательных устройств и коммуникации;

- создание объединенных одинаковых по назначению устройств разных видов транспорта.

Для решения такого рода проблем, необходимо проведение полного анализа функционирования каждого вида транспорта, как в отдельности, так и в совокупности с другими видами транспорта.

Для организации пассажирских перевозок любым видом транспорта необходим целый комплекс устройств, направленных как на обеспечение необходимых технологических операций, так и на повышение удобства в начальном и конечном пункте, а также в пути следования. В зависимости от вида используемого транспорта эти устройства могут быть разными, но выполнять аналогичные функции.

Исходя из проведенного анализа пассажирских устройств, относящихся к различным видам транспорта, можно сделать вывод о том, что функционально ряд операций схож в независимости от вида перевозочных средств, поэтому некоторые из них можно объединить по принципу функциональной идентичности. Объединенные объекты – аналоги основных видов транспорта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Объекты - функциональные аналоги по основным видам транспорта

Функциональное назначение	Вид транспорта			
	железнодорожный	автомобильный	воздушный	водный
Комплекс зданий и сооружений предназначенный для обслуживания пассажиров и обработки их багажа	железнодорожный вокзал	автовокзал	аэровокзал	морской/речной вокзал
Сооружения для удобной и безопасной посадки-высадки пассажиров	пассажирские платформы	перроны	перроны*	пассажирские причалы
Устройства взаимосвязи вокзалов с сооружения для удобной и безопасной посадки-высадки пассажиров	переходы в одном и разных уровнях (переходные мосты, тоннели), пешеходные дорожки, эскалаторы, лифты	проходы в одном уровне: пешеходные дорожки, эскалаторы, лифты	телетрап, автобус, проходы в одном уровне: пешеходные дорожки (траволаторы)	проходы в одном и разных уровнях, пешеходные дорожки, эскалаторы лифты
Инфраструктура нахождения транспортного средства при посадке и высадке пассажиров	железнодорожные приемоотправочные пути	перрон (автовокзала)	перрон (аэродрома)	причальная стенка

*-часть летного поля аэродрома, предназначенная для размещения воздушных судов в целях посадки и высадки пассажиров, погрузки и выгрузки багажа, почты и грузов, а также других видов обслуживания

На железнодорожном транспорте вспомогательное время, на поездку составляет 1-2% от общего времени поездки, а на водном транспорте даже меньше этой величины, то на воздушном транспорте оно очень велико и занимает в настоящее время от 30 до 80% этого времени поездки. Для сокращения этого времени целесообразно совмещенное расположение всех устройств на одной привокзальной площади. Такое размещение представлено на рисунке 2.

Описанные выше принципы расположения различных объектов инфраструктуры основных видов транспорта, могут быть использованы при обосновании создания объединенных пунктов стыкования видов транспорта (пунктов пересадки), в том числе, при определении мест их рационального размещения, с учетом потребностей пассажиров в разных видах сообщения.



Рисунок 2 – Функционально аналогичные объекты инфраструктуры по видам транспорта

Анализ номенклатуры устройств различных видов транспорта и выполняемых с их использованием операций показал, что все устройства, связанные непосредственно с обслуживанием пассажиров, можно разделить на 4 функциональные группы. В состав каждой группы входит 4 вида основных устройств. Таким образом, при определении состава устройств и сооружений пунктов стыкования различных видов транспорта или разновидностей одного (например, скоростного и обычного железнодорожного транспорта) можно предложить сооружение объединенных устройств – тех, что входят в состав соответствующих функциональных групп. Это позволит сократить объем капитальных затрат за счет исключения дублирующих объектов инфраструктуры, без потери функциональности пункта стыкования. При этом конструктивные особенности объединенных устройств, очевидно, должны учитывать особенности устройства и технологии работы каждого вида транспорта в пункте стыкования. Определение таких дополняющих конструктивных решений – задача дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Транспортные узлы / под ред. К. Ю. Скалова. – Москва, 1966. – 502 с.
- 2 Правдин, Н. В. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Головнич. – Москва: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2012. – 1086 с.
- 3 Официальный сайт ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – Режим доступ: www.rzd.ru.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функциональная аналогия, пункты пересадки, агломерационный транспортный кластер, пункты стыкования, транспортно-пересадочные узлы, виды транспорта

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Калидова Александра Дмитриевна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

Д.О. Никитенко

WAYS OF MEDIUM-TERM FORECAST CREATION OF RUSSIAN GENERAL AVIAION DEVELOPMENT

Saint Petersburg state university of civil aviation

D.O. Nikitenko

The application of different methods combination for russian general aviation development forecasting is prospective. Multistage analysis of laws of such development makes it possible. The main stages of that forecasting were considered as well as the accuracy of its results was analyzed.

Keywords: regression analysis, degree of influence, expert evaluation, correlation analysis, artificial neural networks

Перспективно применение комбинации различных методов при прогнозировании развития авиации общего назначения в России. Многоступенчатый анализ закономерностей данного развития делает это возможным. Рассмотрены основные этапы такого прогнозирования в среднесрочном диапазоне, а также проанализирована точность его результатов.

В современной России авиация общего назначения (АОН) является перспективным сектором гражданской авиации России. Заслуживает внимания проблема прогнозирования ее развития. В [1, 2] предложен интересный подход к прогнозированию развития парка воздушных судов (ВС) АОН России. Его основой является метод регрессионного анализа, с помощью которого и строится прогнозная модель развития парка ВС АОН России. В целях развития данного подхода предлагается применение комбинации из следующих методов. Метод экспертных оценок включает расчет некоторых показателей.

Степень важности (существенности) каждой из групп показателей с точки зрения степени влияния на изменения парка ВС АОН России, оценивается, исходя из величины веса каждого фактора [3]. Чтобы определить вес, необходимо применить следующий метод. Если x_{ij} - оценка фактора i , данная j -ым экспертом, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$; n - число сравниваемых объектов; m - число; то вес i -го объекта, рассчитанный по оценкам всех экспертов w_i , находится по формуле [3]

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{m}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где w_{ij} – вес i -го объекта, рассчитанный по оценкам j -го эксперта

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}.$$

Обобщенная экспертная оценка формируется с помощью средних величин. Так, через среднее арифметическое находится точечная оценка группы экспертов [3]

$$\bar{x}_g = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m}. \quad (2)$$

Если согласованность ответов отдельных экспертов высока, надежность групповой оценки считается высокой. Согласованность и разброс оценок анализируются с помощью мер разброса [3]. К таким статистическим характеристикам относятся вариационный размах

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (3)$$

где x_{\max} – максимальная оценка объекта;

x_{\min} – минимальная оценка объекта.

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_g)^2}{m-1}}, \quad (4)$$

где x_j – оценка, данная j -ым экспертом;

m – количество экспертов.

Коэффициент вариации [3], измеряющийся в процентах, определяется по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_g} 100\%. \quad (5)$$

Метод непосредственной оценки по интервальной шкале применен для экспертного опроса. Методы математической статистики применены для анализа собранных оценок, который позволил выделить группы ЭГП, оказывающие наибольшее влияние на изменение парка ВС АОН: уровень жизни (вес группы 0,07, точечная оценка 7,59) и финансы (вес группы 0,06, точечная оценка 7,55). В сумме эти группы содержат 118 ЭГП.

Корреляционный анализ применяется только в случае, если исходные данные распределены нормально. Степень отклонения информации от нормального закона распределения оценивается количественно с помощью отношения показателя эксцесса к его ошибке и показателя асимметрии к ее ошибке.

Формулы (6) и (7) служат для расчета показателя эксцесса E и его ошибки m_e

$$E = \frac{\sum (x - \bar{x})^4}{n\sigma^4}; \quad (6)$$

$$m_e = \sqrt{\frac{24}{n}} \text{ или } m_e = 2m_a. \quad (7)$$

Показатель асимметрии A и его ошибки m_a [4]:

$$A = \frac{\sum (x - \bar{x})^3}{n \sigma^3}; \quad (8)$$

$$m_a = \sqrt{\frac{6}{n}}. \quad (9)$$

Однако, исследуемые данные распределены нормально, в том случае если отношения E/m_e и A/m_e меньше 3. При этом существенным значением эксцесс и асимметрия не обладают.

Если степень тесноты связи (коэффициент корреляции) факторного признака (предиктора) с результативным показателем (парком ВС АОН РФ) по модулю превышает 0,5, такой предиктор подвергается дальнейшему анализу. В исследовании используется линейный коэффициент корреляции Пирсона (10). Выбор которого обусловлен тем, что исходные данные были получены с помощью интервальной шкалы [5]

$$r = \frac{\sum (x - \bar{X})(y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{X})^2 \sum (y - \bar{Y})^2}}. \quad (10)$$

Степень зависимости (коэффициент корреляции) между факторами (предикторами) по модулю не должен быть более 0,75 [6]. Значения коэффициентов каждой пары анализируются, если величины некоторых предикторов между собой коррелируют.

Исключаются из дальнейшего анализа факторы (предикторы), величина критерия надежности по Стьюденту которых менее табличного [4, 6]. Формула (11) используется для расчета критерия Стьюдента [4]

$$t = \frac{r}{\sigma_r}. \quad (11)$$

где σ_r – среднеквадратическая ошибка коэффициента корреляции [4]

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}. \quad (12)$$

Величина коэффициента корреляции признается значимой в том случае, если расчетное значение t по модулю [6] превышает табличное [7] с учетом уровня доверительной вероятности P (0,05 в экономических расчетах) и числа степеней свободы V [4]

$$V = n - 1, \quad (13)$$

где n – количество измерений.

Корреляционный анализ позволил отобрать предикторы, в последствии использованные для среднесрочного прогнозирования развития парка ВС АОН России на 2013-2017 годы по данным ФАВТ и [8, 9], влияние которых на изменение парка воздушных судов АОН России наиболее значительно. К ним относятся: среднедушевые денежные доходы населения; покупка товаров и оплата услуг; прирост денег на руках у населения; источники средств от приватизации государственного и муниципального имущества; источники средств от приватизации государственного и муниципального имущества.

В качестве зависимых переменных используются: число самолетов АОН бизнес-класса иностранного производства, штук (NBJ); число легких самолетов АОН иностранного производства, штук (NGAA); число вертолетов АОН иностранного производства с газотурбинными двигателями, штук (NGANGT); число вертолетов АОН иностранного производства с поршневыми двигателями, штук (NGAHP).

Искусственная нейронная сеть представляет собой сложную структуру организации искусственных нейронов, которая обладает свойством обучаемости на готовых примерах данных, которые загружаются в нее. Это достигается постепенным уменьшением величины ошибки между выходными данными и требуемым результатом (величиной).

Решение задач с использованием метода искусственных нейронных сетей (ИНС) состоит из следующих этапов:

- отбор, подготовка и нормализация входных данных;
- выбор структуры сети и параметров обучения;
- обучение сети;
- тестирование сети (проверка адекватности обучения);
- корректировка параметров, финальное обучение сети;
- производство результатов с помощью обученной сети [10, 11].

Для построения среднесрочного прогноза изменения парка ВС АОН России использована сеть нечеткой логики (CANFIS Network, Fuzzy Logic), так как при данной выборке ее точность наиболее высока, как показали эксперименты. Параметры обучения сети: Maximum Epochs (максимальное число эпох обучения): 235, Learning Rule (правило обучения): Momentum.

Экспериментальные данные при обучении сети приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обучения нейронной сети по обучающей выборке

Год	Реальные данные				Расчетные данные			
	NBJ	NGAA	NGAHGT	NGAHP	NBJ	NGAA	NGAHGT	NGAHP
2006	14	4	21	34	13,29	3,08	23,1	44,91
2007	16	14	38	89	16,87	15,29	35,99	76,72
2008	25	31	59	143	24,8	32,49	59,61	142,66
2009	27	56	73	168	27,95	53,89	72,27	168,01
2010	35	72	90	190	34,16	73,42	90,26	189,59
2011	36	146	128	231	36,28	145,37	127,62	232,68
2012	38	179	150	273	37,92	179,36	150,52	273,28

Анализируя расчетные данные (таблица 1), можно обнаружить, что точность аппроксимации входных данных этой сети достаточно высока.

Производственные данные сети (рассчитаны по производственной выборке), приведены в таблице 2.

Для объективной оценки точности работы модели выполнено идентичное прогнозирование с применением методов ИНС и регрессионного анализа на временной интервал известными данными (с 2006 по 2012 годы). Средние ошибки аппроксимации нейронной сети и регрессионной модели составили 0,47% и 7,67%, соответственно. Точность прогнозных данных нейронной сети и регрессионной модели составила 1,56% и 6,56%, соответственно. Из приведенных данных видно, что метод ИНС наиболее адекватен для применения в данном случае. Данный анализ и стал преддверьем применения метода ИНС для среднесрочного прогнозирования развития парков ВС АОН России.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что предлагаемая комбинация методов может успешно применяться для прогнозирования развития парка ВС АОН России в среднесрочном диапазоне, что подтверждается приведенными расчетными значениями. Кроме того, перспективно использование метода ИНС в данной области благодаря его адаптивности и неограниченной сложности моделей.

Таблица 2 – Результаты производства нейронной сети

Год	Расчетные данные			
	NBJ	NGAA	NGAHGT	NGAHP
2013	6,07	183,45	80,7	47,13
2014	6,22	190,9	83,41	50,12
2015	6,36	192,81	85,93	53,18
2016	6,5	192,8	87,98	56,36
2017	6,63	192,49	90,22	59,68

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Арасланов, С.А. Нетуманные перспективы /С.А. Арасланов //Авиация общ. назначения. – 2010. – №7. – С. 4–19.
- 2 Арасланов, С.А. Перспективы и реальность /С.А. Арасланов, Ю.В. Щербак //Авиация общ. назначения. – 2012. – №8. – С. 6.–11.
- 3 Методы экспертных оценок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emm.ostu.ru/lect/lect7.html>. – 02.05.2013.
- 4 Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия [Электронный ресурс] /Г. В. Савицкая. – 4-е изд. – Минск: Новое знание, 2000. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/deyatelnost-predpriyatiya-2/index.htm>. – 03.09.2013.
- 5 Щербак, А.П. Математико-статистическая обработка материалов научной и методической деятельности [Электронный ресурс] /А.П. Щербак. – 2007. – Режим доступа: <http://cito-web.yspu.org/link1/metod/met90/node23.html>. – 06.09.2013.
- 6 Швецов, Ю.Г. Методическое обеспечение диагностики финансовой несостоятельности предприятий [Электронный ресурс] /Ю.Г. Швецов, Т.В. Сабельфельд //Финансовый вестн.: финансы, налоги, страхование, бухгалтер. учет. – 2009. – № 5. – Режим доступа: <http://www.1-fin.ru/?id=463>. – 04.09.2013.
- 7 F-критерии, t-критерий Стьюдента. Эпидемиологический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://epidemiolog.org/epidemiologicheskij-slovar/f-kriterij-t-kriterij-studenta>. – 4.09.2013.
- 8 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gks.ru>. – 04.07.2013.
- 9 Indicators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.worldbank.org/indicator/all>. – 04.07.2013.
- 10 Нейронные сети STATISTICA Neural Networks: пер. с англ. – Москва: Горячая линия–Телеком, 2000. – 182 с.
- 11 Этапы решения задач при помощи искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru/users/tsisa/post202199919>. – 09.09.2013

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *регрессионный анализ, степень влияния, экспертная оценка, корреляционный анализ, искусственные нейронные сети*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Никитенко Дмитрий Олегович, соискатель ФГБОУ ВПО «СПбГУ ГА»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *196210, г. Санкт-Петербург, ул.Пилотов, 38, ФГБОУ ВПО «СПбГУ ГА»*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БИЗНЕС-ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ КАК ОБЪЕКТА МИКРОУРОВНЯ НА РЫНКЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

П.И. Кузьмина

THE APPLICATION OF METHODS OF ASSESSMENT THE COMPETITIVENESS OF THE BUSINESS ACTIVITIES OF ORGANIZATIONS IN THE MARKET OF ADDITIONAL EDUCATIONAL SERVICES

Irkutsk state transport university
P.I. Kuzmina

In the increased competitive environment question about the search, development of competitive advantages and the evaluation of competitiveness at all levels becomes more urgent. In the article the author looks into the possibility of using different assessment methods to assess the competitiveness of the business activities of educational institutions.

Keywords: competitiveness, business, business activities, educational institutions

В условиях возрастающей конкуренции актуальным становится вопрос о поиске и развитии конкурентных преимуществ, об оценке конкурентоспособности на всех уровнях. В статье обоснована возможность применения различных методов для оценки конкурентоспособности бизнес-деятельности образовательных организаций.

Образовательные организации вправе самостоятельно определять направления своего развития, управлять ресурсами, принимать решения. Множество разнообразных групп заказчиков и потребителей образовательных услуг с различным финансовыми ресурсами, запросами и интересами являются потенциальными источниками доходов образовательных организаций. Деятельность образовательных организаций осуществляется в условиях возрастающей конкуренции. Соответственно, все более актуальным становится вопрос о поиске и развитии конкурентных преимуществ, об оценке конкурентоспособности на всех уровнях, в том числе конкурентоспособности организации в целом, бизнеса и продукции.

Как известно, существует несколько уровней конкурентоспособности. Конкурентоспособность бизнес-деятельности организаций на рынке дополнительных образовательных услуг представляет собой микроконкурентоспособность [1] образовательных организаций и является совокупной характеристикой конкурентоспособности организации и дополнительных образовательных услуг, оказываемых ею.

При этом конкурентоспособностью бизнес-деятельности организаций по оказанию дополнительных образовательных услуг является способность организации осуществлять деятельность на рынке образовательных услуг с целью завоевания наиболее выгодного положения для максимального увеличения прибыли организации путем удовлетворения потребностей клиентов наилучшим образом с использованием имеющихся и потенциально возможных конкурентных преимуществ. Конкурентоспособность бизнес-деятельности организаций является относительной характеристикой, существующей только в контексте определенного сегмента рынка.

Методов оценки конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций на момент проведения исследования в трудах отечественных и зарубежных авторов не предложено. При этом при оценке конкурентоспособности продукции и организаций могут быть использованы различные методы, предложенные отечественными и зарубежными авторами, поэтому оценка конкурентоспособности бизнес-деятельности организации как объекта микроуровня на рынке образовательных услуг возможна путем выбора метода оценки, отвечающего поставленным целям и основанном на применении имеющихся данных о деятельности организации.

Самыми распространенными методами оценки микроконкурентоспособности являются экспертная оценка конкурентоспособности объектов (применяется при невозможности проведения более точной количественной оценки), графические методы оценки конкурентоспособности (построение многоугольника конкурентоспособности с определением перечня параметров конкурентоспособности объекта), матричный метод (путем сравнения организаций по темпам продаж продукции и долям на рынке за несколько периодов), определение комплексного показателя оценки конкурентоспособности продукции на основе полезного эф-

фекта от ее потребления и цены потребления (оценивается способность продукции удовлетворять определенную потребность покупателя с учетом цены и качества продукции), расчет комплексного показателя конкурентоспособности с учетом ключевых факторов и прочие методы [2].

Предложенные методы оценки конкурентоспособности объектов микроуровня обладают рядом недостатков, а именно:

– Применяемые в мировой практике подходы и методы оценки конкурентоспособности не являются универсальными. Применение того или иного метода возможно только путем адаптации метода к условиям рассматриваемого сегмента рынка, выявлением специфических критериев оценки, показателей.

– Применение различных методов оценки конкурентоспособности в Российской Федерации осложнено отсутствием разработанных требований к оценке, базы оценки, наработанных результатов, доступа к информации о деятельности конкурентов.

– Многие методы основаны на мнениях экспертов, что снижает уровень объективности и достоверности оценки.

Предлагаемые исследователями методы необходимо адаптировать для проведения оценки конкурентоспособности объектов микроуровня на рынке образовательных услуг.

Можно сделать вывод, что существуют определенные сложности применения основных методов оценки конкурентоспособности объектов микроуровня на рынке образовательных услуг:

– Отсутствуют стандарты учебных программ, по которым проводится обучения в учреждениях ДПО. Таким образом, курсы с одинаковым направлением подготовки могут быть проведены по разным учебным программам, в разной форме обучения и с применением различных методов обучения, что затрудняет оценку конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций даже при наличии одинакового перечня курсов.

– Чрезвычайно широкий спектр услуг в области дополнительного профессионального образования не позволяет применять одинаковые критерии оценки к конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций на рынке дополнительных образовательных услуг. Различия в масштабах и направлениях деятельности делают оценку конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций рассматриваемого сегмента чрезвычайно трудоемким процессом.

– Оценка конкурентоспособности бизнес-деятельности позволяет комплексно оценить уровень конкурентоспособности микроуровня по отношению к анализируемой организации. Отсутствие методов оценки конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций как самостоятельного объекта отрицательно влияет на объективность результатов оценки конкурентоспособности продукции и организации обособленно друг от друга.

– Организационная структура хозяйствующих субъектов на рынке дополнительных образовательных услуг продиктована спецификой производственного процесса и принимается управлением каждой организации самостоятельно. Таким образом, организационно-управленческий уровень организаций неоднороден, что затрудняет его оценку как одного из факторов, влияющих на конкурентоспособность бизнес-деятельности организации на рассматриваемом сегменте рынка.

– Производственная структура организаций также различна. Материально-техническое оснащение аудиторий, уровень права собственности, на основании которых в состав активов организации входят здания и сооружения, наличие эксклюзивного оборудования, различия бизнес-процессов организаций и другие факторы делают производственных факторов конкурентоспособности бизнес-деятельности затруднительной.

– Отсутствие необходимой для оценки информации о деятельности конкурентов на рынке дополнительных образовательных услуг. В пределах Иркутской области информация о количестве организаций, осуществляющих услуги в области дополнительного профессионального образования, объемах деятельности и количестве человек, прошедших обучение является недоступной. Официальные статистические данные по состоянию на 03.06.2015 г. отсутствуют в каких-либо формах.

– Оценка конкурентоспособности занимает немаловажное место в общем анализе и оценке экономической деятельности организации, анализе рынка. На настоящий момент экономика Российской Федерации находится на стадии реформирования. Рынок дополнительных образовательных услуг подвергается структурным и функциональным изменениям, что напрямую связано с изменениями в законодательстве об образовании. Таким образом,

отсутствует наработанная база оценки, не разработаны и не внесены корректировки в уже имеющиеся методы оценки конкурентоспособности.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что имеющиеся на момент исследования методы оценки конкурентоспособности продукции и организации как основных объектов микроуровня могут быть использованы для оценки конкурентоспособности бизнес-деятельности организаций на рынке дополнительных образовательных услуг после внесения некоторых изменений. При этом оценка конкурентоспособности бизнес-деятельности образовательных организаций представляет собой трудоемкий процесс с большими временными затратами и требует внесения корректировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сафиуллин, Н.З. Управление конкурентоспособностью предприятий: монография /Н.З. Сафиуллин, Л.Н. Сафиуллин. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008. – 189 с.
2 Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управления /Р.А. Фатхутдинов. – Москва: Инфра-М, 2000. – 312 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурентоспособность, бизнес, бизнес-деятельность, образовательные организации
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Кузьмина Полина Игоревна, заведующий лабораторией ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 664074, г.Иркутск, ул.Чернышевского, 15, ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

СТРУКТУРА КАПИТАЛА И ЗАЕМНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СУДОХОДНЫХ КОМПАНИЙ

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (Финансовый университет)

Е.В. Храпова, Б.И. Кычанов

STRUCTURE OF THE CAPITAL AND LOAN CAPACITY OF SHIPPING COMPANIES

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
Omsk branch of Financial university under the Government of the Russian Federation
E.V. Khrapova, B.I. Kychanov

In article methodical basics of formation of structure of the capital are covered, sources of financing of economic activity of shipping companies and their loan potential are analyzed. Methodical approaches to creation of optimum structure of the capital of the enterprise in concrete economic situations are offered.

Keywords: indicators of structure of the capital, price of the company, optimization of capital structure, loan capacity of firm, capital structure, average price of the capital

Рассматриваются методические основы формирования структуры капитала, анализируются источники финансирования хозяйственной деятельности судоходных компаний и их заёмный потенциал. Предлагаются методические подходы к построению оптимальной структуры капитала предприятия в конкретных экономических ситуациях.

Любая компания нуждается в источниках финансирования для текущей и инвестиционной деятельности. Каждый источник финансирования стоит денежных средств для компании, имеет определенную цену [1]. За акционерный капитал нужно платить дивиденды, за кредиты и займы – проценты за пользование заемными источниками, даже использование собственной прибыли приводит к возникновению альтернативных издержек.

Величина денежных средств, которые необходимо заплатить владельцу за использование его финансовых ресурсов в процентах к объему этих ресурсов называется ценой капитала

$$C_k = \frac{\text{оплата владельцу капитала}}{\text{сумма привлеченного капитала}} 100\%. \quad (1)$$

Определение стоимости отдельных источников капитала представляет не всегда легкую задачу. Более просто определить цену банковского кредита, так как плата за пользование кредитными ресурсами указывается в кредитном договоре. Однако, нужно учесть следующие обстоятельства: оплату процентов за кредиты и займы предоставленные предприятию по действующему законодательству относят на себестоимость продукции (услуг), и это уменьшает налог на прибыль. Поэтому укрупнено стоимость кредитов и займов C_k определяется по формуле

$$C_k = PK(1 - H), \quad (2)$$

где PK – процентная ставка по кредиту;

H – ставка налога на прибыль в долях единицы.

Множитель $(1-H)$ еще называют «налоговый щит» или налоговый корректор.

Кроме того, по всем источникам финансирования надо учесть расходы на оплату страховых, поручительств, консультантов и т.п. Эти затраты, однако не существенно влияют на стоимость заемных источников.

Стоимость источника привилегированной акции C_n можно определить по формуле

$$C_n = \frac{D}{B} 100\%, \quad (3)$$

где D – годовые выплаты дивидендов по привилегированным акциям;

B – выручка от продажи этих акций за вычетом затрат на их размещение.

Стоимость источника обыкновенные акции C_a рассчитать более сложно, так как размер дивидендов постоянно меняется. Приблизительно стоимость этого источника

$$C_a = \frac{D_o}{B} + q, \quad (4)$$

где D_o – ожидаемый дивиденд;

q – темп прироста дивиденда.

Средневзвешанная цена капитала $WACC$ определяется по формуле

$$WACC = C_i d_i, \quad (5)$$

где C_i – стоимость данного источника;

d_i – удельный вес данного источника в общем объеме финансовых ресурсов.

Например, общий объем привлекаемого фирмой капитала 100 млн. руб. Из них привилегированные акции – 20 млн. руб. (цена источника 12%), обыкновенные акции – 50 млн. руб. (цена 15%), нераспределенная прибыль 30 млн. руб. (цена 14%):

$$WACC = 12 \cdot 0,2 + 15 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,3 = 14,1\%.$$

Средневзвешанная стоимость капитала используется:

– при оценке эффективности инвестиционных проектов. Если $WACC$ ниже внутренней доходности проекта (IRR) проект можно принять, при $WACC$ выше IRR – проект следует отвергнуть.

–на основе $WACC$ определяется стоимость компании S доходным методом

$$S = \frac{D}{WACC}, \quad (6)$$

где D – приносимый фирмой доход, уменьшенный на величину налога на прибыль.

Более точно определить цену фирмы можно на основе расчёта прогнозируемых денежных потоков, генерируемых фирмой [2].

Из (6) видно, что при снижении $WACC$ при данном уровне дохода стоимость фирмы повышается, и это свидетельствует о росте уровня менеджмента на предприятии.

Предприятие самостоятельно формирует структуру капитала, но при этом должны придерживаться ряда ограничений.

Правовые ограничения:

– минимальный размер уставного капитала. Он определяется законодательством, там же определены возможности изменения уставного капитала путем конвертации, дополнительной эмиссии акций и т.п.

– формирование резервного капитала. Объем обязательного резервного капитала для отечественных акционерных обществ установлен не менее 5% уставного капитала.

– предел размещения привилегированных акций/

Ограничения по финансовым рискам:

– возможность утери при дополнительной эмиссии акций контрольного пакета акций;

– потенциальная утрата финансовой устойчивости и ликвидности баланса при значительном удельном весе заёмного капитала;

– сохранение величины финансовых коэффициентов не ниже нормативных значений (коэффициенты текущей ликвидности, маневренности и др.).

Стоимость заемных источников, как правило, ниже стоимости собственного капитала, поэтому увеличение доли заимствований в общем капитале должно приводить к снижению средневзвешанной стоимости капитала $WACC$. Кроме того при использовании заемного ка-

питала предприятие может увеличить рентабельность собственного капитала благодаря эффекту финансового рычага ЭФР

$$\text{ЭФР} = (1 - H)(\text{ЭР} - \text{ПЗ}) \frac{Kз}{Kс}, \quad (7)$$

- где H – ставка налога на прибыль в долях единицы;
 ЭР – экономическая рентабельность в процентах (отношение валовой прибыли до выплаты процентов и налогов к активам);
 ПЗ – проценты за использование заемного капитала;
 $Kз$ – заемный капитал;
 $Kс$ – собственный капитал.

Например, при величине собственного и заемного капитала по 500 ед., экономической рентабельности 22% и плате по займам 20%, ставке налога на прибыль 20% ЭФР составит

$$\text{ЭФР} = (1 - 0,2)(22\% - 17\%) \frac{500}{500} = 4.$$

Это означает, что за счёт использования заёмных средств рентабельность собственного капитала повысилась на 4% [5].

С другой стороны наращивание доли заемных средств увеличивает финансовые риски: риск потери финансовой устойчивости и финансовой независимости, увеличивается риск потенциального банкротства. Кроме того (7) при экономической рентабельности ниже процента за кредит ЭФР будет иметь минусовое значение то есть показывать на сколько снижается рентабельность собственного капитала из-за использования заемных источников.

Так в ОАО «Иртышское пароходство» в 2014 году из-за незначительного размера прибыли экономическая рентабельность составила всего 2,4%. При ставке за кредит 18% снижение рентабельности собственного капитала при использовании заемных средств составило

$$\text{ЭФР} = (1 - 0,2)(2,4\% - 18\%) \frac{113926}{380306} = -3,6.$$

Проанализируем структуру капитала ряда пароходств Российской Федерации (таблица 1).

Таблица 1 – Структура капитала судоходных компаний (открытые акционерные общества – речные пароходства) на 01.01.2013 г.

Элементы собственного капитала	Единицы измерения	Ленское*	Волжское	Иртышское	Обь-Иртышское	Енисейское
Собственный капитал и резервы	тыс. руб.	2855397	43553185	376845	1361307	2079660
	% к капиталу	39,5	41,3	66,9	87,2	91,4
Долгосрочные обязательства	тыс. руб.	2843532	4506060	14990	2330	0
	% к капиталу	39,3	42,8	2,6	1,5	0
Краткосрочные обязательства	тыс. руб.	526352	468000	74500	0,0	31083
	% к капиталу	7,4	4,5	13,3	0,0	1,4
Наиболее срочные обязательства	тыс. руб.	1001193	1195606	96411	176433	165157
	% к капиталу	13,8	11,4	17,2	11,3	7,2
Весь капитал	тыс. руб.	7226474	10522851	562846	1561041	2275900

*-Ленское объединенное речное пароходство

Как видно структура капитала пароходств существенно различается. Доля собственного капитала менее 50% отмечается в Ленском и Волжском пароходствах. В то же время у Обь-Иртышского речного пароходства, Енисейского пароходства доля собственного капитала составляла соответственно 87,2% и 91,4%, Енисейское пароходство практически не пользовалось заемными средствами. Наблюдается закономерный тренд: чем ниже в источниках финансирования доля собственного капитала, тем выше удельный вес в общем капитале долгосрочных кредитов и займов. Например, у Ленского и Волжского пароходств доля собственного капитала менее 50%, поэтому доля долгосрочных заимствований соответственно 39,3% и 42,8%. Напротив, у Енисейского пароходства доля собственного капитала 91,4 % и долгосрочные заимствования не имеют места. У прибыльно работающих пароходств, как правило, велика доля в собственном капитале нераспределенной прибыли. Так, у Енисейского пароходства эта доля составила 53,5%, у Волжского 63,5%, а у низкорентабельного

Иртышского пароходства (чистая прибыль в 2013 году составила только 52 тыс. руб., а в 2014 – году 92 тыс. руб.) – 26,5%. В то же время в Иртышском пароходстве добавочный капитал составлял 73,5% собственного капитала, что косвенно свидетельствует о возможном завышении стоимости основных фондов при их переоценке.

Проблемы оптимизации структуры капитала давно интересовали ученых, экономистов и практических работников. Основными теоретическими подходами к исследованию структуры капитала являются:

- традиционная концепция структуры капитала;
- теория М. Миллера-Ф. Модильяни;
- компромиссная модель;
- модель ассиметричной информации.

Сторонники традиционного подхода считают, что средневзвешанная стоимость капитала напрямую зависит от структуры капитала. Оптимизируя структуру капитала можно минимизировать *WACC* и увеличивать рыночную стоимость фирмы. Согласно традиционной концепции цена заемного капитала всегда ниже цены собственного капитала. Поэтому, увеличивая долю заемного капитала можно постоянно добиваться снижения *WACC* и роста стоимости фирмы. Однако на большинстве предприятий заемный капитал редко превышает 50%, что свидетельствует о недостаточном соответствии данной теории практике. Точка зрения традиционалистов не поддерживается большинством экономистов [2].

Теория Миллера-Модильяни утверждает обратное: в идеальной экономической среде структура капитала не влияет на стоимость предприятия. Под идеальной, понимают среду, где отсутствуют налоги, издержки банкротства, агентские расходы и ряд других издержек, юридические и физические лица имеют равный доступ к кредитам и тому подобное [3].

К сожалению, на практике ни одно из допущений, содержащихся в данной теории, не соблюдается, что делает теоретический подход Миллера-Модильяни весьма уязвимым.

Компромиссный подход учитывает реальную ситуацию хозяйственной деятельности и при оптимизации структуры капитала предполагает нахождение компромисса между преимуществом использования заемного капитала в виде налогового регулятора и финансовым риском, связанным с этим использованием. Нарастание заемного капитала увеличивает риск банкротства и связанных с этим издержек: затрат на распродажу имущества, оплату юридических услуг, потеря лояльности потребителей и снижение в связи с этим объемов производства и т.п. В соответствии с компромиссным подходом оптимальная структура капитала – это такое соотношение собственных и заемных средств, при котором потери от риска банкротства полностью покрываются преимуществом стоимости налогового регулятора (налогового щита).

Теории структуры капитала содержит лишь методические подходы к оптимизации соотношения отдельных элементов капитала, но не дают конкретных формул расчета этой оптимальной структуры. Для конкретного предприятия в данной экономической ситуации (ставках налогов, стоимости заемных средств) выбору рациональной структуры капитала может помочь метод имитационного моделирования. Так, существует формальная связь между ценой фирмы и средневзвешанной ценой капитала. Если судить по этому критерию, то наиболее оптимальным соотношением собственных и заемных средств для фирмы будет при минимальной средневзвешанной цене капитала [4].

Рассмотрим данный подход оптимизации структуры капитала на конкретном примере. Предприятие планирует для увеличения выручки (услуг) привлечь от 2 до 16 млн. руб. заимствований, ставка налога на прибыль – 20%, по оценкам финансовых менеджеров ожидаемая операционная прибыль составит ежегодно 3 млн. руб. Необходимо определить оптимальное соотношение собственного и заемного капитала.

В таблице 2 в графе 3 представлена ожидаемая плата за кредит (она растет по мере роста доли заемного капитала и особенно когда эта доля составляет более 0,5), в графе 4 – требуемая для владельцев доходность собственного капитала, с ростом доли заимствований она также повышается, так как возрастает для владельцев риск потери капитала.

Рыночная стоимость собственного капитала для разных вариантов представлена в таблице 2.

Как отмечалось, рыночная стоимость любого актива определяется делением дохода от актива D на рыночную доходность. Поэтому рыночная стоимость собственного капитала составит по вариантам:

1 вариант:

$$\frac{(3 - 2 \cdot 0,09)(1 - 0,2)}{0,13} = 17,35 \text{ млн. руб.};$$

2 вариант:

$$\frac{(3 - 4 \cdot 0,095)(1 - 0,2)}{0,135} = 15,52 \text{ млн. руб. и т.д.}$$

Добавив величину заемного капитала, определим общую рыночную стоимость всего капитала и проставим в строку 6 таблицы 2. Как видно, наибольшая рыночная стоимость фирмы достигается при варианте 6: 20,96 млн. руб.

Таблица 2 – Определение оптимальной структуры капитала по критерию минимизация средневзвешенной цены капитала

1 Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
2 Сумма заемного капитала, млн.руб.	2	4	6	8	10	12	14	16
3 Проценты за кредит, %	9,0	9,5	10,0	10,5	10,5	11,5	13,0	15,0
4 Желательная для владельцев доходность собственного капитала, %	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,0	17,0	18,0
5 Рыночная стоимость собственного капитала, млн. руб.	17,35	15,52	13,71	11,91	10,40	8,96	5,55	1,33
6 Рыночная стоимость всего капитала (ст.2+ст.5)	19,35	19,50	19,71	19,91	20,40	20,96	19,55	17,33
7 Доля собственного капитала во всем капитале (ст.5/ст.6)	0,895	0,789	0,695	0,598	0,502	0,427	0,283	0,076
8 Доля заемного капитала во всем капитале (ст.2/ст.6)	0,105	0,211	0,305	0,402	0,498	0,573	0,717	0,924
9 Средневзвешенная стоимость капитала, %	12,68	12,61	12,78	12,89	13,00	12,59	14,10	15,22

В данном примере минимальная средневзвешенная стоимость капитала наблюдается по 6 варианту, то есть где имеется наивысшая рыночная стоимость всего капитала. В конкретной экономической ситуации такого совпадения может и не быть, так как в приведенном примере рыночная стоимость собственного капитала определялась как пожелания собственников, требуемая ими доходность, а это величина может отличаться от реальной рыночной стоимости капитала. В этом случае приоритет в выборе варианта структуры капитала должен быть отдан по нашему мнению минимизации WACC.

Таким образом, при экономических условиях заданных в приведенном выше примере оптимальной будет структура капитала при доле собственного капитала 42,7% и заемного 57,3%.

В качестве приоритета при выборе структуры капитала может быть выбран также такой показатель как рентабельность собственного капитала, особенно при необходимости решения проблем фирмы в краткосрочном периоде. В этом случае алгоритм выбора оптимального соотношения заемных и собственных средств, следующий:

- принимается величина собственного капитала на базисном отчетном уровне, величина заемного капитала нарастает по вариантам, например, чтобы соотношение собственного и заемного капитала изменялось в пропорции от 80%:20% до обратного значения 20%:80%;
- задается требуемая доходность для собственников (например, 20% на весь капитал) и на этой основе определяется операционная прибыль по вариантам;
- по каждому варианту с учетом суммы заемного капитала рассчитывается плата за кредит, налогооблагаемая и чистая прибыль;
- делением чистой прибыли на собственный капитал определяется рентабельность собственного капитала по вариантам. Оптимальным будет соотношение собственных и заемных средств по варианту, где будет наивысшая рентабельность собственного капитала.

Структура капитала является одним из определяющих факторов при оценке заемного потенциала предприятия.

Оценка заемного потенциала предприятия имеет важное значение, как для кредиторов и инвесторов предприятия, так и собственников и менеджеров фирмы. Цель такой оценки определить величину заимствований, которую предприятие может использовать без угрозы

банкротства или потери финансовой устойчивости.

Укрупнено заемный потенциал зависит: от размера уже используемых, текущих заимствований; от сальдо положительного и отрицательного денежных потоков от операционной деятельности организации.

Для характеристики текущих заимствований и финансовой устойчивости предприятий используют систему показателей (финансовых коэффициентов): коэффициенты автономии, маневренности, финансовой устойчивости так далее. Для оценки сальдо денежных потоков от операционной деятельности используют отчет о движении денежных средств и рассчитывают такие показатели, как коэффициент покрытия процентов операционной прибылью, отношение общей суммы заимствований к прибыли от операций и так далее. Для характеристики заемного потенциала фирмы и ее заемной политики может быть использовано отношение суммарного долга к прибыли и такой не денежной статьи, как амортизация

$$K_{псд} = \frac{КЗ + ДЗ}{П_о + А}, \quad (8)$$

где $K_{псд}$ – коэффициент покрытия суммарного долга;

$КЗ, ДЗ$ – краткосрочные и долгосрочные заимствования;

$П_о$ – прибыль до вычета расходов по выплате процентов и начисленной амортизации;

$А$ – амортизационные отчисления за отчетный период.

В научной литературе и отчетах рейтинговых агентств сумма $П_о + А$ обозначается $EBITDA$. С учетом этого в таблице 3 представлены финансовые показатели, характеризующие заемный потенциал ряда судоходных компаний.

Таблица 3 – Финансовые показатели, характеризующие заемный потенциал судоходных компаний (открытые акционерные общества – речные пароходства) в 2012 году

Компания	Выручка, тыс. руб.	$EBITDA$, тыс. руб.	Суммарный долг $ДС$, тыс. руб.	$ДС/EBITDA$, ед.	$ДС/СК$, %	$EBITDA/В$, %
Обь-Иртышское	1304607	16113	199734	12,3	14,6	1,2
Иртышское*	807304	56473	113926	2,0	30,0	6,9
Енисейское	3402403	570648	136726	0,23	6,7	16,7
Ленское	3184909	684747	4403401	6,43	154,2	21,5
Волжское	3473100	1444160	1824503	1,26	22,9	41,6

*-данные за 2014 год. Обозначения: $СК$ –собственный капитал; $В$ –выручка

Коэффициент отношения суммарного долга к показателю $EBITDA$ характеризует заемную политику фирмы. Предприятия, где это отношение менее 2 имеют значительный заемный потенциал и проводят консервативную заемную политику. В нашем примере это Енисейское и Волжское пароходство. Предприятие с данным показателем от 2 до 3 имеют заемный потенциал среднего уровня и проводят умеренную заемную политику (в нашем примере Иртышское пароходство), а при значении показателя 3 заемную политику фирмы относят к агрессивной. При отношении суммарного долга к $EBITDA$ более 4, предприятие относят к заемщикам с высоким риском, и для снижения риска банки обычно устанавливают повышенную плату за кредит. К таким предприятием по данным таблицы 3 относились Ленское и Обь-Иртышское пароходство.

Таким образом, оптимизация структуры капитала и управления заемным потенциалом фирмы являются важным элементов управления предприятием. Здесь требуется найти «золотую середину»: рост заемного капитала увеличивает возможности повышения рентабельности собственного капитала, но одновременно возрастает риск потери финансовой устойчивости и банкротства предприятия. Поэтому необходимо найти такие пропорции между отдельными элементами капитала, которые обеспечат оптимальное соотношение между рисками и доходностью и максимизирует рыночную стоимость (цену) предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Брэйли, Р. Принципы корпоративных финансов / Р. Брэйли, С. Майерс. – Москва: Олимп-Бизнес, 2004.
- 2 Лукасевич, И.Я. Финансовый менеджмент / И.Я. Лукасевич. – Москва: Эксмо, 2010. – 768 с.
- 3 Модильяни, Ф. Сколько стоит фирма? Теорема ММ / Ф. Модильяни, М. Миллер. – Москва: Дело, 1999.
- 4 Росс, С. Основы корпоративных финансов / С. Росс, Р. Вестерфилд, Б. Джордан. – Москва: Лаб. базовых знаний, 2000.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структура капитала, средневзвешенная цена капитала, показатели структуры капита-

ла, цена фирмы, оптимизация структуры капитала, заемный потенциал фирмы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Храпова Елена Валерьевна, канд. экон. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Кычанов Борис Иванович, канд. экон. наук, доцент Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
644043, г.Омск, ул. Партизанская, 6, Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ МОРСКИХ ПОРТОВ И ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

ФГБУН «Институт экономических исследований» Дальневосточного
отделения РАН

Е.А. Корец

THEORETICAL APPROACHES TO THE ANALYSIS OF ECONOMIC RELATIONS OF SEAPORTS AND ECONOMY OF THE REGION

Economic research institute

E.A. Korets

In article evolution of the main functions of seaport according to the theory of development of port infrastructure is considered. The main problems of development of seaports in the conditions of transition from regional to the spatial are considered.

Keywords: seaports, theory of development of port infrastructure

Рассматривается эволюция основных функций морского порта согласно теории развития портовой инфраструктуры. Рассмотрены основные проблемы развития морских портов в условиях перехода от регионального к пространственному.

Вопросы взаимосвязи и взаимовлияния экономики региона и инфраструктуры всегда были предметом пристального внимания учёных и практиков. Пожалуй, что нет ни в одном виде транспортной инфраструктуры столько внутренних проблем, как в морских портах. Видное место среди них занимает двойственный подход к сущности морских портов в транспортно-экономическом сообществе. Приверженцы регионального подхода, сходятся во мнении, что развитие экономики региона способствует росту морских портов. В свою очередь сторонники пространственного подхода утверждают, что развитие морских портов является полюсом экономического роста региона. Опираясь на два разнонаправленных подхода (региональный и пространственный), в данной статье предпринята попытка интерпретировать теоретические процессы, лежащие в основе взаимоотношений экономики региона и морских портов.

Изначально в поисках ответа на существующее противоречие необходимо обратиться к сущности транспортной инфраструктуры //Термин «инфраструктура» относительно новое понятие в экономической литературе. Впервые оно появилось в 1940-х гг. в работах Х. Зинтера и П. Розенштейна-Родана для обозначения комплекса отраслей хозяйства, обслуживающих промышленное и сельскохозяйственное производство. Повышенный интерес к инфраструктурной проблематике зарубежных экономистов объяснялся тем, что после первой мировой войны затраты на создание инфраструктуры быстро возросли в связи с увеличением масштабов производства, его территориальным рассредоточением и необходимостью по этим причинам крупных вложений. При этом формирование инфраструктурного строительства из госбюджета постоянно приводило к росту налогов с населения и отчислений в бюджет большей прибыли частнокапиталистического сектора. Возникающие в связи с этим противоречия между капиталистами и трудящимися заставляли государство брать на себя расходы по созданию инфраструктуры. В 60-х годах вопросы инфраструктурного строительства стали центральными. В этот период инфраструктурной проблематикой занимались зарубежные исследователи У. Изард, Г. Иохимсен, У. Росту, П. Трейнер, Е.Ульман, Э. Хансен, А. Хиршмен и др. Наиболее значимые работы по изучению инфраструктуры занимались отечественные исследователи Э.Б. Алаев, Б.Х. Краснопольский, В.П. Красовский, И.М. Майергойз, В.П. Орешин и др.//. В настоящее время в экономической литературе существует множество определений термина «производственная (транспортная) инфраструктура», различающаяся по перечню отраслей и выполняемым функциям. Не вдаваясь глубоко в историю теории инфраструктуры, можно с достаточной уверенностью отметить, что среди учёных существует давний спор «Производственная инфраструктура – это сфера производства или сфера услуг?».

Приверженцы регионального подхода полагают, что производственная (транспортная) инфраструктура охватывает объекты, функциональным назначением которых является создание благоприятных условий для осуществления процесса воспроизводства путём обращения материальных благ (транспортировка, хранение и накопление). Сторонники про-

странственного подхода сходятся во мнении, что производственная (транспортная) инфраструктура представляется как система производственного обслуживания – более широкого плана. Она предназначена для создания благоприятных условий постоянного возобновления процесса производства наиболее рациональным образом и включает в себя элементы производящей сферы [1].

Представляется, что сводить понятие «транспортная инфраструктура» лишь к перечислению определённых функций неправомерно. Это означало бы, что для нормального функционирования необходимо сочетать в себе весь комплекс экономических и социальных условий. На самом же деле, как отмечает В.П. Лившиц, необходимо рассматривать транспортную инфраструктуру как комплекс взаимозависимых отраслей, от которых зависит бесперебойность и эффективность всего общественного производства в целом [1].

Вместе с тем, содержание понятия «транспортная инфраструктура» нельзя рассматривать как нечто застывшее во времени. Как отмечает В.Н. Орешин, оно подвергается трансформации, поскольку происходит изменение системы производственного обслуживания. Поэтому эти понятия употребляются как синонимы, имея в виду, что транспортная инфраструктура модифицируется.

Вторым противоречием выступает вечный спор в транспортно-экономическом сообществе «Что первично: транспорт или производство?». На этот счёт у противоборствующих взглядов сложились разные подходы:

– суть регионального принципа сводится к следующему: сначала производство, а потом транспорт. Ещё В.Н. Бугроменко отметил, что уже в 30-е гг. на основе этого принципа существовало утверждение о том, что не грузопотоки формируют сеть, а транспортная сеть формирует грузопотоки [2].

– суть пространственного подхода заключается в том, что транспорт рассматривался как средство преодоления пространства [3].

Применяя двойственный подход к анализу морских портов, эти условия можно сформировать следующим образом: приверженцы регионального подхода, исследуя процессы портовой деятельности, сходятся во мнении, что структура грузопотока морского порта определяется экономикой обслуживаемого им района [4, 5]. Исследователи пространственного подхода, утверждают, что морской порт является полюсом экономического роста [6-8]. В результате своей деятельности порт обеспечивает доступ к более дешёвым мировым сырьевым и товарным рынкам, что позволяет достигать экономии от масштаба. Между портом и регионом образуется двухсторонняя связь. Тесное взаимодействие между портом и регионом детерминирует территорию в крупный промышленный комплекс, а морской порт – в транспортно-промышленный узел [9]. Таким образом, как отмечает А.Л. Кузнецов, создаётся причинно-следственный круг с положительной обратной связью, вызывающей взрывное повышение производительности за счёт синхронизации грузопотоков и их координации грузоотправителей [10].

Принципиальное отличие одного подхода от другого, как отмечает В.Н. Бугроменко, заключается в том, что в региональном подходе учитываются эксплуатационные расходы транспорта, а в пространственном – внешние расходы общества на функционирование транспортной системы [11].

Вместе с тем, в России продолжает сохраняться региональный подход, при котором, морские порты воспринимаются как производственная сфера, а не сфера услуг. Достаточно привести задачи, поставленные в основных программных документах: Транспортная стратегия Российской Федерации и Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России – развитие портовой инфраструктуры для экспорта сырьевых ресурсов [12, 13]. В качестве показателей, характеризующих деятельность морского порта, выступает перевалочный грузооборот, а контрольными измерителями результативности являются мощности портов, длина причалов, количество морских судов и прочие показатели. Как отмечает Б.Н. Книпович «цифры увлекают: исследователь переносит внимание на их колебания, ... а не на ход эволюции» [16]. В тоже время как отмечает А.П. Горюнов, наращивание экспорта топливно-энергетических ресурсов способствует развитию сырьевой ловушки, которая блокирует попытки внедрения инновационных технологий [14].

По мнению В.Н. Бугроменко, даже современные бизнес-планы используют советскую схему планирования транспорта (проектный подход), когда определяется предполагаемое несоответствие будущих потоков пропускным возможностям сети, и на этой основе предлагаются мероприятия по строительству и реконструкции транспортной сети. Однако в услови-

ях плановой экономики прогноз будущих потоков обычно подтверждался более чем на 85%, в условиях рынка прогноз будущих потоков редко подтверждается более чем на 50% [14].

На взгляд автора для работы морского порта, согласно пространственному подходу, важны показатели, которые формируют транспортные условия жизнедеятельности и хозяйствования – добавленная стоимость в порту, скорость прохождения грузопотока, доступность (связность с другими отраслями и регионами). Как отмечают зарубежные учёные, добавленная стоимость, создаваемая портом – это лучший показатель, определяющий роль катализатора, способствующего экономическому развитию региона [6]. В то же время необходимо учитывать региональный подход, который отражает перспективные проекты.

Помимо сложившихся противоречий, существует парадоксальная проблема в морских портах – доминирующая роль внутранспортного эффекта, поскольку доминирующую роль в общей структуре доходов от портовой деятельности занимает косвенный эффект (налоговые отчисления компаний, вовлечённых в портовую деятельность; косвенная занятость их доходы и налоговые отчисления). Количественное определение косвенного эффекта затруднено. Как отмечают П.А. Минакир, О.М. Прокаполо экономические системы «расползлись» в пространстве, различные пространственно локализованные экономические сообщества интенсивно взаимодействуют друг с другом. Это взаимодействие принимает различные формы и вполне определённым образом модифицирует обобщённые экономические параметры и социальные результаты. Поэтому важно рассматривать не только изменения во времени, но и в пространстве [15]. В настоящее время доказывать необходимость выявления и учёта пространственного фактора в экономике России более нет нужды. Но единообразного и непротиворечивого представления о том, каковы теоретико-методологические основания исследования пространственного фактора в экономике, пока не выработано [16].

В поисках определения косвенного эффекта, по мнению автора, необходимо рассмотреть транспортно-экономические связи, положенные в основу транспортно-экономического баланса, так как они отражают потоки товаров между производством и потреблением, между районами и регионами страны и далее на международном уровне, осуществляемые посредством различных видов транспорта.

Основополагающей теорией, которая объясняет механизм взаимосвязи морских портов и экономики региона, является теория развития портовой инфраструктуры (теория хинтерландов). В общем виде теория описывает результат совершенствования технологий морских перевозок и обработки грузов. Это развитие отражает пространственно-территориальные отношения между портом и ядром города. Традиционно взаимодействие порта рассматривается в двух плоскостях: с внутренними районами «хинтерланд» и внешними районами «фортланд». Сторонники первого подхода уделяют большое внимание внутренним связям (Ван Клинк), а сторонники второго подхода – на важности внешних связей (Марсадон) [17]. Как отмечает А.Л. Кузнецов, порт рассматривается как точка схождения и «хинтерланда» и «фортланда». Как следствие, потенциал любого порта следует оценивать в контексте развития его наземной и морской системы распределения [9]. Руководствуясь целью данного исследования, автор рассматривает взаимодействие морского порта с внутренними районами – хинтерланд порта.

Изначально, теория развития портовой инфраструктуры основывалась на том, что грузы, тяготеющие к морскому порту, определяют его специализацию, что соответствует, по мнению автора, региональному подходу. В целом модель развития портовой инфраструктуры, предложенная в 1980 г. Дж. Бёрдом, описывает переход от начальной фазы, характеризующейся наличием расположенных рядом и примыкающих к городу отдельных причалов, к развитию порта в ходе совершенствования технологий морских перевозок и обработки грузов. Растущая специализация грузообработки, увеличение размера судов, постоянный рост потребностей в площадях для хранения и выполнения операций – всё это приводило на поздних стадиях развития к появлению портовых мощностей вдали от начального их местоположения.

Впоследствии, модель развития портовой инфраструктуры Дж. Бёрда устарела по причине развития транспорта, при котором существенно расширились границы инновационного производства, удешевилась транспортировка и коммуникационные технологии обусловили разделение производства между различными странами.

Начиная с 2000 г. активно развивается подход, при котором морской порт выступает в качестве полюса экономического роста, что соответствует, по мнению автора, пространственному подходу.

Отличительным признаком нового подхода от другого является то, что морской порт рассматривается не как отдельный порт, а как сложная система сферы портовых услуг, состоящая из нескольких портов [9]. В соответствии с новой моделью в процессе развития портовой инфраструктуры выделяется пять стадий (рисунок).

На первой стадии порты побережья представлены отдельными, слабо взаимодействующими через общий хинтерланд портами, соединенными со своими центрами грузового тяготения узкоспециализированными транспортными коридорами. На второй стадии отдельные порты в результате эволюционного развития приобретают большее влияние и значение для своего хинтерланда. На третьей стадии происходит централизация портовой деятельности в относительно небольшом количестве эффективно работающих портов, образующих систему грузовых центров. Распределение грузопотоков для морских перевозок оказывается более рациональным через наземные транспортные коридоры, связывающие морские грузовые центры с наземными.

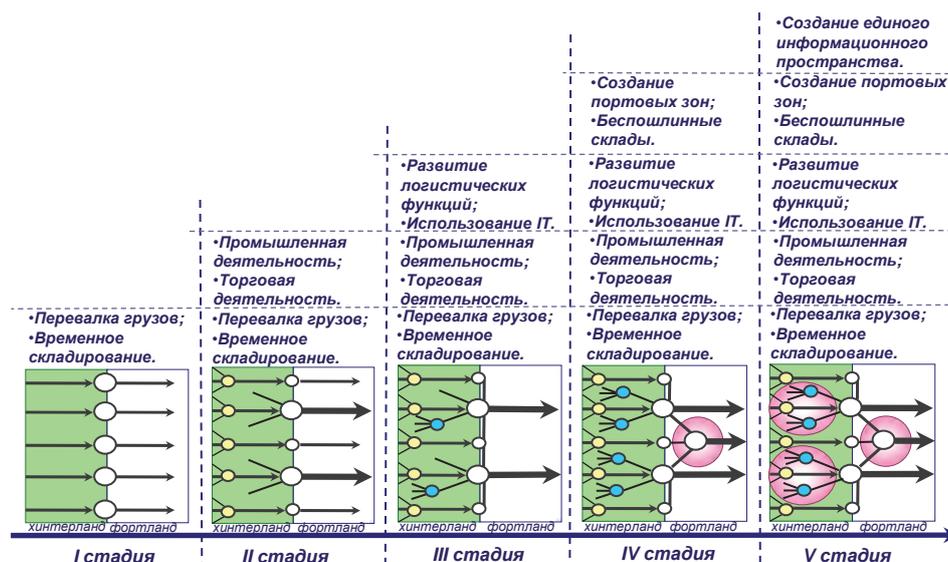


Рисунок – Этапы развития функций морских портов [18]

На четвёртой стадии, в местах расположения отдельных традиционных портов с выгодными географическими характеристиками или в «оффшорных зонах» появляются так называемые порты-хабы, которые слабо связаны с хинтерландом. На пятой стадии, во всей тыловой территории порта происходит интенсивное образование целых кластеров логистических объектов (сухих портов). Отдельные грузовые центры формируют взаимодействующую систему, которая приобретает качественно новые возможности грузообработки.

Вместе с тем, как отмечает А.Л. Кузнецов, развитие соответствующей сети региональных центров порождает вереницу региональных проблем. Так, например, ключевым вопросом при проектировании и создании сети региональных грузовых центров является распределение средств между всеми участниками. Как правило, отмечается традиционная «утечка» доходов из порта в сторону смежных видов транспорта. Фаза регионализации стимулирует утрату дохода портами и передачу его в наземную логистическую сеть распределения. В то же время, порт, в пределах своей площади получает массу логистических «обременений» в виде ненужных для своей прямой деятельности объектов и операций. Эта ситуация является потенциальным источником социально-экономического конфликта при развитии морских портов, остро ставя вопрос об оптимальном размещении и размерах порта для данного региона.

На основе проведённого исследования получены следующие выводы. Развитие теории портовой инфраструктуры условно описывает два основных подхода: региональный и пространственный. Обеспечение эффективного функционирования порта с одной стороны, оказывает положительное влияние на портовый регион, с другой стороны повышает его конкурентоспособность. Соответственно, двусторонняя связь между портом и регионом является взаимным интересом, как для экономики региона, так и для транспортной отрасли. Вместе с тем, двойственный подход к сущности морских портов в транспортно-экономическом сообществе, породил отсутствие общепризнанных подходов, позволяющих определить вклад

морских портов в экономику региона.

По мнению автора, в настоящее время существует определённая сложность перехода от регионального к пространственному, которая выражается в отсутствии максимального учёта экономических и транспортных факторов. В этой связи необходимо использовать пространственный подход с элементами регионального.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Орешин, В.П. Планирование производственной инфраструктуры: комплексный подход /В.П. Орешин. – Москва: Экономика, 1986. – 141 с.
- 2 Бугроменко, В.Н. Эффективность сетевых проектов в транспортной инфраструктуре /В.Н. Бугроменко, М.Ю. Калинин // Транспортные инвестиционные проекты народнохозяйственная, региональная и коммерческая эффективность. – Москва, 2005.
- 3 Раднаев, Б.Л. Транспорт Востока в новой социально-экономической и геополитической ситуации /Б.Л. Раднаев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. – 128 с.
- 4 Громов, Н.Н. Транспортное обслуживание северных районов /Н.Н. Громов, В.Ф. Бурханов, А.Д. Чудновский. – Москва: Транспорт, 1982. – 85 с.
- 5 Золотарёв, В.И. Экономика морского порта / В.И. Золотарёв, Н.Т. Примачёв, В.И. Чекаловец. – Москва: Транспорт, 1986. – 240 с.
- 6 Commercial Development of Regional Ports as Logistics Centers; Free Trade Zone and Port Hinterland Development // Korea Maritime Institute. – New York, 2005. – P. 109.
- 7 Hinterland Connections of Seaports // United Nations Economic Commission for Europe. – New York; Geneva, 2010. – P. 140
- 8 Винников, В.В. Экономика морского транспорта /В.В. Винников. – Одесса: Латстар, 2011. – 944 с.
- 9 Кузнецов, А.Л. Новый сценарий для российских портов /А.Л. Кузнецов // Мор. порты. – 2009. – №3. – С. 28–33.
- 10 Кузнецов, А.Л. Новая роль морских портов в мировой экономике [Электронный ресурс]/А.Л. Кузнецов. – Режим доступа: http://wingi.ru/firms_profile/viewMsg-312/blog-151/firm_id-3700.
- 11 Бугроменко, В. Н. Современная география транспорта и транспортная доступность / В. Н. Бугроменко // Изв. РАН. Сер. Географическая. – 2010. – № 4. – С. 7–16.
- 12 Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года: приказ М-ва трансп. Рос. Федерации от 30.07.2010 № 167.
- 13 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 22.11.2008 № 1734-р: по сост. 11.06.2014 г. – С. 117
- 14 Синтез научно-технических и экономических прогнозов: Тихоокеанская Россия – 2050 / под ред. П.А. Минакира, В.И. Сергиенко. – Владивосток : Дальнаука, 2011. – 912 с.
- 15 Минакир, П.А. Региональная экономическая динамика. Дальний Восток / П.А. Минакир, О.М. Прокапало; отв. ред. В.В. Кулешов. – Хабаровск, 2010. – 304 с.
- 16 Минакир, П.А. Пространственная экономика: эволюция подходов и методология / П.А. Минакира, В.И. Сергиенко // Пространств. экономика. – 2010. – № 2. – С. 6–32.
- 17 Ducruet, C. Port competition and network polarization in the East Asian maritime corridor, Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. 2011 [Electronic resources] /C. Ducruet, Sung-Woo Lee et Adolf Koi Yu Ng. – Режим доступа: // <http://tem.revues.org/1327>.
- 18 Заостровских, Е.А. Проблемы и перспективы интеграции морского транспорта Дальнего Востока России в мировую транспортную сеть /Е.А. Заостровских // Таможен. политика России на Дал. Востоке. – 2015. – № 1. – С. 31–37.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морские порты, теория развития портовой инфраструктуры
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Корец Елена Анатольевна, научный сотрудник ИЭИ ДВО РАН
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 680042, г.Хабаровск, ул.Тихоокеанская, 153, ИЭИ ДВО РАН

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ФИНАНСОВО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Я.Н. Поликарпова

SUGGESTIONS TO IMPROVE FINANCIAL AND INVESTMENT SAFETY OF HYDRAULIC CONSTRUCTIONS

Siberian state university of water transport
Ya.N. Polikarpova

It is difficult to overestimate the importance of proper planning of investments in particular at the federal level, where the numerical values of the index are used. The efficiency of finance and investment policy proposed to evaluate in terms of improving of hydraulic constructions efficiency and its safety. To bring together the above-mentioned concepts of efficiency it is proposed to introduce an additional indicator that takes into account the situation of uncertainty and risk arising from the operation of hydraulic structures.

Keywords: efficiency, safety, hydraulic constructions

Трудно переоценить значимость правильного планирования инвестиций на федеральном уровне, где используются числовые значения показателей. При этом эффективность финансово – инвестиционной политики предлагается оценивать с точки зрения повышения работоспособности гидротехнического сооружения и его безопасности. Чтобы сблизить предлагаемые понятия эффективности предлагается ввести дополнительный показатель, учитывающий ситуации неопределенности и риска, возникающие при эксплуатации гидротехнического сооружения.

Сущность любой ситуации неопределенности и риска – это критическое отклонение наиболее важных параметров, влияющих на жизнеспособность предприятия и организации. И именно контроль отклонений по наиболее важным техническим, экономическим и социальным параметрам может гарантировать своевременный учет опасности и повысить эффективность использования выделяемых субсидий.

Значимость этого подхода обуславливается еще и тем, что изношенность основных средств на предприятиях и в частности водного транспорта повышаются, а значит риск увеличения убытков возрастает с каждым годом.

Для включения информации о неопределенности и риске, связанного с каждым гидротехническим сооружением лучше всего подходит дополнительный показатель деятельности субъектов Российской Федерации, O_{4i} .

Проанализируем, в какую из составляющих можно включить информацию о неопределенности и риске.

P_i – наличие у i -го субъекта Российской Федерации, утвержденной программы в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений;

R_i – оценка полноты включения гидротехнических сооружений i -го субъекта Российской Федерации в Российский регистр гидротехнических сооружений;

S_i – оценка исполнения i -ым субъектом Российской Федерации соглашения о предоставлении субсидий в предыдущем отчетном периоде.

Ни один из параметров не может нести такой смысловой нагрузки. Поэтому было бы разумным включить показатель риска, суммируя его с предыдущими значениями, например, обозначив как RS_i .

RS_i – оценка показателя риска эксплуатации у i -го субъекта Российской Федерации, влекущего за собой убытки и потери.

То есть если у субъекта Российской Федерации есть такие гидротехнические сооружения, на которых аварии, сбои в работе, возникновение чрезвычайных ситуации приводили к возникновению ущерба, то этот показатель должен увеличивать объем субсидий.

$RS_i = 4$, если субъектом Российской Федерации фиксировались случаи возникновения чрезвычайных ситуаций;

$RS_i = 0$, если субъектом Российской Федерации не фиксировались случаи возникновения чрезвычайных ситуаций.

Сведем данное предложение в табличную форму (таблица 1).

Необходимо рассмотреть вариативные показатели значений, для чего надо провести работу по анализу сумм ущерба в результате возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях водного транспорта.

Сегодня существуют некоторые методики, предлагающие проведение оценки ущерба (размера убытков) в результате наступления события, связанного с неопределенностью и риском.

Таблица 1 – Параметры числовых показателей O_{4i}

Показатель	Параметры	Примечание
P_i	наличие у i -го субъекта Российской Федерации, утвержденной программы в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений	существующий показатель
R_i	оценка полноты включения гидротехнических сооружений i -го субъекта Российской Федерации в Российский регистр гидротехнических сооружений	существующий показатель
S_i	оценка исполнения i -ым субъектом Российской Федерации соглашения о предоставлении субсидий в предыдущем отчетном периоде	существующий показатель
RS_i	наличие у i -го субъекта Российской Федерации, гидротехнических сооружений на которых зафиксированы аварии, сбои в работе и нанесение ущерба здоровью, жизни физических лиц и окружающей среде	предлагаемый показатель

Данные методики, в зависимости от размера объекта, предлагают использование следующих методов определения ущерба: метод детальной оценки; планшетный метод; метод

укрупненных показателей;

Метод детальной оценки – данный метод предназначен для определения ущерба в результате возникновения ситуации неопределенности и риска, которые можно считать локальными;

Планшетный метод оценки, предназначенный для определения размера ущерба, возникающего в результате ситуации, отнесенной к местной. Для этого метода используют информацию об отдельных объектах, содержащуюся в геоинформационных базах данных и системах (ГИС);

Метод укрупненных показателей, предназначенный для определения размера ущерба, возникшего в результате ситуации, территориальной (в масштабах региона и более), и использующий статистические данные экономического развития регионов и плотности расселения населения в этих регионах.

Методика может быть применена как для оценки размера вероятного размера убытков (потерь) в целом, так и для определения отдельных составляющих этих убытков.

Данные методики применяются в зависимости от масштаба чрезвычайной ситуации, сумме ущерба и значимости для субъекта Российской Федерации.

Тем не менее, актуальным останется вопрос определения количественных показателей предложенного автором RS_i .

Некоторые обобщенные результаты поэтапного экономического анализа с применением методов расчета ущерба использованы и в приведенной разработке математической модели по обоснованию оценки данного показателя. Риск наступления события, влекущего за собой убытки на гидротехническом сооружении водного транспорта субъекта Российской Федерации

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot \dots \cdot R_n \quad (8)$$

где R_{ij} – риск наступления события влекущего за собой убытки у i -того субъекта Российской Федерации на j -том объекте.

Первым шагом в данной модели с целью облегчения прогнозирования и анализа все типы чрезвычайных ситуаций разбиваются на ряд простых.

Эксплуатация гидротехнических сооружений водного транспорта сопряжена с шестью простыми ситуациями неопределенности и риска S_i ($i=1, 2, \dots, 6$), где: 1-ситуации, связанные с техническим состоянием гидротехнического сооружения; 2-ситуации связанные с возникновением аварии; 3-ситуации, связанные с социальными проблемами, связанные с человеческим фактором; 4-ситуации, связанные с риском недофинансирования; 5-ситуации, связанные с эксплуатацией гидротехнического сооружения; 6-ситуации, связанные с экологическими ограничениями.

Отметим, что количество простых ситуаций может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от следующих параметров: масштаба объекта; его специфики деятельности (например, судопропускное сооружение); от наличия и разнообразия подобных ситуаций в предыдущем периоде эксплуатации основных средств. То есть $i = n$.

Вторым шагом необходимо разделить ситуации по степени значимости. Обычно по степени значимости все ситуации делятся на две группы. Критерием деления ситуаций является сумма убытков по каждой. Ситуации, которые будут включены в первую группу, – это ситуации, сумма убытков в которых за предыдущий анализируемый период или прогнозируемая сумма убытков является максимальной

$$FI = F_1 + F_2 + \dots + F_n; \quad (9)$$

$$FI \rightarrow \max, \quad (10)$$

где FI – сумма убытков по первой группе ситуаций, руб.;

F_1, F_2, \dots, F_n – соответственно размер убытков по первой, второй и так далее ситуациям, руб.

Ситуации, отнесенные к первой группе, считаются приоритетными. В первую группу целесообразно отнести: $S_1 - S_4$. Количество ситуаций в первой группе может меняться в зависимости от специфики эксплуатируемых основных средств.

Ко второй группе отнесем те ситуации, сумма убытков по которым была минимальной за предшествующий период или прогнозируемые убытки на перспективу невелики. Во вторую группу отнесем ситуации S_5 и S_6 .

$$FII = F_5 + F_6 + \dots + F_n; \quad (11)$$

$$FII \rightarrow \min, \quad (12)$$

где FII – сумма убытков по второй группе ситуаций, руб.;

F_5 – размер убытка по каждой ситуации в группе, руб.

Число ситуаций во второй группе два. Как и в предыдущем случае, число ситуаций может быть изменено в зависимости от объекта и специфики эксплуатации основных средств.

Третий шаг заключается в том, что ситуациям придаются веса в порядке ранжирования убытков. Причем, сумма весов по всем группам равна единице

$$\sum W_i = 1. \quad (15)$$

При этом должно выполняться следующее

– если $F_n \rightarrow \max$, то $W_i \rightarrow \max$; (16)

– если $F_n \rightarrow \min$, то $W_i \rightarrow \min$. (17)

Четвертый шаг – для оценки вероятности наступления событий, относящихся к каждой группе, привлекаются эксперты. Эксперты оценивают вероятность наступления каждой простой прогнозируемой ситуации. То есть каждому событию S_i будут соответствовать средние вероятности их наступления Y_i

$$S_i = Y_i; \quad (18)$$

$$Y_i = (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m) / m, \quad (19)$$

где Y_i – средняя прогнозируемая вероятность каждого простого события;

m – количество экспертов;

$Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m$ – прогнозируемая вероятность простой ситуации каждым событием несколькими экспертами.

Пятый шаг – после выставления вероятностей необходимо определить вес группы с наименьшим приоритетом. Для этого применяют следующую формулу

$$W_k = \frac{2}{k(f+1)}. \quad (20)$$

где k – номер группы с наименьшим приоритетом (в нашем случае это равно 2);

f – соотношение весов первого и последнего приоритета

$$f = W_1 / W_6. \quad (21)$$

Определение веса ситуаций в первой группе. Для этого применим следующую формулу

$$W_1 = \frac{W_k [(k-1)f + l - 1]}{k+1}, \quad (22)$$

где l – номер группы с большим приоритетом (в нашем случае это номер один).

Для определения веса простых ситуаций в каждой приоритетной группе используют формулу

$$W_i = W_1 / h_i, \quad (23)$$

где h_i – число ситуаций в группе.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Веса простых ситуаций в каждой группе

Риск (S_i)	Приоритет	Вес в данной группе (W_i)
S_1	1	W_1
S_2	1	W_2
S_3	1	W_3
S_4	1	W_4
S_5	2	W_5
S_6	2	W_6
Итого	–	1

Используя вероятностные оценки, полученные экспертами, можно дать балльные оценки вероятности наступления событий. Для этого применим

$$H = \sum W_i \cdot Y_i, \quad (24)$$

где H – балльная оценка по всем событиям;

Y_i – вероятность наступления события.

Результаты представим в виде таблицы 3

Таблица 3 – Балльные оценки вероятности наступления событий

Риск (S_i)	Вес (W_i)	Вероятность (Y_i)	Балл ($W_i Y_i$)
S_1	W_1	Y_1	$W_1 Y_1$
S_2	W_2	Y_2	$W_2 Y_2$
S_3	W_3	Y_3	$W_3 Y_3$
S_4	W_4	Y_4	$W_4 Y_4$
S_5	W_5	Y_5	$W_5 Y_5$
S_6	W_6	Y_6	$W_6 Y_6$
Сумма	1	–	$\sum W_i Y_i$

Примем H равным 4 баллам. Тогда ранжирование ситуаций будет следующим (таблица 4).

Именно значения в баллах и будут влиять на показатель RS_i . При этом необходимо отметить, что только расчет практических значений даст возможность выбрать правильные данные для этого показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нормативы финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений.

2 О безопасности гидротехнических сооружений: федер. закон РФ от 21.07.1997 № 117-ФЗ.

3 Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета в 2012 году бюджетам субъектов Российской Федерации на осуществление капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности и бесхозяйных гидротехнических сооружений, а также на ликвидацию бесхозяйных гидротехнических сооружений в рамках реализации федеральной целевой программы "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах"

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *эффективность, безопасность, гидротехнические сооружения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Поликарпова Яна Николаевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Таблица 4 – Ранжирование ситуаций (по принципу максимина)

Риск (S_i)	Значение в баллах
S_1	H_1
S_2	H_2
S_3	H_3
S_4	H_4
S_5	H_5
S_6	H_6
Итого	$\sum H_i = 4$

ПЛАНИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДНА

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

Н.А. Рехалова

PLANNING OF LIFE CYCLE IN THE SHIP DESIGN
 Volga state university of water transport
 N.A. Rekhhalova

The description of planning of scenarios of life cycle of a ship during the designing of a new ship of inland navigation and the during implementation of the project of its modernization or re-equipment. The method of planning of life cycle of ship can be used in CALS-technologies in river shipbuilding.

Keywords: planning of scenarios of life cycle of a ship, database of levels of quality of components of masses of a ship

Описана методика разработки сценариев жизненного цикла судна при проектировании нового судна внутреннего плавания и выполнении проекта его модернизации или переоборудования. Методика планирования жизненного цикла судна может использоваться при применении CALS-технологий в речном судостроении.

При проектировании судов, в том числе с применением модульных концепций, а также при модернизациях и переоборудованиях, важно учитывать, как повлияют принимаемые технические решения на дальнейший жизненный цикл судна (ЖЦС) [1, 2].

Для этого при разработке проекта судна должны прорабатываться сценарии, учиты-

вающие, что в течение жизненного цикла судна может возникнуть необходимость его качественных изменений, например проведение переоборудования. Подобные изменения ЖЦС диктуются конъюнктурой рынка, условиями эксплуатации, техническим состоянием судна и направлены на повышение прибыльности перевозок, сокращение срока окупаемости и уменьшение затрат на поддержание годного технического состояния судна. Разработку сценариев ЖЦС целесообразно выполнять одновременно с применением методов определения и оптимизации элементов и характеристик судов, их архитектурно-конструктивных особенностей.

Планирование ЖЦС при разработке проекта судна или проекта его модернизации (переоборудования) может осуществляться с использованием методики оптимизации составляющих нагрузки масс судов внутреннего плавания, когда проектирование ведется с заданным уровнем качества масс различных уровней стоимости. Величины масс определяются расчетами по математической модели. Результатом расчетов является сочетание составляющих нагрузки масс при минимальной себестоимости постройки судна с учетом сценария ЖЦС и ограничений по величине масс [3].

Уровни качества назначаются в зависимости от планируемого сценария жизненного цикла судна из заранее сформированной базы данных, в которую включаются распределенные по уровням стоимости составляющие нагрузки масс, оказывающие наибольшее влияние на надежность судна. Разделение по уровням качества выполняется в соответствии с рассчитанными комплексными показателями качества [4].

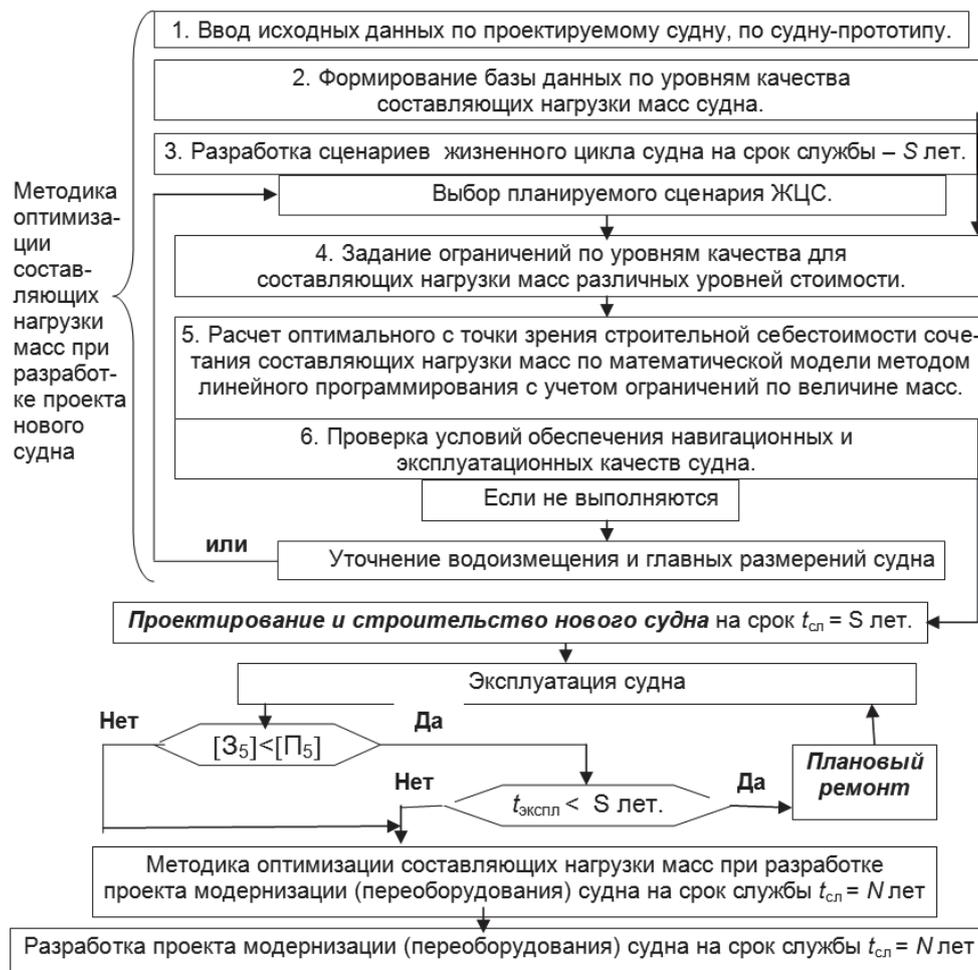


Рисунок 1 – Блок-схема планирования жизненного цикла судна: $[З_5]$ -затраты; $[П_5]$ -прибыль за время эксплуатации 5 лет, тыс. руб.; $t_{сл}$ -срок службы судна; $t_{экспл}$ -период эксплуатации

Распределение составляющих нагрузки масс по уровням стоимости выполнено путем обработки статистических данных по строительной стоимости с учетом всех накладных расходов одной тонны расчетных единиц судов внутреннего плавания [5].

Сценарий ЖЦС связан с планируемым сроком службы судна. Длительный срок эксплуатации судна – более 15-20 лет обеспечивается применением элементов нагрузки масс (из базы данных по уровням качества) с высокими значениями показателей безотказности и долговечности, по которым рассчитывается комплексный показатель качества. При меньшем сроке службы целесообразно предусмотреть последующую модернизацию судна, тогда показатели безотказности и долговечности элементов нагрузки масс могут быть снижены, но показатели ремонтпригодности должны быть выше.

Решение о проведении модернизации (переоборудования) принимается на основании сравнения прибыли и затрат, рассчитываемых по известным методикам, за прошедший период эксплуатации судна, как правило с периодичностью в 5 лет (рисунок 1). На величину затрат, кроме прочих факторов, будет оказывать влияние оптимизация составляющих нагрузки масс.



Рисунок 2 – Блок-схема планирования жизненного цикла при разработке проекта модернизации (переоборудования) судна

При разработке проекта модернизации (переоборудования) судна для осуществления планирования дальнейшего ЖЦС необходимо вначале выполнить корректировку уровней качества эксплуатирувавшихся механизмов, оборудования и материалов, которая производится в результате оценки технического состояния судна, после проведения дефектаций, ремонтов и/или испытаний. Полученные изменения вносятся в базу данных по уровням качества составляющих нагрузки масс судна, после чего разрабатываются сценарии дальнейшего жизненного цикла судна после модернизации (переоборудования), из которых выбирается один – планируемый. Ограничения по уровням качества задаются для вновь устанавливаемых элементов нагрузки масс каждого уровня стоимости, с учетом уровней качества эксплуатирувавшихся составляющих нагрузки масс. В результате расчетов по математической модели определяется оптимальное с точки зрения строительной себестоимости сочетание вновь устанавливаемых составляющих нагрузки масс судна. Планируемый сцена-

рий может быть пересмотрен в том случае, если полученное сочетание масс не соответствует ограничениям по навигационным и эксплуатационным качествам судна (рисунок 2).

Окончательное решение о выполнении как первой, так и повторной модернизации судна или списании судна принимается по результатам сравнения затрат и прибыли за планируемый срок службы судна после модернизации, с учетом результатов применения методики оптимизации составляющих нагрузок масс.

Перечень оборудования по каждому уровню стоимости, подлежащий включению в базу данных по уровням качества, зависит от типа судна. Например, при проектировании судов повышенной экологической безопасности или модернизации судна в направлении увеличения его экологической безопасности указанный перечень расширяется для следующих разделов и групп нагрузки масс: электрооборудование; палубные механизмы, трубопроводы, вспомогательные механизмы машинного отделения, системы, судовые устройства, металл в составе корпуса и надстройки [6].

Представленная методика может быть наиболее эффективна при применении CALS-технологий в судостроении, когда формируется единое электронное информационное пространство для оперативного обмена данными между заказчиком, проектантом, поставщиками оборудования и материалов, заводом-строителем на разных этапах ЖЦС. При использовании CALS-технологий информация о составляющих нагрузках масс судна (база данных по уровням качества) становится доступна для использования и корректировки на разных этапах его жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Егоров, Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска / Г.В. Егоров. – Санкт-Петербург: Судостроение, 2008. – 384 с.
- 2 Production, Operation and Robustness Module, 2009 [Electronic resources] / J.D. Caprace, F. Bair (ANAST University of Liege, Liege, Belgium), M. Hubler (Center of Maritime Technologies, Hamburg, Germany), I. Lazakis, O. Turan (NAME Universities of Glasgow & Strathclyde, Glasgow, United Kingdom), V. Zanic, J. Andric, P. Prebeg, K. Piric (University of Zagreb, Zagreb, Croatia). – Режим доступа: http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/25593/1/IMPROVE_WP4_V5-FINN.pdf.
- 3 Рехалова, Н.А. Экономико-математическая модель процесса управления строительной стоимостью судов на ранних стадиях проектирования / Н.А. Рехалова, В.П. Лобастов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2010. – № 2. – С.44–46.
- 4 Рехалова, Н.А. Оценка уровней качества элементов судна при одном уровне стоимости / Н.А. Рехалова // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. – Н.Новгород, 2011. – Вып. 29 – С. 142–147.
- 5 Рехалова, Н.А. Зависимость строительной стоимости судна от масс элементов разных уровней стоимости / Н.А. Рехалова // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. – Н.Новгород, 2010. – Вып. 28. – С.79–82.
- 6 Требования экологической безопасности судов внутреннего плавания, учитываемые при оптимизации составляющих нагрузок масс // Труды 15-го международного научно-промышленного форума «Великие реки - 2013». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». – Н. Новгород, 2013. – Т. 1. – С. 301–305.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *планирование сценария жизненного цикла судна, база данных по уровням качества составляющих нагрузок масс судна*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Рехалова Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5а, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*

ФИНАНСОВО-ИНВЕСТИЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Я.Н. Поликарпова

FINANCE AND INVESTMENT SAFETY OF HYDRAULIC CONSTRUCTURES OF WATER TRANSPORT
Siberian state university of water transport
Ya.N. Polikarpova

One of the significant factors of safety is a law-fortified way of investing. And even if the allotted investments are carried out within the law, a very large percentage of them may be used ineffective. One of the ways of increasing the efficiency of investment industry is to increase the safety of the industry in terms of damage to health and property of individuals and the environment. If we talk about the water transport industry, the problem today is deterioration and the risk of exploitation of hydraulic constructions.

Keywords: investments, safety, hydraulic constructions

Одним из значимых факторов безопасности является законодательно закреплённые пути осуществления инвестиций. Даже если выделяемые инвестиции осуществляются в рамках законодательства, очень большой процент их использования может быть неэффективным. Одним из направ-

ления повышения эффективности инвестирования отраслей является повышение безопасности функционирования этой отрасли с точки зрения нанесения вреда здоровью, имуществу физических лиц и окружающей среде. Если мы говорим об отрасли водного транспорта, то на сегодняшний день проблемным местом являются гидротехнические сооружения в силу их изношенности и опасности при эксплуатации.

Значимость повышения безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений водного транспорта переоценить сложно. Можно так же сказать о том, что безопасность гидротехнических сооружений – это составляющая финансово-инвестиционной безопасности государства.

Постановлением Правительства РФ от 02.12.2014 г. №1295 был введен норматив финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений, цель которого была изменить те недостатки нормативов, которые были введены ранее» [1].

С 2015 г. размер финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений на очередной год рассчитывается как произведение нормативов финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений на 2011 г., пересчитанных по состоянию на текущий год, прогнозного индекса потребительских цен на очередной год и протяженности внутренних водных путей Российской Федерации соответствующей категории в очередном году или балансовой стоимости судоходных гидротехнических сооружений на 1 января 2011 г. соответственно.

Таким образом, из нормативов полностью убрано влияние налоговых ставок, что конечно является правильным в силу не стабильности налоговой системы Российской Федерации.

Актуальным оставался вопрос об инвестициях на модернизацию и капитальный ремонт гидротехнических сооружений. Изменений в этой части не произошло. Рассмотрим законодательно установленные основы [1].

Условия предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета в 2012-2014 гг. бюджетам субъектов Российской Федерации на осуществление капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, определяются следующим образом.

Размер субсидии, предоставляемой бюджету i -го субъекта Российской Федерации, определяется по формуле

$$C_i = C \frac{K_i}{\sum K_i}, \quad (1)$$

где C – общий объем субсидий, предусмотренный в федеральном бюджете на 2012 г.;
 K_i – оценка деятельности органов исполнительной власти i -го субъекта Российской Федерации;
 $\sum K_i$ – сумма оценок субъектов Российской Федерации.

Предполагается оценивать деятельность органов исполнительной власти каждого анализируемого субъекта. Остается открытым вопрос, кто будет проводить данную оценку, ведь при экспертном способе проведения оценки присутствует всегда момент субъективности. Законодатели предложили использовать четыре числовых значения оценочных показателей: количество, необходимость капитального ремонта, отклонение от нормативных показателей по техническим показателям, и дополнительные показатели.

Оценка деятельности органов исполнительной власти i -го субъекта Российской Федерации определяется по формуле

$$K_i = 0,25 O_{1i} + 0,25 O_{2i} + 0,25 O_{3i} + 0,25 O_{4i}, \quad (2)$$

где $O_{1i}, O_{2i}, O_{3i}, O_{4i}$ – числовые значения оценочных показателей деятельности органов исполнительной власти i -го субъекта Российской Федерации в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.

Рассмотрим более подробно данные показатели:

O_{1i} – оценка i -го субъекта Российской Федерации по количеству гидротехнических сооружений и бесхозных гидротехнических сооружений, требующих капитального ремонта, и бесхозных гидротехнических сооружений, требующих ликвидации;

- O_{2i} – оценка i -го субъекта Российской Федерации по доле гидротехнических сооружений и бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих капитального ремонта, и бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих ликвидации, в общем количестве гидротехнических сооружений и бесхозяйных гидротехнических сооружений по i -му субъекту Российской Федерации;
- O_{3i} – оценка i -го субъекта Российской Федерации по доле гидротехнических сооружений и бесхозяйных гидротехнических сооружений, приводимых в нормативное состояние за счет средств бюджета i -го субъекта Российской Федерации (местных бюджетов), в общем количестве гидротехнических сооружений и бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих капитального ремонта, и бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих ликвидации, по i -му субъекту Российской Федерации;
- O_{4i} – оценка i -го субъекта Российской Федерации по дополнительным показателям деятельности субъекта Российской Федерации.

Отметим, что данные показатели включают в себя не большое количество параметров. Акцент делается на гидротехнических сооружениях находящихся на балансе и на бесхозяйных гидротехнических сооружениях. В свою очередь бесхозяйные сооружения могут ликвидироваться либо приводиться в соответствие с нормативами (таблица).

Таблица – Параметры числовых показателей O_i

Показатель	Параметры	Удельный вес показателя, утвержденный правилами
O_{1i}	– количество гидротехнических сооружений требующих капитального ремонта – количество бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих ликвидации	0,25
O_{2i}	– доля гидротехнических сооружений требующих капитального ремонта, – доля бесхозяйных гидротехнических сооружений, требующих ликвидации	0,25
O_{3i}	– доля гидротехнических сооружений приводимых в нормативное состояние – доля бесхозяйных гидротехнических сооружений, приводимых в нормативное состояние	0,25
O_{4i}	оценка i -го субъекта Российской Федерации по дополнительным показателям деятельности субъекта Российской Федерации	0,25

Опыт прошедших лет показал, что инвестиций в виде субсидий оказывается недостаточно, законодательно введен показатель уровня софинансирования расходного обязательства. Его цель – покрыть расходы дополнительного инвестирования на модернизацию и капитальный ремонт гидротехнических сооружений.

Уровень софинансирования расходного обязательства субъекта Российской Федерации за счет субсидии определяется по формуле

$$Y_i = \frac{0,6}{РБО_i}, \quad (3)$$

где Y_i – уровень софинансирования расходного обязательства субъекта Российской Федерации за счет субсидий;

0,6 – средний уровень софинансирования субъектов Российской Федерации для осуществления капитального ремонта гидротехнических сооружений, а также капитального ремонта и ликвидации бесхозяйных гидротехнических сооружений за счет субсидий;

$РБО_i$ – уровень расчетной бюджетной обеспеченности i -го субъекта Российской Федерации на 2012-2014 гг. с учетом распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации, который определяется в соответствии с методикой распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации, утвержденной

постановлением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2004 г. №670 «О распределении дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации» [2].

В свою очередь районы – балансодержатели гидротехнических сооружений тоже рассматривают субсидии законодательно.

Расчет субсидий муниципальному району (городскому округу) области производится по формуле

$$S_i = C_i Y, \quad (4)$$

где S_i – субсидия для i -го муниципального района (городского округа) области;

C_i – стоимость работ по осуществлению капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в муниципальной собственности, и бесхозных гидротехнических сооружений, а также на ликвидацию бесхозных гидротехнических сооружений в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах на объектах муниципальной собственности в i -ом муниципальном районе (городском округе) области на очередной финансовый год»;

Y – уровень софинансирования из областного бюджета, который устанавливается в размере не более 95% от стоимости работ по осуществлению капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в муниципальной собственности, и бесхозных гидротехнических сооружений, а также на ликвидацию бесхозных гидротехнических сооружений в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.» [3].

Впервые с начала нашего анализа появляется такой показатель как стоимость работ по осуществлению капитального ремонта гидротехнических сооружений водного транспорта.

То есть лишь на третьем уровне финансово-инвестиционной безопасности, от федерального к субъекту, от субъекта к району, стоимость работ является фактором выделения средств.

Расчет эффективности этих инвестиций произвести практически невозможно, ведь в эксплуатации гидротехнических сооружений нет коммерческой прибыли. Это вносит сложности в определение эффективности финансово-инвестиционной политики государства на уровне гидротехнических сооружений водного транспорта.

Можно только самостоятельно разработать критерии для определения ее эффективности, полагаясь на повышение безопасности гидротехнических сооружений, акцентируя на социальной и экологической эффективности. Но показатели эффективности и безопасности, как уже рассматривалось, не показывают, что данная система является эффективной.

Наши рассуждения привели к тому, что для повышения эффективности финансово-инвестиционной политики гидротехнических сооружений, надо внести изменений в числовые показатели O_{1i} , O_{2i} , O_{3i} , O_{4i} , то есть при планировании инвестиций на самом высоком – федеральном уровне, так как на уровне районов – балансодержателей гидротехнических сооружений главным показателем является объем необходимых затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нормативы финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений.

2 О безопасности гидротехнических сооружений: федер. закон РФ от 21.07.1997 № 117-ФЗ.

3 Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета в 2012 году бюджетам субъектов Российской Федерации на осуществление капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности и бесхозных гидротехнических сооружений, а также на ликвидацию бесхозных гидротехнических сооружений в рамках реализации федеральной целевой программы "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах"

4 Методика расчета значений оценочных показателей деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений для целей определения размера субсидии из федерального бюджета в 2012 году, предоставляемой бюджетам субъектов Российской Федерации на осуществление капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, и бесхозных гидротехнических сооружений, а также ликвидацию бесхозных гидротехнических сооружений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инвестиции, безопасность, гидротехнические сооружения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Поликарпова Яна Николаевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КРИЗИСНОЙ ТЕМАТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

Т.А. Ванеева

SOCIAL AND ECONOMIC VIEW OF THE CRISIS THEME IN THE CURRENT CONDITIONS

Siberian state transport university

T.A. Vaneeva

The topic of the author's analysis includes the main theoretical and practice results of research the crisis process dynamics in the current conditions.

Keywords: social and economic system, crisis, diagnostics, antagonism, control action

Представлен авторский анализ основных теоретических и практических итогов исследования динамики кризисного процесса в современных условиях.

Антикризисное управление в рамках современного общества – актуальная сфера экономического и социального развития, поскольку кризисная тематика объединяет все отрасли отечественного хозяйства независимо от сферы деятельности и масштабов производства. Оно вызвано к жизни текущими событиями – как объективными процессами в условиях рыночной экономики, так и неграмотным поведением людей, и востребовано практически во всех сферах жизнедеятельности.

Современный взгляд на антикризисное управление как системное явление объединяет многие направления исследования роли человеческого фактора как главной активной составляющей в рамках производительных сил современного общества [1].

В условиях интенсивного развития рыночных отношений задачи антикризисного управления ориентированы на экономическую сферу, что является результатом серии кризисных процессов, которые охватывают как отдельные отрасли и территории, так и целостные социально-экономические агломерации.

Любой кризис закономерно «вырастает» из совокупности реализованных рисков. То есть в пределах рискованного пространства идет процесс преобразования системообразующих факторов в системоразрушающие, что с течением времени принципиально преобразует явление или объект, проявляясь в виде кризисной ситуаций.

Общая характеристика кризиса:

– Кризис – системное, пространственно-временное явление, поскольку он проявляется в рамках любой конкретной системы в течение определенного хронологического периода.

– Условиями и причинами кризиса являются нарушения объективных законов природы и общества, обеспечивающих стабильную жизнедеятельность объекта в течение некоторого времени, которую можно определить как некую «меру».

– Любой кризис реализует системные функции в масштабах пространственно-временного поля, формируя как положительные, так и отрицательные последствия.

Указанные положения позволяют понимать под кризисом невозможность выполнения системным объектом заданной функции по причине изменения состояния объекта во времени и пространстве под воздействием ряда факторов, вызывающих необходимость коренного его преобразования. Данное определение можно воспринимать как общее понятие, отражающее функциональную характеристику кризисного процесса [2].

Если поставить задачу более четкого анализа данной категории в соответствии с законами методологии, то следует выделить внутренние и внешние субстанции кризиса. Это позволяет грамотно разобраться в существе происходящих явлений, что дает возможность более успешно преодолевать кризисные препятствия, воздействуя на сущность, вместо ложного управления формами или проявлениями.

Сущность кризиса – закономерный процесс накопления критической массы антагонизма в развитии главных противоречий социально-экономической системы, приводящий к необходимости коренного ее преобразования.

Содержание кризиса – разрушение устоявшихся нормативных отношений, что в итоге вызывает качественно-количественную диспропорциональность связей внутри объекта, нарушающую его функцию.

Проявления кризиса – фиксируемые сбои в развитии конкретной системы, заставляющие ее «пробуксовывать».

Формы кризиса – конкретика проявления в данное время в данном месте (то есть множественные проявления в разных областях жизни, связанные с разрушением системы и необходимостью ее принципиального обновления).

Такой развернутый подход к исследованию любой категории дает возможность на качественно ином уровне проанализировать и оценить явления общественной жизни, которые получают новое видение. Предложенный метод анализа дает возможность раскрыть глубинные, сущностные связи и отношения, стоящие за различными категориями, позволяя заново более четко сформулировать то или другое социально-экономическое явление и отразить диалектику его развития.

Поскольку рыночные ориентиры захватили общество и значительно трансформировали мышление людей, а, соответственно, и поведение хозяйствующих субъектов, ориентируя их получать прибыль любой ценой и в более короткие сроки, то в результате произошло нарушение принципов выстраивания грамотных общественных отношений, что простимулировало появление многих кризисных ситуаций. В целом можно констатировать наличие широкомасштабного кризиса, локализующегося по различным направлениям, из которых наиболее явственно на сегодняшний день проявляются управленческий и финансовый его аспекты.

Жизнь доказывает, что движение вперед возможно лишь при кардинальной смене основ общественной жизни, что вызывает необходимость акцентировать внимание на системе управления, качество которого далеко не всегда соответствует требованиям времени. Поэтому необходим демонтаж устаревших представлений и принципов общественного развития с целью построения ответственного общества. Но, прежде всего, необходимо изменить мировоззрение и степень ответственности управленческого персонала.

Кризисы, с которыми столкнулось современное общество, заставляют искать новые идеи и новые воззрения, создавать новую социально-экономическую теорию, адаптированную под текущие условия жизнедеятельности. В этом плане роль и функции антикризисного управления в современных условиях невозможно переоценить. Любое управление должно быть антикризисным на всех уровнях.

Жизненный цикл каждой социально-экономической системы ориентируется на максимальную хронологическую длительность этапов патиентного и виолентного развития хозяйственной активности рыночного субъекта в отличие от эксплерентного и коммутантного периодов. Именно это – ориентир, позволяющий поддерживать оптимальные условия функционирования и длительный период устойчивого выживания агентов рынка. В данном случае проявляются требования объективного закона циклического развития, заставляющего инстинктивно или осознанно продлевать время своего существования в пределах разных форм и вариантов жизнедеятельности.

Следовательно, расчет нормативов эффективного функционирования, обеспечивающих длительное безубыточное развитие хозяйственного объекта, по своей сути является важнейшей задачей антикризисного управления. Однако это устойчивое состояние зависит и от внешних, и от внутренних факторов. Учет этих факторов осуществляется с помощью привлечения знаний и информации сопутствующих областей исследования реальной жизни – маркетинга, менеджмента, институциональных познаний, изучения экономических законов и тенденций и др.

В деятельности любого хозяйствующего субъекта огромное значение имеет правильный выбор варианта стратегического развития, позволяющего достаточно длительное время устойчиво и прибыльно функционировать в условиях рыночной экономики. Управление обычно включает в себя цикл взаимосвязанных процессов, в том числе планирование, организацию, корригирование намеченных шагов, мотивированный контроль всех действий на уровне функциональных структур и другие системообразующие факторы.

Для осуществления эффективной деятельности и полноценного возмещения затрат каждое предприятие должно проводить комплекс мероприятий, обеспечивающих намеченный производственный результат, физическое распределение товарной массы в рыночном пространстве, доведение товаров до потребителей и организацию их эффективного потребления (эксплуатации). Все эти задачи решаются в ходе разработки программы антикризисного развития.

К основным факторам воздействия на работу хозяйственного объекта относят показатели внешней среды, статус предприятия-производителя и особенности рынка, которые

влиять на поведение потребителей. При этом важно различать факторы, которые могут поддаваться воздействию со стороны действующих компаний (управляемые факторы), от неуправляемых факторов.

Группа управляемых факторов включает в себя цену, качество, систему обслуживания, ассортимент, номенклатуру, удобство использования товара, поведение продавцов (методы коммуникации с покупателями), удобство расположения торговой точки, эффективность рекламных кампаний, ценность торговой марки, выбор целевых рынков, надежность рыночных контактов и другое.

Неуправляемые факторы включают государственное влияние на определенные группы товаров, средства массовой информации, модные тенденции, деятельность конкурентов, поведение посредников, появление новых и скорость замены устаревающих технологий, макроэкономические факторы, мотивацию поведения самих потребителей и другое, что оказывает влияние на результаты работы хозяйственных звеньев.

Поэтому в условиях напряженного функционирования рыночных агентов необходимо разработать системную антикризисную стратегию, адекватную сложившимся условиям.

Антикризисная реорганизация хозяйствующего субъекта включает следующие основные направления:

- грамотную диагностику объекта;
- прекращение операций, без вклада в покрытие постоянных издержек предприятия;
- прекращение выпуска нерентабельной продукции (либо попытка превратить её в рентабельную путем снижения расходов);
- поиск источников финансирования в лице венчурного капитала при недостатке собственных средств;
- тщательный анализ арендных договоров и другое.

Важная роль отводится стратегии структурной перестройки предприятия. Для реализации данной стратегии можно предложить следующие меры:

- выделение отдельных видов производства в самостоятельные предприятия;
- передачу на баланс местных органов власти части объектов соцкультбыта;
- консервацию убыточных видов производственной деятельности;
- закрытие бесперспективных производственных направлений;
- реорганизацию самого процесса производства;
- модернизацию имеющейся цеховой структуры;
- сосредоточение оборудования на меньших площадях и другое.

Конечной целью подобной реорганизации следует считать оптимизацию величины мультипликатора «Выручка/Активы» для достижения желаемой величины рентабельности активов.

Проведение стратегических изменений в рамках хозяйственной единицы – в высшей степени ответственная и трудная задача. Главной опорой в этом плане является разработка грамотной антикризисной программы, позволяющей просчитать опасные риски и реализовать комплексную антикризисную стратегию. Функции антикризисного управления реализуются до кризиса (мониторинг деятельности объекта, накопление негативных тенденций, расчет точки кризиса), в ходе кризиса (поиск и применение моделей антикризисного управления, адекватных сложившейся ситуации), после кризиса (снятие противоречий до ликвидации антагонизма с целью минимизации потерь и реализации упущенных возможностей).

Учение об антикризисном управлении необходимо поставить на системную основу. Теоретические изыскания в этом плане и накопленный практический опыт противодействия кризисным ситуациям помогут выстраивать более грамотную антикризисную стратегию развития любого хозяйственного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ванеева, Т.А. Социальные «провалы» как факторы развития кризисных тенденций. Опыт осуществления модернизации высшей школы: идеи и рекомендации / Т.А. Ванеева // Материалы Всероссийской научно-методической конференции, 7 февр. 2013 г. / СГУПС. – Новосибирск, 2013. – С. 69–72.

2 Ванеева, Т.А. К вопросу о сущности современного экономического кризиса. Формирование инновационного мышления и профессиональной ответственности в вузе / Т.А. Ванеева, И.В. Мжельская // Материалы Всероссийской научно-методической конференции, 18 марта 2009 г. / СГУПС. – Новосибирск, 2009. – С. 89–94

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социально-экономическая система, кризис, диагностика, антагонизм, управляющее воздействие

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Ванеева Татьяна Алексеевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИЗИСНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Е.А. Коробова

METHODOLOGICAL TOOLS FOR IDENTIFICATION OF THE CRISIS TRENDS IN ORGANIZATION'S ACTIVITY
Siberian state transport university
E.A. Korobova

The paper presents the developed methodological tools for diagnostics of the main parameters in the crisis process dynamics for the opportunity of preventive control action.

Keywords: crisis, diagnostics, system, crisis trends, potential for development, antagonism, disproportion, preventive control action

Представлен методический инструментарий для определения основных параметров в динамике кризисного процесса в целях опережающего управляющего воздействия.

В условиях рыночных отношений проблема возникновения кризиса в ходе функционирования действующих хозяйствующих субъектов всегда остается актуальной. Теория и практика экономических исследований в настоящее время озабочена поиском подходов и созданием методического инструментария для распознавания кризиса и оценки вероятности банкротства предприятий различных территориально-отраслевых организаций, так как независимо от вида деятельности и масштабов производства кризисные явления в рамках циклического развития заложены объективно.

Кризис – это системное и процессное явление. Системность кризиса означает появление позитивных и негативных итогов взаимодействия основных системообразующих факторов, борьба между которыми является механизмом развития объекта до появления антагонизма. А процессность проявляется в том, что любой кризисный процесс характеризуется соответствующими пространственно-временными параметрами. Превращение системообразующих факторов в системоразрушающие может происходить медленно или достаточно быстро, охватывая только решающие направления функционирования хозяйственного объекта или общую структуру деятельности. Поэтому необходима разработка методики, позволяющей вовремя распознать признаки надвигающегося кризиса с целью принятия адекватных мер для его устранения или ослабления. Такая методика предполагает пошаговый мониторинг развития объекта.

Принципиальная структурно-логическая модель развития системы с определением начала кризисных тенденций через проявление, накопление и формирование критической массы антагонизма представлена на рисунке.

Система координат обозначена двумя осями: S -пространственная ось; t -ось времени. Координатные оси диалектически разделены на две части: временная – на прошлое $[-t; 0]$ и будущее $[0; t]$; пространственный луч $[0; S]$ отображает уровень организованности, противоположный луч $[-S; 0]$ характеризует степень дезорганизации. Начало координат (точка 0) характеризует состояние полной неопределенности.

Нарастание неравновесного состояния в системе и дальнейшее снятие неопределенности представлено 7-этапным процессом:

1 этап: Этап равновесного состояния системы с потенциалом развития за счет сбалансированной системы противоречий $[-t; 0]$.

2 этап: Начальная точка проявления антагонизма – начало кризисного процесса $[0]$.

3 этап: Этап накопления антагонизма $[0; C]$.

4 этап: Зафиксированный факт накопления критической массы антагонизма – «точка бифуркации» C .

5 этап: Этап снятия неопределенности посредством продолжения кризисного процесса $[C; M]$.

6 этап: Зафиксированный факт отсутствия возможности возвращения в «поле вероятностей» – «точка невозврата» M .

7 этап: Этап однозначно определенного варианта состояния системы $[M; t]$.

Представим кратко характеристику каждого этапа.

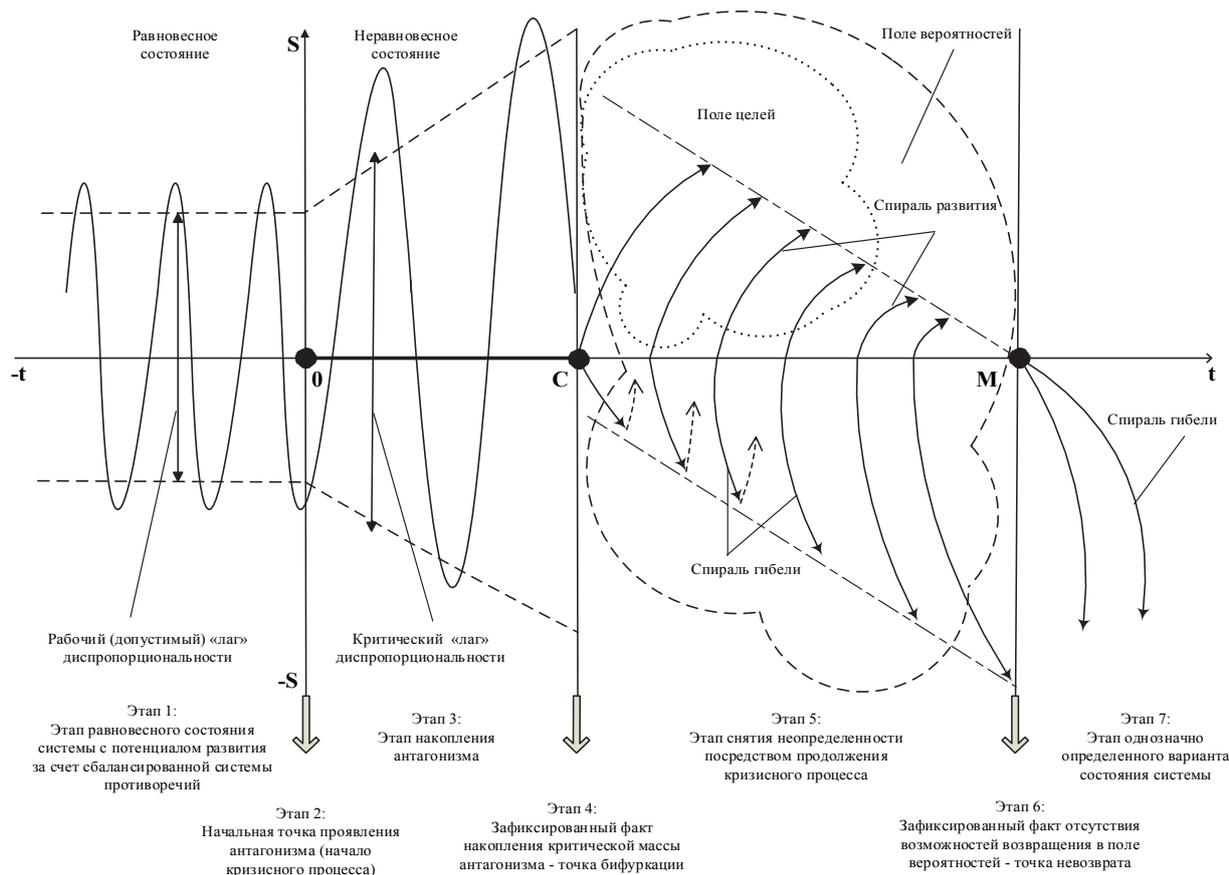


Рисунок – Структурно-логическая модель развития системы с определением начала кризисных тенденций

Этап 1: Этап равновесного состояния системы с потенциалом развития за счет сбалансированной системы противоречий $[-t; 0]$. Под равновесным состоянием понимается состояние динамического равновесия с потенциалом развития за счет сбалансированной системы противоречий, в зоне рабочего (допустимого) «лага» диспропорциональности. Развитие требует некоторого «лага» пропорциональных соотношений между параметрами, определяющими направление и темпы этого движения [1]. В нашем случае будем говорить о потенциалах развития системы. Следовательно, возникающая диспропорция относительно двух важнейших противоречивых начал и является, по существу, механизмом реального процесса развития.

Этап 2: Начальная точка проявления антагонизма – начало кризисного процесса [0]. Очевидно, что существует некий «лаг» диспропорциональности, который обеспечивает развитие каждой системы. За пределами этого «лага» диспропорциональности возникает сверхдиспропорциональность (критичный «лаг» диспропорциональности), приводящая к антагонизму между исходными двумя составляющими, когда одна из противодействующих сторон стремится полностью отрицать другую.

Эта сверхдиспропорциональность, по нашему мнению, возникает, когда происходит критическая рассинхронизация скоростей развития потенциалов системы. Какое из сочетаний потенциалов, имеющих разные скорости развития, запустит в действие кризисный процесс – во многом зависит от отраслевой принадлежности, собственных целей системы и факторов изменения внешней среды. Вариативность сочетаний очень велика. Но стоит отметить, что отставание развития даже одного элемента системы может стать угрозой жизнедеятельности для всей системы, не говоря уже о сочетаниях потенциально кризисных элементов. Это отдельный пласт исследований с задачей поиска решений на стыке научных направлений.

Итак, противоречия, обеспечивающие сбалансированное существование объекта на этапе 1, могут постепенно приобретать характер антагонистических, поэтому зафиксированный в определенный момент времени факт сверхдиспропорциональности, по сути, является началом кризисной ситуации – этап 2.

Этап 3: Этап накопления антагонизма $[0; C]$. Неравновесное состояние с большей и увеличивающейся за счет синергетического эффекта амплитудой «лага» рассогласования скоростей развития потенциалов системы интенсифицирует накопление антагонизма.

Этап 4: Зафиксированный факт накопления критической массы антагонизма – «точка бифуркации» C . Как уже было отмечено выше, неравновесность процессов относится к важнейшим условиям осуществления самоорганизации, для получения синергетического эффекта необходимо неравновесное состояние системы. Дальнейшее развитие неравновесного процесса приводит к возникновению особой точки изменения устойчивости – «точки бифуркации», в которой может быть принято как минимум два решения: движение по «спирали развития» либо по «спирали гибели».

Этап 5: Этап снятия неопределенности посредством продолжения кризисного процесса $[C; M]$. Варианты состояний системы составляют «поле вероятностей состояний» этой системы. В системе, нацеленной на развитие, поле вероятностей необходимо ограничить «полем целей», представляющих совокупность «спиралей развития». Фактор времени реагирования на устранение неравновесного состояния является определяющим (не считая социального фактора) для возможности существования системы. Чем скорость реагирования выше и направление действий точнее, тем вероятность выхода на «спираль развития» с высоким потенциалом жизнеспособности и развития системы выше. Соответственно, чем более продолжительным оказывается временной интервал бездействия, либо неадекватного реагирования, тем более вероятным становится факт стремления системы к гибели, и с каждым следующим отрезком времени параметры «спиралей гибели» становятся все более критическими. Следует отметить, что нахождение на «спиралях гибели» до определенного момента предполагает варианты перехода на «спирали развития», но лишь до момента, пока кризис является преодолимым. Соответственно, по окончании этого этапа неопределенность состояния системы снимается либо вариантом развития, либо гибели.

Этап 6: Зафиксированный факт отсутствия возможности возвращения в поле вероятностей – точка невозврата M . В определенный момент, когда вероятность негативного исхода для системы стремится к бесконечности, а вариант позитивного исхода к нулю, можно зафиксировать факт отсутствия возможностей возвращения системы в «поле вероятностей», и тем более, «поле целей». Можно говорить о прохождении «точки невозврата» к любому из вариантов состояний, предусматривающих функционирование системы.

Этап 7: Этап однозначно определенного варианта состояния системы $[M; t]$. После прохождения «точки невозврата» наступает этап одновариантного исхода системы, предполагающего исключительно движение по «спиралям гибели», причем кривизна этих спиралей практически вертикальная, так как варианты прохождения по более пологим спиральям предусматриваются на этапе 5.

Итак, разрыв или «лаг» диспропорциональности, по мнению Т.А. Ванеевой, И.В. Мжельской [1], и автор солидарен с позицией исследователей, – тот показатель, по которому следует ориентироваться в ходе развития кризисной ситуации, а значит необходимо определить меру такой диспропорциональности. Диспропорция может отражаться на развитии системы как положительно, так и отрицательно. Все дело, как было отмечено выше, в «лаге» допустимой диспропорциональности, который разграничивает понятия «противоречия» и «антагонизм».

В целом перед наукой и практикой возникает проблема создания современной методики определения масштаба допустимого несоответствия в развитии двух противоположных начал в рамках единой системы. Необходимо выявить количественные его ограничения. Разработка этой тематики выходит за рамки задач настоящего исследования, но является необходимой зоной дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ванеева, Т.А. К вопросу о сущности современного экономического кризиса. Формирование инновационного мышления и профессиональной ответственности в вузе / Т.А. Ванеева, И.В. Мжельская // Материалы Всероссийской научно-методической конференции, 18 марта 2009 г. / СГУПС. – Новосибирск, 2009. – С. 89–94.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кризис, диагностика, система, кризисные тенденции, потенциал развития, антагонизм, диспропорциональность, опережающее управляющее воздействие
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Коробова Елена Алексеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

СИНХРОНИЗАЦИЯ СКОРОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ И СКРЫТАЯ ФАЗА КРИЗИСА В РАМКАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИЗИСНОГО ПРОЦЕССА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Е.А. Коробова

THE SPEED SYNCHRONIZATION OF THE SYSTEM DEVELOPMENT POTENTIALS' AND THE LATENT CRISIS PHASE IN THE DYNAMIC CRISIS MODEL

Siberian state transport university
E.A. Korobova

The paper presents modality of the crisis development in possibility of the speed synchronization of the system development potentials', and the latent crisis phase term with its traits.

Keywords: crisis, latent crisis phase, system potential, process speed, risk, synergetic

Раскрывается механизм развития кризисной ситуации через возможность синхронизации скоростей потенциалов развития системы, формулируется понятие скрытого кризиса и определяются его характеристики.

Показателем-ориентиром в ходе развития кризисной ситуации является разрыв или «лаг» диспропорциональности [1], и автор солидарен с этой позицией, а значит встает вопрос об определении меры такой диспропорциональности.

Остановимся на вопросе синхронизации скоростей потенциалов развития системы, как механизме развития кризисной ситуации, для чего рассмотрим карту стратегических решений, представленную на рисунке 1.

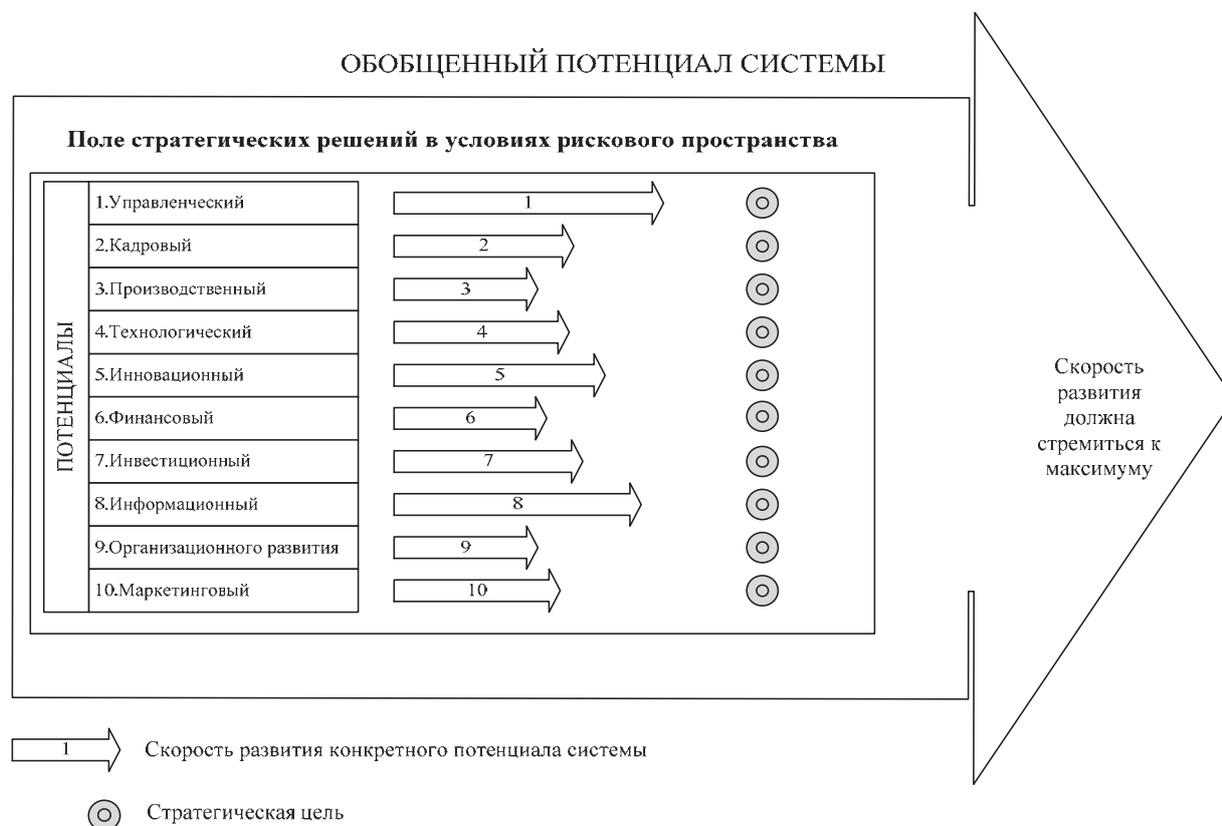


Рисунок 1 – Карта стратегических решений с учетом синхронизации скоростей развития потенциалов системы

В любой момент времени поле стратегических решений в условиях рискованного пространства представлено набором потенциалов системы (примеры потенциалов: управленческий, кадровый, производственный, технологический, инновационный, финансовый, инвестиционный, информационный, потенциал организационного развития, маркетинговый и другие).

Возможность и необходимость оперирования понятием «скорости процессов» связаны с существованием отношений между изменением определенной величины в пространстве S и времени t [2]. В условиях нарастающих сложностей и неопределенностей внешней и внутренней среды для всех руководителей и специалистов в области антикризисного управления становится жизненно важным решение проблемы синхронизации скоростей процессов по развитию различных потенциалов системы.

Естественно, что скорости разных потенциалов социально-экономической системы, таких, например, как производственный, кадровый, информационный, финансовый и другие по своей природе не могут быть одинаковы. В частности, формирование производственного потенциала требует больше времени (приобретение оборудования, его монтаж, наладка и т.д.), соответственно, и скорость его развития будет ниже. Но эффективное управление требует синхронизации скоростей развития потенциалов системы, следовательно, возникает острая и обоснованная необходимость измерения параметров организации в пространстве и во времени.

В связи с вышеизложенным, важно определить и задать нормативы скоростей, которые должны обеспечить получение определенного результата к конкретному периоду времени. Это особенно справедливо для тех хозяйствующих субъектов, которые находятся в преддверии стадии банкротства или проигрыша в конкурентной борьбе и т.д., когда жизненно необходимо своевременное достижение результата. В этих случаях следует рассчитать соотношение внутренних скоростей движения потенциалов системы к целям по сравнению с изменением параметров внешней среды.

Синергетика предлагает новые принципы структурного объединения, в нашем случае – потенциалов социально-экономической системы – в обобщенный потенциал. Объединение «разновозрастных», имеющих разный темп развития потенциалов (по Е.Н. Князевой) происходит через синхронизацию их темпов жизни, скоростей развития. Синтез отдельных потенциалов в один сложный осуществляется посредством установления общего темпа их эволюции. Важно обеспечить синхронное развитие потенциалов таким образом, чтобы скорость развития обобщенного потенциала системы становилась максимально возможной.

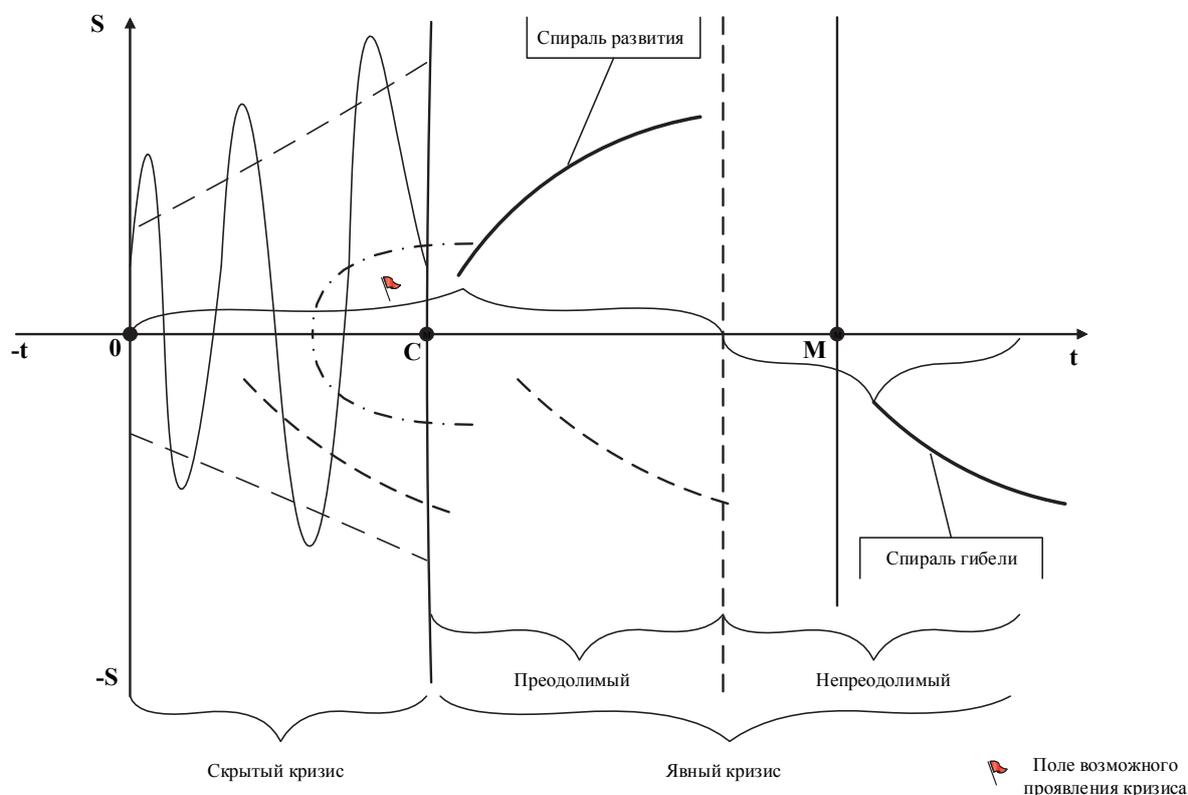


Рисунок 2 – Структурно-логическая модель развития кризиса по фазам кризисного процесса

Перейдем непосредственно к рассмотрению фаз кризисного процесса, с учетом сделанных ранее заключений, обозначенных в диссертационном исследовании и зафиксированных в предыдущих публикациях. Структурно-логическая модель развития кризиса по фа-

зам кризисного процесса представлена на рисунке 2, и является фрагментацией структурно-логической модели развития системы с определением начала кризисных тенденций с акцентом на фазы кризисного состояния.

Система координат обозначена двумя осями: S -пространственная ось; t -ось времени. Координатные оси диалектически разделены на две части: временная – на прошлое $[-t; 0]$ и будущее $[0; t]$; пространственный луч $[0; S]$ отображает уровень организованности, противоположный луч $[-S; 0]$ характеризует степень дезорганизации. Начало координат (точка O) характеризует состояние полной неопределенности; точка C -точка бифуркации; точка M -точка невозврата в поле вероятностей.

Как было отмечено ранее, фиксация факта кризиса происходит в момент появления сверхдиспропорциональности в системе, то есть в момент появления антагонизма, вызванного невозможностью синхронизации скоростей развития потенциалов системы.

После фиксации начальной точки кризиса начинается развитие собственно кризисного процесса, который в рамках задач исследования по фазам проявления можно подразделить на скрытый и явный кризис. Явный кризис, в свою очередь, по возможности преодоления подразделим на преодолимый и непреодолимый. Отметим также, что переход системы из фазы скрытого кризиса в фазу явного кризиса необязательно подчиняется условию накопления критической массы антагонизма (прохождения точки бифуркации), он может проявиться и до накопления критической массы антагонизма. По сути, переход на «спираль развития» возможен как в фазе скрытого кризиса, так и в фазе явного преодолимого кризиса (при этом фаза явного преодолимого кризиса может отсутствовать вообще); переход на «спираль гибели» возможен в любой из указанных фаз (как на фазе скрытого кризиса, так и на любой из фаз явного кризиса). Переход в состояние непреодолимого кризиса возможен как до «точки невозврата», так и после неё. Но после прохождения «точки невозврата» возможен вариант, предполагающий только непреодолимые «спирали гибели». Длительность каждой из фаз индивидуальна для каждой конкретной системы в определенных пространственно-временных условиях.

Итак, в соответствии с предложенной выше позицией можно сформулировать следующее расширенное определение «скрытого кризиса»: скрытый кризис – начальная стадия кризисного процесса, представляющая собой процесс дальнейшего усиления амплитуды колебаний формирующейся массы антагонизма, способной привести к накоплению критической массы антагонизма с переводом системы в «спираль развития» либо в «спираль гибели».

Характеристика скрытого кризиса:

- скрытый кризис – процессный элемент в рамках общей хронологии кризиса.
- скрытая фаза кризиса, как начальный этап кризисного процесса, характеризует появление антагонизма на фоне развивающихся противоречий в рамках ресурсной базы.
- характеризуется и качественными, и количественными изменениями отслеживаемых показателей.
- скрытый кризис проявляется через кризис системы управления как приоритетного активного элемента в рамках ресурсной базы.
- скрытый кризис невозможно выявить и распознать в рамках существующего в настоящий момент методического инструментария.

По мнению автора, а также некоторых исследователей (в том числе О.Ю. Дягель, Е.О. Энгельгардта), во время скрытой фазы кризиса можно говорить о кризисе стратегии, а, следовательно, кризисе системы управления.

Фаза явного кризиса характеризуется качественно-количественными проявлениями, которые отражаются в экономических, в том числе и финансовых показателях конкретного предприятия. Значения показателей можно определить в рамках существующего методического инструментария, но при диагностике необходимо использовать системный подход.

Любой последовательный процесс включает в себя ряд этапов, объединенных обобщенными переходами и выполняющих специфические задачи. Главная особенность выстраивания этапов – их логическая взаимосвязь.

Методический инструментарий оценки скрытой фазы кризиса входит в более широкое поле исследований, а именно, в методику диагностики скрытой фазы кризисного процесса. Такая методика в современном экономическом пространстве только формируется, и у автора также есть свое видение на алгоритм диагностики скрытой фазы кризисного процесса на

основе системно-комбинированного подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ванеева, Т.А. К вопросу о сущности современного экономического кризиса. Формирование инновационного мышления и профессиональной ответственности в вузе / Т.А. Ванеева, И.В. Мжельская // Материалы Всероссийской научно-методической конференции, 18 марта 2009 г. / СГУПС. – Новосибирск, 2009. – С. 89–94.

2 Учитель, Ю.Г. Синтез управленческих решений в свете самоорганизации [Электронный ресурс] / Ю.Г. Учитель, М.А. Глазун. – Режим доступа: <http://spkurdyumov.narod.ru/Kriz.htm#Kr360>. –23.05.2013.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кризис, скрытая фаза, потенциал системы, скорость процесса, риск, синергетика
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Коробова Елена Алексеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

КОЛЕБАТЕЛЬНО-МАЯТНИКОВЫЙ ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЫНОЧНЫХ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.В. Буровцев

OSCILLATORY-PENDULUM PRINCIPLE INTERACTION OF MARKET AND STATE REGULATORS
Siberian state transport university
V.V. Burovtsev

Presented article is devoted to the actual issues of improving the procedure for the State regulation of the economy in the face of concerted interaction of macroeconomic controls. The author substantiates the vibrationally-pendulum principle of interaction controls.

Keywords: government regulation, public services, principles of development of governance

Рассматриваются актуальные вопросы совершенствования процедуры государственного регулирования экономики в условиях согласованного взаимодействия макроэкономических регуляторов. Автором обосновывается колебательно-маятниковый принцип взаимодействия регуляторов.

Теоретико-методологические основы процесса принятия управленческих решений, в том числе в отношении организации взаимодействия рыночных и государственных регуляторов имеет циклическую колебательно-маятниковую природу [1]. Весь ход цивилизационного развития мировой экономической системы иллюстрирует колебательно-маятниковый характер развития институтов государственного регулирования: циклическое изменение вектора развития от жесткого администрирования, огосударствления и централизации до полной либерализации принципов организации отечественной экономики. В некоторых отраслях отечественного народнохозяйственного комплекса этот маятник уже выполнил полный цикл, и набирает обратный ход. Таким примером может быть отрасль железнодорожного транспорта, за период своего развития она пережила несколько этапов:

- этап бурного развития рыночных механизмов, широко применяемых на заре становления железнодорожного транспорта в Российской империи;
- этап огосударствления и жесткой централизации железнодорожного транспорта в начале 20 века и в советскую эпоху;
- этап либерализации, провозглашение рыночных принципов развития в новейшей истории России.

В этой связи уместным представляется привести слова выдающегося Министра путей сообщения Российской империи С.Ю. Витте: «...Мудрую политику нужно признать ту, которая соединяет казенное управление с частным, но то и другое в меру необходимости и полезности в данное время. Угадать эту меру, может быть нелегко, но зато такое сочетание дает наилучшие плоды...» [2].

Вместе с тем, возвращаясь к научной идее циклических изменений параметров взаимодействия регуляторов, необходимо подчеркнуть, что колебательно-маятниковый механизм развития обусловлен периодическим изменением параметров оценки необходимости и степени полноты государственного регулирования экономики, степени участия рыночных регуляторов в регулировании экономики. Об этом свидетельствует и критический анализ научной мысли в области взаимодействия рыночных и государственных регуляторов. Совершенствование методов государственного регулирования экономики, научные проблемы повышения эффективности взаимодействия рыночных и государственных регуляторов являются

одним из центральных направлений экономической науки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Колебательно-маятниковый принцип взаимодействия рыночных и государственных регуляторов

Анализируя различные этапы экономического развития цивилизации, возможно выделить следующие формы взаимодействия государства и предпринимательской среды, характеризующиеся различными соотношениями возможностей участников этого процесса включая элементы контроля [3-6]:

– Государство осуществляет непосредственное управление экономической системой. Результатом такой диспропорции взаимоотношений является высокая степень огосударствления экономики системы. Яркими примерами положительных и отрицательных сторон такого взаимодействия может служить административно-командная плановая экономика стран Социалистического лагеря.

– Непосредственное сращивание государства и субъектов предпринимательской деятельности, подразумевающее ряд разновидностей:

– в форме протекции или патронажа со стороны государственных институтов, курирующих ту или иную сферу предпринимательской деятельности, яркой иллюстрацией таких взаимоотношений может быть непосредственное участие хозяйствующих субъектов в выполнении планов хозяйственной деятельности, утверждаемых и курируемых органами государственной власти;

– симбиотическая форма взаимоотношений государственных институтов и предпринимательской среды, понимаемое как участие государственных служащих в составах советов директоров акционерного общества с государственным участием или же напротив участие уполномоченных представителей предпринимательской среды в работе совместных коллегиальных органов, формируемых при соответствующих органах государственной власти;

– олигархическая форма взаимоотношений бизнеса и государства, подразумевает качественный рост значимости участия хозяйствующего субъекта в регулировании, занимаемой им рыночной ниши, проникновение и отождествление представителей интересов предпринимательской среды и государственных институтов регулирования экономики.

– Научная основа взаимоотношений государства и экономики, подразумевающая непосредственное научное обоснование пределов и целесообразных направлений государст-

венного вмешательства в регулирование экономической системы.

В поисках лучшего общественного устройства, соблюдения балансов интересов предпринимательской среды и государства, обеспечения взаимодействия государственных и рыночных институтов регулирования, в более позднее время широкое признание получила теоретическая концепция «общественного договора» [3]. Одним из основоположников теории «общественного договора» стал английский философ и экономист Джон Локк (1632-1704 гг.) [7]. Именно в его трудах мы находим обоснование понятия частной собственности как необходимой предпосылки гражданского общества и договорную интерпретацию полномочий государственной власти.

Положения указанной концепции имеют первостепенное значение для целей настоящего исследования. Основоположниками указанного теоретического течения признавалось, что участник экономических отношений вправе и более того, совершенно естественным образом преследует собственные экономические интересы. Таким образом, интересы и желания участников экономических отношений различны, а подчас даже противоположны, их общее волеизъявление может быть истолковано как среднеарифметическое значение. Основные постулаты «общественного договора» четко следуют догмам гражданского общества, прав и свобод граждан, составляющих единый социум. Естественным образом и частные интересы предпринимательской среды и экономические интересы государства могут иметь противоположный вектор, но если общество стало плодом усилий граждан, то только согласие этих граждан может быть залогом существования такого социума.



Рисунок 2 – Взаимодействие регуляторов в концепции общественного договора

Экстраполируя указанные положения концепции «общественного договора» на цели настоящего научного исследования можно сделать ряд важных аналогий. Институт государственных услуг как результат воплощения воли заинтересованных участников этого процесса может состояться только при согласии взаимодействующих сторон. Иначе говоря, например процедура лицензирования, как фактор, регламентирующий и ограничивающий свободу предпринимательской деятельности, устанавливается благодаря волеизъявлению общества, путем принятия соответствующего нормативного акта, органами, получившими советующую аккредитацию на выборах, например, таким органом является Государственная дума Российской Федерации, принявшая поправки в соответствующие федеральные законода-

тельные акты. Соответственно, участники рынка обладают достаточной степенью свободы, чтобы либо добровольно принять обязательные условия лицензирования как барьер для входа на рынок, либо не принимать этих условий и в таком случае реализовать свою предпринимательскую инициативу на другом поприще, не имеющем подобных административных ограничений.

Результаты критического анализа указанной теоретической концепции достаточно наглядно демонстрирует политический механизм взаимодействия рыночных и государственных регуляторов в процессе формирования макроэкономических решений (рисунок 2).

Критикуя государственное регулирование, представители теории «общественного выбора» приняли в качестве предмета анализа не кредитно-денежные отношения или комплексы протекционистских мер, а непосредственно процедуру принятия важнейших макроэкономических решений.

Рассмотренные теоретико-методологические принципы позволяют рассматривать процесс регулирования государственного сектора сферы услуг как неотъемлемую часть совокупности факторов институциональной среды. Институциональная среда, в таком случае, выступает в качестве объекта управления, осуществляемого посредством процесса взаимодействия рыночных и государственных регуляторов государственного сектора сферы услуг – субъекта указанного процесса. Указанный постулат предопределяет роль института государственных услуг, он обуславливает широту спектра, оказываемых государством услуг, а также степень реализации механизмов саморегуляции, допущенных государственными институтами. Указанный баланс между стимулирующей ролью экономических свобод и жестким регулирующим воздействием со стороны государственного сектора сферы услуг, также определяет возможности участия рыночных и государственных регуляторов в процессе взаимодействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соловьев, А.И. Колебательно-маятниковый механизм принятия государственных решений : к обоснованию когнитивной модели / А.И. Соловьев // Полис. -2005. -№5. -С. 6-22; №6. -С. 31-52.
- 2 Витте, С.Ю. Конспект лекций о народномъ и государственномъ хозяйстве / С.Ю. Витте. -Санкт-Петербург, 1912. -568 с.
- 3 Нуреев, Р.М. Курс макроэкономики: учебник / Р.М. Нуреев. -2-е изд., изм. -Москва: Норма, 2008. -576 с.
- 4 Сильвестров, С.В. Партнерство государства и частного сектора / С.В. Сильвестров. -Москва: Экономика, 2007. -114 с.
- 5 Шохин, А.Н. Теория и практика взаимодействия бизнеса и власти / А.Н. Шохин. -Москва: ГУ-ВШЭ, 2004. -25 с.
- 6 Сольская, И.Ю. Проблемы развития системы государственного контроля в условиях финансового кризиса / И.Ю. Сольская, В.В. Курсаков // Современ. технологии. Систем. анализ. Моделирование. -2012. -№3 (35). -С. 201-204.
- 7 От зарождения экономической мысли до первых теоретических систем политической жизни // Всемирная история экономической мысли: в 6 кн. / В. Черковец (ред.). -Москва, 1987. -Т. 1. -С. 414-418.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *государственное регулирование, государственные услуги, принципы развития системы государственного управления*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Буровцев Владимир Викторович, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗВАННЫЕ ЗАКРЫТИЕМ ШАХТ, И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Р.М. Исроилов

THE PROBLEMS CAUSED BY CLOSING OF MINES AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE COAL INDUSTRY IN THE KEMEROVO REGION

Siberian state transport university

R.M. Isroilov

Elaboration of methodical bases and variant forecast of coal transportation forming, considering different modes of transport interaction.

Keywords: transport, coal, logistics, scheme of delivery

Разработка методических основ и вариантного прогноза формирования транспортировки угля с учетом взаимодействия различных видов транспорта.

Кузбасс – один из наиболее значимых в экономическом отношении регионов России. Ведущая роль здесь принадлежит промышленному комплексу по добыче и переработке угля, железных руд и разнообразного нерудного сырья для металлургии и строительной индустрии.

стрии.

В бассейне эксплуатируются 58 шахт и 36 предприятий открытой добычи (угольных разрезов).

В 2012 году в Кемеровской области началось закрытие шахт, добыча угля закрытым способом не рентабельна. Причины закрытия шахт:

– дороговизна его добычи;

– нарушение техники безопасности - трагедия на шахте «Распадская» и в других шахтах Кемеровской области;

– добыча угля открытым способом – это дешево, безопасно.

В период до 2025 года в Кемеровской области будет закрыто 25 шахт, в том числе 13 из-за истощения ресурсов, 12 по причине нерентабельности. Планируемые к закрытию шахты были запущены еще в двадцатые–сороковые годы. На данных объектах трудятся 11 000 горняков. На горных отводах построены больницы, детские сады и школы, 11 500 жилых домов. В настоящее время пребывание в таких домах небезопасно. Самая непростая ситуация сложилась в Прокопьевске, где под городом протянулись 360 км горных выработок. Население города составляет 205 тысяч человек.

Критическим является вопрос закрытия шахты «Коксовая-2», расположенной в центральной части данного населенного пункта. Уровень воды в выработке достиг показателя 47,9 м при максимально допустимом 18,8 м. Проветривание и дегазация шахты не проводится, значительно повысилась пожароопасность. По соседству расположены другие брошенные шахты.

Вопрос ликвидации шахт-банкротов в государстве по-прежнему остается неурегулированным. Ликвидированные ранее шахты переданы в областной Фонд имущества. В настоящее время в Кемеровской области извлекается 57% от всего угля, добываемого в России. Работают 63 шахты и 57 разрезов. До 2025 года планируется запустить 20 угольных и 13 обогатительных комплексов. За последние годы открылась только одна шахта.

Несмотря на сказанное выше перспективы у российского угля, конечно, имеются. Есть интерес к нашему углю у Китая, Южной Кореи и Вьетнама. Иными словами, основной пророст будет обеспечен именно поставками в восточном направлении (к 2030 году ожидается лишь незначительное увеличение поставок российского угля на атлантический рынок, всего на шесть миллионов тонн). По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), доля угля в балансе стран АТР сохранится на уровне 27%, и спрос на уголь в АТР будет расти, в основном со стороны Китая, Японии, Южной Кореи, Тайваня, Вьетнама, потребности которых в импорте к 2030 году составят порядка 1,5 млрд. т.

Сегодня сохраняются две ключевые проблемы угольной промышленности: стабилизация внутреннего рынка, объемы которого не соответствуют имеющемуся потенциалу использования угля в электроэнергетике, и объективные проблемы с транспортировкой угля к потребителям (внутренним и внешним). У каждой из этих проблем своя история и свои варианты решения.

Расстояния, которые преодолевает российский уголь по железной дороге – одни из самых протяженных в мире, а если говорить об экспорте – самые протяженные. При этом основные наши конкуренты (Австралия, ЮАР, Южная Америка, Индонезия) осуществляют экспортные поставки по воде. В Австралии, например, наиболее удаленная от порта точка добычи угля находится максимум за 300 км. В России же основной объем экспорта идет из Кузбасса, соответственно, плечо перевозок превышает 3 500 км. Изменить это положение невозможно, и даже ввод в эксплуатацию восточно-сибирских и якутских месторождений не сможет существенно изменить географию российского углепрома. Из-за этого отрасль является специфической, в структуре затрат которой транспортная составляющая высока. Энергетический уголь имеет более 50-60%, коксующийся – более 30-40% транспортных затрат в цене. Для сравнения: в нефтяной отрасли они менее 10%, в алюминиевой – между 10 и 20%, в металлургии – чуть менее 20%.

Поэтому, конечно же, серьезное влияние на структуру, на спрос, на возможности производства и реализации продукции оказывает рост железнодорожных тарифов. При существующих тарифах, которые, к тому же, постоянно растут, экспорт становится доступным только самым крупным угледобывающим компаниям, обладающим собственными вагонными парками и портами. Решить проблему транспортировки угля по железной дороге возможно при введении дифференцированных тарифов, в зависимости от мировых цен на уголь. Ряд экспертов предлагает отказаться от метода установления тарифов по принципу «затраты

плюс» и перейти к использованию принципа «длинной руки», при котором стоимость перевозок должна устанавливаться соразмерно стоимости фрахтов, принимаемой по результатам торгов на мировых биржевых площадках. Но решать все проблемы административными способами – это порочная практика. То, что для обеспечения конкурентоспособности российской продукции необходимо сокращать транспортные расходы на экспорт угля в регионы устойчивого спроса Китай, Японию и другие страны АТР, отмечает в итоговом докладе за 2012 год Министерство энергетики, признав, что при наличии узких и лимитирующих участков на БАМе и Транссибе, а также в портовой инфраструктуре сделать это непросто.

Если говорить о стивидорных мощностях, то ситуация здесь выглядит неплохо – инвесторы увидели перспективы рынка и заявили множество проектов по созданию новых и развитию существующих морских угольных терминалов. К 2030 году ожидается увеличение объемов перевалки в портах: в северном направлении – почти в два раза, в южном – почти в три раза, в восточном – более чем в 2,5 раза. Общий объем мощностей портов должен достичь к 2020 году 140 млн. т, а к 2030 году (при оптимистическом варианте) вырасти до 190 млн. т. Так, например, ОАО «Восточный порт» (крупнейший российский угольный терминал на сегодня) собирается нарастить свой грузооборот к 2020 году в полтора раза в сравнении с текущими показателями – до 27 млн. т угля. Ведется проработка возможности размещения нового терминала и в бухте Врангеля (инвестор – группа «Сумма») мощностью 20 млн. т. В случае реализации это станет первым в России терминалом, не связанным с угледобывающей компанией. В соответствии с поручением президента России Владимира Путина, Министерство транспорта РФ рассматривает и возможность строительства «общественного» угольного морского терминала для удовлетворения потребностей малых и средних грузоотправителей. Предварительным местом его строительства называется бухта Суходол. В порту Посьет развивает свой угольный терминал стальная группа «Мечел». В порту Ванино, в свою очередь, реализация всех заявленных проектов (от нескольких инвесторов) приведет к увеличению грузооборота до 90-100 млн. т в год к 2025 году.

Пропускная способность железных дорог по основным угольным направлениям либо уже достигла предельных значений, либо достигнет их в ближайшие несколько лет: речь идет как о магистральных маршрутах, так и локальных железнодорожных сетях, а также припортовых и внутрирегиональных ветках. Как известно, осеннее оживление на рынке угля в 2011 году стало причиной резкого увеличения экспортных поставок из Кузбасса. И проблемы с отгрузками из региона пришлось решать практически ручным управлением региональных и федеральных властей.

Если решение задачи более эффективного использования вагонного парка в значительной степени является административно-организационным мероприятием, то для развития железнодорожной инфраструктуры необходимы серьезные инвестиции. Только на мероприятия по расширению транспортного коридора «Кузбасс-Северо-Запад» потребуется 230 млрд. руб., аналогичная работа в направлении «Кузбасс-Дальний Восток» оценивается примерно в 200 млрд. руб. И эта проблема оказывает воздействие не только на угольных производителей, но и непосредственным образом касается и остальных производителей массовых грузов, создавая вероятность возникновения общего сетевого коллапса.

Поэтому одна из главных задач ближайшего десятилетия – синхронизировать строительство и развитие морских терминалов с развитием железнодорожной инфраструктуры. По данным РЖД, к 2015 году прирост пропускной способности железной дороги в восточном направлении составит 11 млн. т, к 2020 году поднимется еще на пять миллионов тонн. Таким образом, дефицит пропускной способности составит здесь 40 млн. т в год. А в направлении Ванино проблему дефицита пропускной способности принципиально не решит даже запуск Кузнецовского тоннеля, случившийся в декабре 2012 году. Его запуск увеличил пропускную способность железной дороги на 15-20 млн. т – до 52 млн. т, но в перспективе ближайших пяти лет (с учетом планов компаний о дополнительной перевозке более 100 млн. т грузов) и этого будет мало. Необходимо строительство второго и третьего тоннелей, иначе те объемы, которые видят угольные компании, будет не провезти. Дефицит пропускной способности железной дороги может возникнуть в 2020 году и в южном бассейне в направлении Тамани, если не предпринимать никаких действий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспорт, уголь, логистика, схема доставки
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Исроилов Рамшед Мирзоалиевич, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»
ОАО «Экспресс-пригород»

Н.Б. Попова, Е.С. Степанова

COMPETITIVENESS OF SUBURBAN PASSENGER TRAFFIC

Siberian state transport university

Express suburb

N.B. Popova, E.S. Stepanova

The article is devoted to determination of competitiveness of suburban passenger traffic as integrated phenomenon. The suburban passenger traffic reflects the passenger traffic flow and depends on many factors which form that phenomenon. The ratio of demographic, social, economic and transport components of the passenger traffic were considered. The competitive advantages of the conditions of the Novosibirsk and Omsk regions for the suburban passenger transportation were identified.

Keywords: suburban passenger transportation, passenger traffic flow, competitiveness, transportation market, demographic, social, economic and transport conditions for the organization and development of suburban transportation

Рассматривается определение конкурентоспособности пригородных пассажирских перевозок как интегральному явлению транспортного рынка. Пригородные пассажирские перевозки отражают возможности пассажиропотока и зависят от многих факторов, его формирующих. На примере Новосибирской и Омской областей были рассмотрены соотношения демографических, социальных, экономических и транспортных компонентов, влияющих на пассажиропоток, и оценены условия конкурентоспособности пригородных пассажирских перевозок данных регионов.

Конкурентоспособность принято рассматривать как качество, характеризующие различные аспекты жизнедеятельности общества. В рыночной экономике этот термин используется для обозначения преимуществ, либо как условие, отражающее действенность, по всем признакам присущую участникам рынка [1].

В экономической литературе представлен ряд трактовок этого понятия. В большинстве из них сущность понятия «конкурентоспособность» раскрывается с позиций хозяйственной деятельности и подразумевает эффективность её практической реализации в условиях конкурентного рынка [2]. При этом конкурентоспособность рассматривается применительно не только к регионам, областям, странам, но и к предприятиям, как производителям товаров (или услуг), и их совокупностям (то есть отраслям) [3, 4].

Пригородные пассажирские перевозки представляют собой вид экономической деятельности, представленный на региональном потребительском рынке. Пассажирские перевозки являются частью транспортных услуг, оказываемых населению. Поэтому оценка конкурентоспособности этого вида услуг рассматривается с позиций их состоятельности, и не только потребителями, но и производителями. В этой связи под конкурентоспособностью пригородной пассажирской перевозки (КППП) нами понимается многоаспектная характеристика, отражающая использование ресурсов, определяющих региональный транспортный процесс [5].

Многоаспектность характеристики связана с тем, что ресурсы, то есть факторы, определяющие КППП, многообразны и включают социальные, экономические, транспортные и территориальные особенности региона. Названные факторы изменяются во времени, и этот факт придает явлению, то есть КППП, определённую динамичность. С исследовательской точки зрения – предопределяется возможность давать сравнительную оценку КППП, как реальной, так и потенциальной; как на отраслевом, так и на территориальном уровнях.

Для определения вклада каждой группы факторов и показателей, их характеризующих в пригородные пассажирские перевозки, как сегмент транспортного рынка, был использован расчётный метод весовых оценок. Для этого каждому показателю в пределах выделенных групп были присвоены весовые коэффициенты.

$$I = \sum_{i=1}^n w_i x_i, \quad (1)$$

где I – интегральный показатель;

w_i – весовой коэффициент фактора i (сумма всех весовых коэффициентов равна 1);

x_i – значение фактора i .

Принцип выбора значения коэффициента «весомости» – это вклад того или иного пока-

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

зателя в формирование пригородной пассажирской перевозки, как явления транспортного рынка. Мы применили известный метод анализа иерархий [6]. На первом этапе расчетов были выявлены основные факторы, влияющие на пригородный пассажиропоток, и сгруппированы по пяти составляющим: демографической, демографо-социальной, социально-экономической, экономической и транспортной. Группы факторов и их содержание приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Группы факторов, влияющих на пригородный пассажиропоток

Демографические	Численность населения Плотность населения Естественное движение Механическое движение Возрастная структура
Экономические	ВРП на душу населения Объем платных услуг на душу населения Объем транспортных услуг на душу населения Инвестиции в основной капитал на единицу ВРП Иностранные инвестиции на единицу ВРП
Демографо-социальные	Занятые в экономике Обучающиеся с отрывом от производства Безработные Зарегистрированное население, незанятое трудовой деятельностью
Транспортные	Протяженность транспортных путей Плотность транспортной сети Отправление пассажиров в пригородном сообщении Пассажирооборот в пригородном сообщении
Социально-экономические	Среднедушевые денежные доходы Среднемесячная зарплата Среднемесячный размер пенсий Прожиточный минимум Стоимость фиксированного набора товаров и услуг

Затем, посредством матрицы парных сравнений, были определены весовые коэффициенты внутри выделенных групп. Пример использования матрицы приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица парных сравнений группы демографо-социальных факторов

	Занятые в экономике	Обучающиеся с отрывом от работы	Безработные	Зарегистрированное население незанятое трудовой деятельностью
Занятые в экономике	1	3	5	7
Обучающиеся с отрывом от работы	1/3	1	1/3	5
Безработные	1/5	3	1	3
Зарегистрированное население незанятое трудовой деятельностью	1/7	1/5	1/3	1

Как видно, матрица обратно симметричная. Это означает, что значения под главной диагональю образуются путем деления соответствующих значений над главной диагональю. Сами значения в ячейках проставлялись по следующему принципу:

- 1 – если факторы имеют одинаковую значимость,
- 3 – если фактор I (в строке) слегка предпочтительнее фактора J (в столбце),
- 5 – если фактор I (в строке) средне предпочтительнее фактора J (в столбце),
- 7 – если фактор I (в строке) сильно предпочтительнее фактора J (в столбце),

Аналогичным образом выполнялись парные сравнения внутри оставшихся четырех групп. Коэффициенты рассчитывались на основе инструментария собственных векторов и собственных значений матриц парных сравнений.

На последнем этапе расчётов вначале последовательно определялись интегральные показатели для каждого фактора. Это выполнялось путем перемножения значений показате-

телей на весовой коэффициент по формуле (1). Затем рассчитывался интегральный показатель.

Установив значимость факторов, влияющих на пригородный пассажиропоток, в дальнейшем были исследованы возможности Омской и Новосибирской областей по формированию условий для осуществления пригородных пассажирских перевозок. Результаты расчётов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Определение пассажиропотока пригородных пассажирских перевозок по группам факторов (данные 2013 года)

Группы факторов определения пассажиропотока	Регионы юга Западной Сибири		Суммарная балльная оценка
	Новосибирская область	Омская область	
Группа 1. Демографические	1348,2	1180,6	2528,8
Группа 2. Демографо-социальные	547,94	391,82	939,76
Группа 3. Социально-экономические	16,8	15,9	32,7
Группа 4. Экономические	91,2	93,1	184,3
Группа 5. Транспортные	2381,1	1736,9	4118,0
Суммарная балльная оценка	4385,24	3418,32	7803,56

Как показывают расчёты, суммарный вклад факторов, влияющих на региональный пассажиропоток, выше у Новосибирской области. Данное обстоятельство может свидетельствовать в пользу развития пригородных пассажирских перевозок и их конкурентоспособности в сегменте потребительского рынка.

Конкурентные преимущества создаются за счёт, главным образом, демографических и транспортных факторов. Сумма баллов по этим факторам у Новосибирской области превышает показатели Омской области в 1,15 и 1,37 раз соответственно. Вклад социально-экономических факторов менее значим, хотя и в этой группе превышение Новосибирской области составляет 1,056 раза.

Экономические факторы предпочтительнее у Омской области. Последнее обстоятельство связано с тем, что в расчётах использовались среднестатистические значения таких показателей как валовой региональный продукт, объём платных услуг и объём транспортных услуг. При учёте инвестиционных показателей использовались их значения в пересчёте на единицу валового регионального продукта. Значения этих показателей для Омской области либо превышают показатели Новосибирской области, либо несколько ниже аналогичных величин Новосибирской области.

Совокупный показатель значимости пригородных пассажирских перевозок Новосибирской области в 1,2 раза выше, чем в Омской области. При расчёте коэффициента преимущества имеем

$$K = B_{ОмО} / B_{НСО}, \quad (2)$$

где $B_{ОмО}$ – балльная оценка преимуществ Омской области;

$B_{НСО}$ – балльная оценка преимуществ Новосибирской области.

Полученное значение 78% свидетельствует, что обе области имеют достаточно стабильный пассажиропоток и устойчивое положение на рынке пригородных пассажирских перевозок (показатель значимости у обеих областей выше 0,5).

Омской области для продолжения устойчивой работы на рынке пригородных перевозок следует наращивать позиции, в частности, по группе транспортных факторов (например, протяжённость и плотность путей сообщения). Новосибирской области для того, чтобы отстаивать рынок пригородных пассажирских перевозок следует, во-первых, контролировать демографические показатели – естественного и механического движения, плотности населения, возрастной структуры населения региона и соотношения в ней возрастных групп. Во-вторых, повышать эффективность демографо-социо-экономического взаимодействия. Направляя инвестиции не только в производственную сферу, но и в социальную, Новосибирская область создаст базу для формирования пассажиропотока, что позволит укрепить позиции на потребительском рынке пригородных пассажирских перевозок.

Для сохранения и развития рынка пригородных пассажирских перевозок и Новосибирской, и Омской областям необходимы системные меры по совершенствованию взаимодействия социально-демографической и экономической подсистем, и формированию инновационной, инвестиционной и инфраструктурной транспортной среды.

Отметим, что представленные показатели отражают сущность различных социально-

экономических характеристик, присущих каждому региону, как системе. Параметры показателей, с одной стороны, указывают на современное состояние рынка перевозок пригородного сообщения, с другой – формируют условия для развития потенциальной конкурентоспособности пригородных пассажирских перевозок среди других сегментов потребительского рынка. Насколько эффективным для развития конкурентоспособности окажутся «статика» и «динамика» отмеченных показателей, зависит видоизменение этого явления, его возможная трансформация. Факт, что пригородные пассажирские перевозки имеют большое социально-экономическое значение как для общества и его институтов, так и для транспортной отрасли, является непреложным [7].

Таким образом, конкурентоспособность пригородных пассажирских перевозок как явление, характеризующее региональный транспортный процесс, формируется под воздействием многих факторов социально-экономической жизни общества; обеспечивается консолидацией сил всего общества и деятельностью компаний-перевозчиков. Условием развития КППП и повышения эффективности такого рода деятельности должны стать региональные транспортные бизнес-структуры и региональные органы государственной власти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Портер, М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов /М. Портер. – Москва: Альпина Паблшер, 2011. – 454 с.
- 2 Коваленко, А.И. Теоретические и методологические аспекты использования концепции «конкурентоспособности» в научных исследованиях /А.И. Коваленко // *Соврем. конкуренция*. – 2013. – №6. – С. 65–66.
- 3 Гельвановский, М.И. Конкурентоспособность в микро-, мезо- и макроуровневых измерениях /М.И. Гельвановский // *Рос. экон. журн.* – 1998. – №3. – С. 67–68.
- 4 Данилов, И.А. Ретроспективный анализ трактования терминов «конкурентоспособность» и «конкурентное преимущество» отечественными и зарубежными авторами /И.А. Данилов, Е.В. Волкова // *Вестн. Челябин. гос. ун-та*. – 2010. – №3. – С. 126–133.
- 5 Степанова, Е.С. Анализ и оценка факторов, влияющих на пригородный пассажиропоток: автореф. дис. ...канд. экон. наук / Е.С. Степанова. – Новосибирск: СГУПС, 2015. – 23 с.
- 6 Саати, Т.Л. Математические модели конфликтных ситуаций: пер. с англ. / Т.Л. Саати; под ред. И.А. Ушакова. – Москва: Сов. радио, 1977. – 304 с.
- 7 Зайцев, А.В. Настоящее и будущее пригородных перевозок /А.В. Зайцев // *Саморегулирование и бизнес*. – 2012. – №24. – С. 54–56.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *пригородные пассажирские перевозки, пассажиропоток, конкурентоспособность, рынок перевозок, демографические, социальные, экономические и транспортные условия для организации и развития пригородных пассажирских перевозок*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Полова Наталья Борисовна, докт. геогр. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС» Степанова Евгения Сергеевна, заместитель генерального директора по экономике и финансам ОАО «Экспресс-пригород»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»
630004, г.Новосибирск, ул.Шамшурина, 41, ОАО «Экспресс-пригород»*

АУДИТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

О.В. Речкунова, М.А. Ларионов

AUDIT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF TECHNICAL SERVICE AND PERMANENT REPAIR OF STRUCTURAL SUBDIVISION

**Siberian state transport university
O.V. Rechkunova, M.A. Larionov**

Audit of technological process, material consumption rates and labour resources, and introduction of information and analytical systems enable to optimize cost management efficiency at the level of structural subdivision of JSC «Russian Railways».

Keywords: standardization, technological process, railway transport, information system, cost management

Аудит технологических процессов, норм расхода материалов и трудовых ресурсов, внедрение информационно-аналитических систем позволяет оптимизировать эффективность управления затратами на уровне структурных подразделений ОАО «РЖД».

Одно из важных направлений стратегии развития ОАО «РЖД» – реализация эффективной системы бюджетирования на железнодорожном транспорте, направленной на получение действенной системы корпоративного управления всеми видами ресурсов компании. В связи с этим в бюджетном планировании большое внимание должно уделяться разработке

экономически обоснованных нормативов, как основы формирования затрат. В процессе выполнения плана акцент делается на обеспечение контроля за целевым использованием трудовых, материальных и финансовых ресурсов, заложенных в бюджетах.

Для оптимизации бюджетного управления затратами необходима систематизированная и экономически обоснованная система норм и нормативов, позволяющая оценить отклонения фактических затрат от плановых, и способствующая принятию обоснованных управленческих решений.

В качестве основных элементов системы норм и нормативов выделяют нормы затрат труда и нормы расхода материалов.

Система норм и нормативов в производственной деятельности является основой установления объема ресурсов (количества единиц оборудования, численности рабочих, запасов материалов), необходимых для достижения заданных производственных результатов. Обоснованность ресурсов, которыми располагает предприятие железнодорожного транспорта, является обязательным условием действенности системы стимулирования. Это обусловлено тем, что на предприятиях все эти системы в конечном счете основаны на сопоставлении фактических затрат ресурсов с нормативными значениями.

Качество технического обслуживания и ремонта моторвагонного подвижного состава должно гарантировать безопасность движения и производиться в соответствии с Типовым технологическим процессом работы.

Сотрудниками научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Экономика транспорта», в рамках обследования технологического процесса технического обслуживания и текущего ремонта моторвагонного подвижного состава, были проведены фотохронометражные работы по следующим основным профессиям в моторвагонном депо: старший механик; механик; слесарь по ремонту подвижного состава; аппаратчик.

Фотохронометражные наблюдения, позволили уточнить набор технологических операций. Кроме этого при обработке полученной информации были определены и взаимосвязаны, основные материалы и запасные части. В дальнейшем сопоставление полученных данных с внутриотраслевыми нормативами позволило получить обоснование местных норм.

Имея большой опыт работы по оптимизации нормативно-справочной информации, НИЛ «Экономика транспорта» СГУПС были предложены мероприятия по детальному обследованию достоверности нормативной базы расхода материалов и трудозатрат. В значительной мере это вызвано тем, что изменения в технологическом процессе просто не отслеживаются. Более того, зачастую используются нормативы, которые уже не действуют либо не имеют ни какого отношения к данному технологическому процессу. Отсутствие реальных нормативов ведет к ошибкам при планировании затрат на материально-техническое снабжение.

Для решения этой проблемы был проведен аудит нормативной базы данных по номенклатуре, технологическим процессам, нормативам расхода материалов и трудозатрат. Проведенные мероприятия выявили, что нормативная база перенасыщена номенклатурой, которая не используется уже несколько лет.

В значительной мере проблему достоверности нормативной базы позволяет решить внедрение сквозной информационной системы норм и нормативов, которая доступна для всех отделов и подразделений. И опыт внедрения подобных информационно-аналитических систем в структурных подразделениях железнодорожного транспорта НИЛ «Экономика транспорта» СГУПС наработан в течение 10 лет [1-3].

По результатам проведенных исследований в научно-исследовательской лаборатории «Экономика транспорта» СГУПС была создана информационно-аналитическая система (ИАС) «Пригород-Финанс».

ИАС «Пригород-Финанс» предназначена для учета фактических трудозатрат и расхода материалов при проведении ТО/ТР МВПС и формирования пакета документов для расчетов. Система позволяет формировать аналитические отчеты различных уровней и глубины.

База данных системы содержит информацию обо всех видах работ, производимых в моторвагонном депо (цикловых, дополнительных, работ по замене узлов), список исполнителей, перечень деталей. Оператор в режиме реального времени регистрирует факт выполнения ремонтных работ, исполнителя технологических операций, время, затраченное на ремонт, использование материальных ресурсов.

Кроме текущей технологической информации по ремонту, в ИАС «Пригород-Финанс» формируются следующие документы:

– калькуляция (плановая или фактическая по выбранной секции);

- расшифровка произведенных работ;
- перечень затраченных деталей и материалов;
- акт выполненных работ со счетом-фактурой.

Также система позволяет формировать различные периодические отчеты с гибкой системой фильтров (по поезду, смене, цеху):

- выпуск секций по собственникам;
- персонифицированный учет трудовых затрат;
- персонифицированный учет затрат рабочего времени в месяце;
- материальный отчет по расходу материалов и запасных частей.

Использование локальных информационно-аналитических систем, своевременный аудит технологических процессов, определение взаимосвязей между ремонтными работами, трудовыми затратами и материальными ресурсами дают возможность оптимизировать систему управления затратами на уровне структурных подразделений ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Макогон, Д.В. Экономическое значение повышения качества обслуживания грузовых вагонов: в институтах и лабораториях / Д.В. Макогон, О.В. Речкунова // Вестн. ВНИИЖТ: науч.-техн. журн. -2006. -№6. -С. 35-38.

2 Лунина, Т.А. Исследование влияния особенностей технологического процесса на прямые затраты эксплуатационных подразделений вагонного хозяйства / Т.А. Лунина, О.В. Речкунова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№2. -С. 109-112.

3 Речкунова, О.В. Формирование системы бюджетов прямых затрат технического обслуживания вагонов // Реформирование экономики, социальной сферы и образования России: направления, проблемы, перспективы: сб. ст. Всерос. науч.-техн. конф. -Пенза, 2006. -С. 97-99.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нормирование, технологический процесс, железнодорожный транспорт, информационные системы, управление затратами*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Речкунова Ольга Владимировна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Ларионов Максим Александрович, научный сотрудник ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА

**ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»**

А.А. Прудников

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF QUALITY OF INTERNAL BUSINESS PROCESSES AND INFRASTRUCTURE COMPLEX

Siberian state transport university

A.A. Prudnikov

The article considers one of the main parameters characterizing the efficiency of an economic entity – the quality of products or services, as well as possible ways of measuring it.

Keywords: economic efficiency, operational business process, evaluation, working efficiency

Рассмотрен один из главных параметров характеризующих эффективность работы хозяйствующего субъекта – качество произведенной продукции или услуги, а так же возможные варианты его измерения.

Создание конкурентного сектора в различных отраслях национального хозяйства обуславливает их динамичное развитие и повышение уровня качества. Не исключением стала и транспортная отрасль, а именно инфраструктурный комплекс железных дорог.

На сегодняшний день железнодорожный транспорт является ключевым элементом экономики России. Данный вид транспорта существует более ста лет и за весь период существования выполнялись институциональные изменения.

Первое ключевое изменение было в начале двадцатого века, в тот период произошли преобразования, как хозяйствования железнодорожного транспорта, так и структуры управления.

Второй значимый этап изменений на железнодорожном транспорте затрагивает постсоветское пространство. Переход железнодорожной отрасли к рыночным отношениям и создание Холдинговой структуры. Ключевые изменения на данном этапе заключаются в следующем:

- произошла передача из государственной в частную собственность железнодорожной

отрасли;

- изменилось подходы к определению эффективности хозяйствования;
- произошли изменения в подходах к формированию клиентской базы и тому подобное.

Железнодорожный транспорт в Российской Федерации имеет исключительно важное значение в жизнеобеспечении многоотраслевой экономики и реализации социально-значимых услуг по перевозке пассажиров. В силу природно-климатических и политико-экономических условий нашей страны, ее огромных сухопутных пространств он несет основную нагрузку по перевозкам.

Ведущую роль железнодорожного транспорта в общей транспортной системе определяет сравнительно низкая себестоимость, массовость, универсальность, регулярность, надежность и быстрота перевозок, повсеместность расположения сети, возможность доставки грузов от склада грузоотправителя до склада грузополучателя. Железнодорожный транспорт работает непрерывно в течение года и суток, осуществляя массовую перевозку топлива, металлов, леса, строительных материалов, удобрений, зерна, продовольственных и многих других грузов всех отраслей экономики, обеспечивая нормальное функционирование производства, жизнедеятельность людей в городах и сельской местности.

Особого внимания заслуживает постоянно растущий интерес к проблемам, связанным с качеством продукции, базирующийся на том объективном факторе, что в настоящее время без учета качественных свойств изделий невозможно правильно решить ни один из основных вопросов экономики: планирование объемов производства, определение экономической эффективности капитальных вложений и новой техники, вопросы производительности труда и его оплаты, определение себестоимости и стоимости продуктов, вопросы ценообразования и так далее.

Для инфраструктурного комплекса, по нашему мнению, наиболее целесообразно оценивать уровень качества предоставляемых услуг, опираясь на надежность технических объектов.

Надежность технических объектов связывают с недопустимостью их отказов [1]. Под надежностью понимают их безотказность, то есть свойство объекта непрерывно сохранять в установленных пределах значения всех параметров, обеспечивающих его работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки [1].

На железнодорожном транспорте принято учитывать неисправность показателями крушений, аварий, происшествий (по типам), событий (по видам), отказов (1-й, 2-й и 3-й группы) и задержек поездов [1].

Для оценки качества вводим показатель - коэффициент уровня качества, который будет учитывать отказы, браки, задержки поездов по вине соответствующих хозяйств, а также техническая оснащенность присущая каждому хозяйству в связи со спецификой их работы. При этом коэффициент будет определяться отношением количества неисправности к технической оснащенности, однако, как было отмечено, все отказы делятся на три группы, а составе объекта исследования четыре хозяйства которые могут допустить эти отказы. Для аналитических целей возникает необходимость формирования комплексного или интегрального показателя качества. Комплексный показатель качества можно определить с учетом нескольких походов.

В работе М.О. Северовой предложено использовать для расчета комплексного показателя метод сумм [2]. Оценка результатов хозяйственной деятельности по методу сумм может строиться по различным частным показателям в сравнении с предыдущими периодами (оценка динамики) по группе производственных объектов.

Недостатком метода сумм является возможность высокой оценки результатов по интегральному показателю при значительном отставании по какому-либо частному показателю, которое покрывается за счет высоких достижений по другим частным показателям.

По мнению Северовой М.О. обобщающий интегральный коэффициент качества содержания инфраструктуры должен иметь вид [2]

$$K^{инф} = \sum_{i=1}^n I_{кнадi} \beta_i, \quad (1)$$

- где $I_{кнадi}$ – темп изменения коэффициента надежности объектов инфраструктуры i -го хозяйства инфраструктуры относительно предыдущего года;
- β_i – коэффициент значимости i -го хозяйства в общем комплексе;
- n – количество хозяйств, входящих в структуру Дирекции ($n = 1 \dots 4$) [2].

$$I_{\text{Кнад}i} = \frac{K_{\text{над}i}^1}{K_{\text{над}i}^0}, \quad (2)$$

где $K_{\text{над}i}^1, K_{\text{над}i}^0$ – коэффициент надежности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта i -го хозяйства в составе Дирекции инфраструктуры последующего и предыдущего периода соответственно.

Если $I_{\text{Кнад}i}$ меньше 1 – качество содержания инфраструктуры улучшилось по сравнению с предыдущим периодом, больше единицы – ухудшилось [2].

$$K_{\text{над}i} = \sum_1^m \frac{N_{ij} \alpha_{ij}}{V_i}, \quad (3)$$

где V_i – техническая оснащенность i -го хозяйства инфраструктуры;

N_{ij} – соответствующее значение j -го показателя безопасности и безотказности движения в i -ом хозяйстве;

α_{ij} – значимость j -го вида показателя безопасности;

m – количество составных частей входящих в показатель [2].

В рассмотренном подходе к определению показателя качества есть несколько серьезных недостатков. Во-первых, коэффициенты значимости каждого хозяйства взяты равными, то есть по сути дела предложенный интегральный показатель – средняя арифметическая величина темпов изменения коэффициента качества. Во-вторых, показатели значимости определены по очень усредненной величине – штрафным баллам.

В исследовании нами предлагается методика расчета коэффициента качества [3] по каждому хозяйству инфраструктурного комплекса и конструирование комплексного показателя для дирекции в целом. По хозяйствам методика расчета показателя надежности базируется на коэффициентах приведения, определение которых, по нашему мнению, необходимо проводить по трудовому методу.

В связи с этим, нами разработаны коэффициенты приведения событий и задержек поездов приведенные к отказам. Опираясь на трудовой метод, нами подготовлена база для расчета коэффициентов приведения. Для этого выполнен анализ статистических данных за последние десять лет и экспериментальным путем определены средние трудоемкости для каждого показателя: 1 событие – 208,8 чел.·ч; 1 отказ – 10,825 чел.·ч; 1 задержка поезда – 3,099 чел.·ч.

В исследовании коэффициенты приведения и качества, предложенные автором, рассчитываются по Дирекции инфраструктуры (4)-(7).

$$K_c^i = \frac{t_c^i}{t_o^i}, \quad (4)$$

где K_c^i – коэффициент приведения событий к отказам для i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

t_c^i, t_o^i – средняя трудоемкость на ликвидацию соответственно событий и отказов для i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры.

$$K_3^i = \frac{t_3^i}{t_o^i}, \quad (5)$$

где K_3^i – коэффициент приведения задержек поездов к отказам для i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

t_3^i, t_o^i – средняя трудоемкость на ликвидацию соответственно задержек поездов и отказов для i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры.

$$K_{\text{прив}}^i = C^i K_c^i + O + 3^i K_3^i, \quad (6)$$

где $K_{\text{прив}}^i$ – количество приведенных отказов i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

C^i – количество событий i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

K_c^i, K_3^i – коэффициент приведения соответственно событий и задержек поездов к отказам для i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

O – количество отказов i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;

3^i – количество задержек поездов i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры.

$$K_{\text{кач}}^i = \frac{K_{\text{прив}}^i}{V^i}, \quad (7)$$

где $K_{\text{кач}}^i$ – коэффициент уровня качества i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры;
 V^i – объем работы i -го хозяйства Дирекции инфраструктуры.

В результате проведенных расчетов получены коэффициенты приведения для каждого показателя: 1 событие – 19,3; 1 отказ – 1; 1 задержка поезда – 0,3.

На основании предложенной методики выполнен экспериментальный расчет с учетом коэффициентов приведения, результаты которого представлены в таблице.

Таблица – Результаты расчета коэффициента надежности по хозяйствам дирекции инфраструктуры за 2013 год

Показатель	Техническая оснащенность		Количество фактов, шт.			Приведенные отказы, шт.	Коэффициент уровня качества
	измеритель	величина измерителя	события	отказы	задержки		
Служба П	100 прив. км	131,3	9	399	107	603	4,59
Служба Э	100 км	117,9	1	1002	269	1098	9,31
Служба Ш	10 тех. единицы	337,2	9	209	624	561	1,66
Служба В	млн. физ. вагонов	46,5	18	503	3249	1780	38,30

На основании проведенных экспериментальных расчетов по каждому хозяйству инфраструктурного комплекса сформирована база коэффициентов уровня качества, позволяющая оценить качество внутренних бизнес-процессов существующих бизнес единиц инфраструктуры. Применение предложенного коэффициента, – уровня качества, показывает только качество работы каждого хозяйства Дирекции отдельно. В целом для Дирекции определяется средневзвешенный по приведенным отказам показатель уровня качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Об утверждении Положения о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий и иных, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, событий: приказ М-ва трансп. Рос. Федерации от 25 дек. 2006 г. N 163.
- 2 Северова, М.О. Вопросы оценки эффективности деятельности предприятий инфраструктуры железнодорожного транспорта / М.О. Северова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока: науч. журн. -2011. -№1. -С. 24-26.
- 3 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. 28-30.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая эффективность, производственный бизнес-процесс, оценка, производительность труда
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Прудников Алексей Александрович, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ОСОБЕННОСТИ ВОЗМЕЩЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

И.В. Филатов, И.Н. Спицына

SPECIAL ASPECTS OF SPENDING'S REIMBURSEMENT OF MOTOR CARRIAGE MAINTAINING AND REPAIRING
 Siberian state transport university
 I.V. Filatov, I.N. Spitsyna

Analysis and optimisation of a deputy departments spending's definition are necessary for a transparent cost calculation of railway structural subdivisions services in conditions of free market economy.

Keywords: cost calculation, motor carriage rolling stock, price list, secondary shops

Анализ и оптимизация определения расходов вспомогательных цехов и подсобных производств необходимы для транспарентной калькуляции себестоимости услуг структурных подразделений железнодорожного транспорта в условиях рыночной экономики.

В процессе реформирования железнодорожного транспорта из состава ОАО «РЖД» выделяются пригородные пассажирские компании (ППК), формируется рынок не только оказания услуг по перевозкам пассажиров, но и обслуживанию и ремонту подвижного состава.

При этом, ППК формируют тарифы на перевозки исходя из требований региональных и федеральных властей обеспечить доступность услуги большинству пассажиров. Разницу же между фактической и экономически обоснованной стоимостью перевозок пригородным пассажирским компаниям возмещают региональные власти из бюджета региона.

В начале 2015 года возникла ситуация, при которой власти нескольких регионов отказались возмещать расходы за пользование ППК инфраструктурой ОАО «РЖД». В результате в этих регионах был отменен ряд маршрутов, сокращено количество курсирующих электропоездов.

Практически полная изоляция мелких населенных пунктов привела к необходимости прямого вмешательства Президента РФ и в ходе «ручного» управления восстановить пригородное пассажирское сообщение в этих регионах.

Возникшая ситуация ещё раз подчеркнула важность пристального внимания руководства страны и отрасли к вопросу обеспечения бесперебойности пригородного пассажирского движения, взаимодействия ППК и дирекций моторвагонного подвижного состава и пассажирских обустройств ОАО «РЖД», обоснования и оптимизации расходов обеих сторон, транспарентности составления калькуляции за предоставляемые контрагентами услуг.

Моторвагонное депо Новосибирск – структурное подразделение Западно-Сибирской дирекции моторвагонного подвижного состава, осуществляющей хозяйствование над эксплуатацией и обслуживанием электропоездов, принадлежащий как ОАО «РЖД», в том числе сдаваемых в аренду, так в собственности ППК.

Основной клиент депо – ОАО «Экспресс-Пригород».

При взаиморасчётах с ОАО «Экспресс-Пригород» Западно-Сибирская ДМВ использует два метода: метод расходных ставок (для подвижного состава, арендуемого у ОАО «РЖД»), включающий в стоимость вагоно-суток затраты на обслуживание и ремонт, и метод плановых калькуляции себестоимости ремонта электропоездов (для подвижного состава, находящегося в собственности ОАО «Экспресс-Пригород»).

При этом используемые плановые калькуляции включают затраты труда по технологонормировочным картам, то есть затраты при «идеальном» ремонте, а в части затрат на материалы – расходы на заменяемые детали в соответствии с коэффициентом повторяемости замен. Это позволяет говорить о том, что фактические расходы на каждую конкретную единицу ремонта не калькулируются. При годовом планировании такой метод близок к действительности за счёт усреднения расходов, однако он не является транспарентным при взаиморасчётах с ППК за каждое конкретное выполненное техническое обслуживание или текущий ремонт.

Кроме того, анализируя текущее состояние учета затрат, можно отметить, что в общей структуре наблюдается относительно высокий процент накладных расходов – согласно отчётной форме 7у их доля по статьям, связанным с взаиморасчётами с ППК составляет от 45 до 49%

Такой результат, в частности, может объясняться и тем, что затраты вспомогательных цехов и подсобных производств относятся на накладные расходы.

В связи с чем, было проведено исследование фактических затрат труда и материалов, возникающих в участке по ремонту электроаппаратуры и производству запасных частей.

Особенностью этого участка является то, что помимо непосредственного выполнения ремонт, имеет место изготовление новых деталей из нескольких частей неремонтопригодных узлов. В участке ремонтируется 11 видов дугогасительных камер (входящих в 4 группы) и 10 видов контакторов.

В настоящий момент в цехе разработана норма на ремонт детали в целом, без разложения по операциям, к тому же, не учтена разница в объёме ремонта [1].

При проведении ремонта детали в некоторых случаях возникает необходимость частичного или полного её разбора. А значит, трудовые затраты значительно варьируются.

По данным ИАС «Пригород-Финанс» в период с 01.05.2015 г. по 01.06.2015 г. всего на обслуживаемых электропоездах было заменено 658 дугогасительных камер всех типов. При этом невозможно сказать, сколько труда и материалов было потрачено на каждую из этих камер.

Стоит отметить, что цена новой дугогасительной камеры варьируется от 2396 до 16589 рублей, и затраты труда и материалов на ремонт зависят, помимо физического состояния, ещё и от конструкции камеры.

Для решения проблемы учёта расходов может использоваться введение в действие

Прейскуранта цен на выполнение работ исследуемого участка, основанном на применении метода компенсации полных затрат.

При использовании этого метода получаемая себестоимость учитывает величину всех прямых расходов по элементам затрат, а также общепроизводственные и общехозяйственные затраты с учётом процентной нормы, установленной в нормативной документации ОАО «РЖД» при расчётах с ППК.

В ходе разработки Прейскуранта был детально изучен процесс ремонта дугогасительных камер, разработаны пооперационные нормы затрат труда, средние нормы материальных затрат. Согласно нормативам рассчитаны надбавки компенсационного и стимулирующего характера, взносы в социальные внебюджетные фонды.

В результате эксперимента установлены затраты на электроэнергию.

Принята установленная методикой норма накладных расходов при текущем ремонте электропоездов 205,8%.

Так как при составлении Прейскуранта использовался метод трансфертных цен, то не была учтена норма рентабельности, которая закладывается в расчёте конечной цены ТО и ТР электропоезда [2].

В результате эмпирических наблюдений было предложено выделить три класса ремонта дугогасительных камер с поэтапным разделением алгоритма выполнения ремонтных работ.

Первый класс включает в себя просушку камеры в электрической печи, обработку песком в пескоструйной установке и замер сопротивления изоляции.

Ко второму классу ремонта относятся камеры, проходящие ту же процедуру, но также требующие полного разбора и замены некоторых частей. При этом запасные части берутся из кладовой.

А к третьему классу относятся дугогасительные камеры, также требующие разбора, но при этом необходима замена сложных деталей, например, стенок, которые снимаются с неремонтопригодных камер, а значит, возникают дополнительные затраты времени по разбору других деталей.

Результатом работы является Прейскурант на выполнение ремонта дугогасительных камер, который будет использоваться ИАС «Пригород-Финанс» для составления полной калькуляции обслуживания и ремонта электропоездов с целью более транспарентного учёта затрат.

Прейскурант включает в себя стоимость ремонта всех четырёх групп камер с учётом деления на упомянутые классы ремонта.

При этом, разница в расходах на наиболее и наименее затратный ремонт составляет в среднем на 1010%.

Введение в действие Прейскуранта позволит более обоснованно и конкретизировано составлять калькуляции себестоимости услуг рассматриваемого депо.

Стоит отметить, что в условиях рыночной экономики структурным подразделениям ОАО «РЖД» необходимо обоснованно и прозрачно рассчитывать стоимость своих услуг, оказываемых пригородным пассажирским компаниям. Это станет причиной не только полного покрытия затрат, но и послужит основой для эффективного управления затратами самого предприятия.

В процессе исследования использована методика оценки затрат, применение которой возможно также и в других вспомогательных цехах рассматриваемого линейного предприятия, а также других производственных структурных подразделений ОАО «РЖД» [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Спицына, И.Н. К вопросу формирования Прейскуранта цен на ремонт и восстановление узлов и деталей при ремонте моторвагонного подвижного состава / И.Н. Спицына, И.В. Филатов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока: науч. журн. -2015. -№1. -С. 42-44.

2 Лунина, Т.А. Формирование цен при взаиморасчетах с ремонтными подразделениями железных дорог / Т.А. Лунина // Вестн. ВНИИЖТа. -2006. -№6. -С. 39-41.

3 Спицына, И.Н. Совершенствование организации учета затрат материалов при техническом обслуживании и ремонте моторвагонного подвижного состава / И.Н. Спицына, А.Ю. Абраменко // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока: науч. журн. -2013. -№2. -С. 65-68.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: калькуляция себестоимости, моторвагонный подвижной состав, преЙскурант, вспомогательные цеха

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Филатов Илья Владимирович, студент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Спицына Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.М. Островский, А.М. Лисютин

THE EFFICACY OF CONTAINERIZATION OF DANGEROUS BULK CARGOES TRANSPORTATION

Siberian state transport university

A.M. Ostrovskiy, A.M. Lisutyin

The article is devoted to the efficacy of containerization of dangerous bulk cargoes transportation. A variant of the use for such transportation of tank-containers on the basis of the conducted research is offered.

Keywords: transportation, railway, containerization, tank car, tank-container

Рассматривается эффективность контейнеризации перевозок опасных наливных грузов. На основании проведенных исследований предложен вариант использования для таких перевозок контейнеров-цистерн.

В настоящее время на рынке грузовых железнодорожных перевозок работают свыше двух тысяч операторов подвижного состава, которых по величине парка, находящегося в управлении, можно разделить на 5 групп (рисунок 1). Среди операторов железнодорожного подвижного состава в последнее время за сегмент высокодоходных грузов второго и третьего классов развернулась серьезная конкуренция [1]. В первую очередь это коснулось нефти и нефтепродуктов, объёмы перевозок которых, занимают значительную долю в номенклатуре перевозимых грузов (рисунок 2).

Предусмотренная в настоящее время структура тарифов на перевозку нефти и нефтепродуктов по российским железным дорогам предусматривает применение заниженной к данному индикативному показателю инфраструктурной составляющей за счёт установления более высокого уровня вагонной и расчётной локомотивной составляющей, что обуславливает высокую экономическую эффективность перевозок обозначенных наливных грузов в собственных вагонах и собственными локомотивами [2]. При этом общий объём перевозок наливных грузов составляет около 250 млн. т в год (рисунок 3).

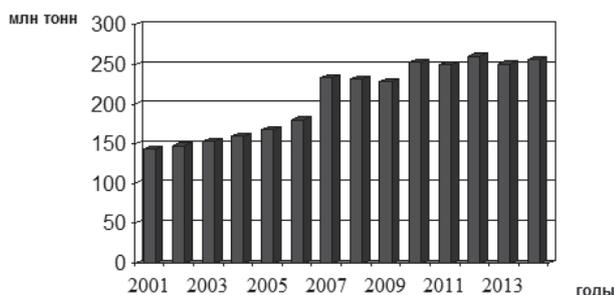


Рисунок 3 – Объёмы перевозок наливных грузов по железным дорогам РФ

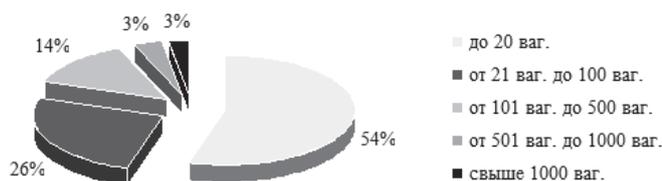


Рисунок 1 – Доли собственников в общем объёме вагонного парка

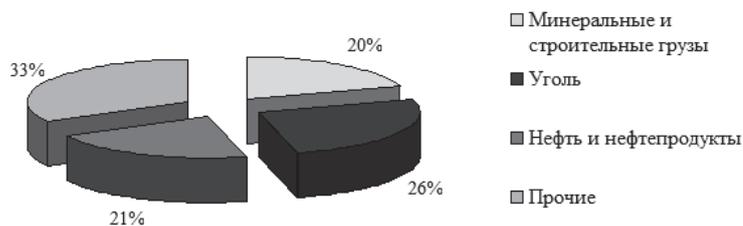


Рисунок 2 – Доли основных грузов в общем объёме перевозок

Опасные наливные грузы, в частности, продукция химической и нефтехимической промышленности, являются наиболее высокодоходными. Развитие перевозок таких грузов в настоящее время во многом зависит от величины провозной платы, тем более что железные дороги испытывают серьёзную конкуренцию со стороны автомобильного, трубопроводного и речного транспорта [3, 4].

В рамках исследования обозначенной проблемы были выполнены технико-экономические расчёты вариантов по выбору оптимальных вариантов транспортировки наливных грузов в вагонах-цистернах и контейнерах-цистернах. Расчёты показали, что ставки за начально-конечные, погрузочно-

разгрузочные операции и транспортно-экспедиционное обслуживание перевозок наливных грузов в вагонах-цистернах и контейнерах-цистернах в прямом железнодорожном сообщении не имеют существенной разницы, в отличие от размера провозных платежей, для определения которых использовалась автоматизированная система подготовки и оформления перевозочных документов «Этран».

В качестве наливных грузов рассматривались грузы трёх тарифных классов: газы энергетические (тарифный класс – 1); бензин (тарифный класс – 2); масла и смазки минеральные (тарифный класс – 3).

Для получения большей наглядности и объективности результатов расчёт провозной платы производился по трём станциям назначения – «У» (Дальневосточная железная дорога), «С» (Восточно-Сибирская железная дорога), «О» (Южно-Уральская железная дорога), в то время как станция отправления для всех случаев была задана одна – «К» (Западно-Сибирская железная дорога). Тарифное расстояние от «К» до «У» составляет 6574 км, от «К» до «С» – 2891 км, от «К» до «О» – 1694 км.

Перевозка перечисленных грузов рассчитывалась для вагонов-цистерн, эквивалентных по грузоподъёмности двум контейнерам-цистернам ТКМ1-25Б (в которых рассматривалась транспортировка масел и бензина) и КЦМ-35/0,6 (для сжиженных газов). Принималось, что на платформе (плата за использование которой была включена в провозную плату за перевозку грузов в контейнерах-цистернах) размещается по два контейнера-цистерны, вмещающие столько же груза, сколько вмещает один вагон-цистерна.

Расчёт выполнен по двум вариантам. В первом случае рассматривались повагонные отправки для вагонов-цистерн и контейнерные отправки для контейнеров-цистерн (таблица 1). Во втором случае вагоны-цистерны перевозились в маршрутных отправлениях, а контейнеры-цистерны – контейнерными поездами (таблица 2). Кроме того, был произведён расчёт провозной платы 1 млн. т грузов обозначенных наименований до перечисленных в качестве пунктов назначения станций. Результаты данного расчёта отражены на рисунке 4.

Таблица 1 – Провозная плата за повагонную отправку грузов в вагоне-цистерне и эквивалентных ему двух контейнерах-цистернах контейнерной отправкой

Наименование подвижного состава (предмета транспортного оборудования)	Размер провозной платы (в зависимости от расстояния перевозки), руб.		
	1694 км	2891 км	6574 км
Газы энергетические (углеводородные сжиженные), тарифный класс – 1			
Вагон-цистерна	172067,07	235959,57	423603,26
Контейнеры-цистерны	87208,00	124154,52	251419,02
Бензин, тарифный класс – 2			
Вагон-цистерна	133635,65	198361,23	422786,70
Контейнеры-цистерны	87208,00	124154,52	251419,02
Масла и смазки минеральные (нефтяные), тарифный класс – 3			
Вагон-цистерна	118349,28	176438,32	378084,98
Контейнеры-цистерны	45691,96	64564,88	130618,92

Таблица 2 – Провозная плата за маршрутную отправку грузов в вагоне-цистерне и эквивалентных ему двух контейнерах-цистернах

Наименование подвижного состава (предмета транспортного оборудования)	Размер провозной платы, руб. (в зависимости от расстояния перевозки)		
	1694 км	2891 км	6574 км
Газы энергетические (углеводородные сжиженные), тарифный класс – 1			
Вагон-цистерна	126397	178527	327888
Контейнеры-цистерны	67410,36	101238,90	217382,38
Бензин, тарифный класс – 2			
Вагон-цистерна	97306	149204	327207
Контейнеры-цистерны	67410,36	101238,90	217382,38
Масла и смазки минеральные (нефтяные), тарифный класс – 3			
Вагон-цистерна	89583	137363	301238
Контейнеры-цистерны	32787,48	51289,88	114875,36

В результате расчетов установлено, что провозная плата за транспортировку каждого из рассмотренных наливных грузов всех трёх тарифных классов в контейнерах-цистернах

значительно меньше, чем в вагонах-цистернах. Следовательно, применение контейнеро-цистерн для перевозок грузов по железным дорогам Российской Федерации экономически выгодно и целесообразно.

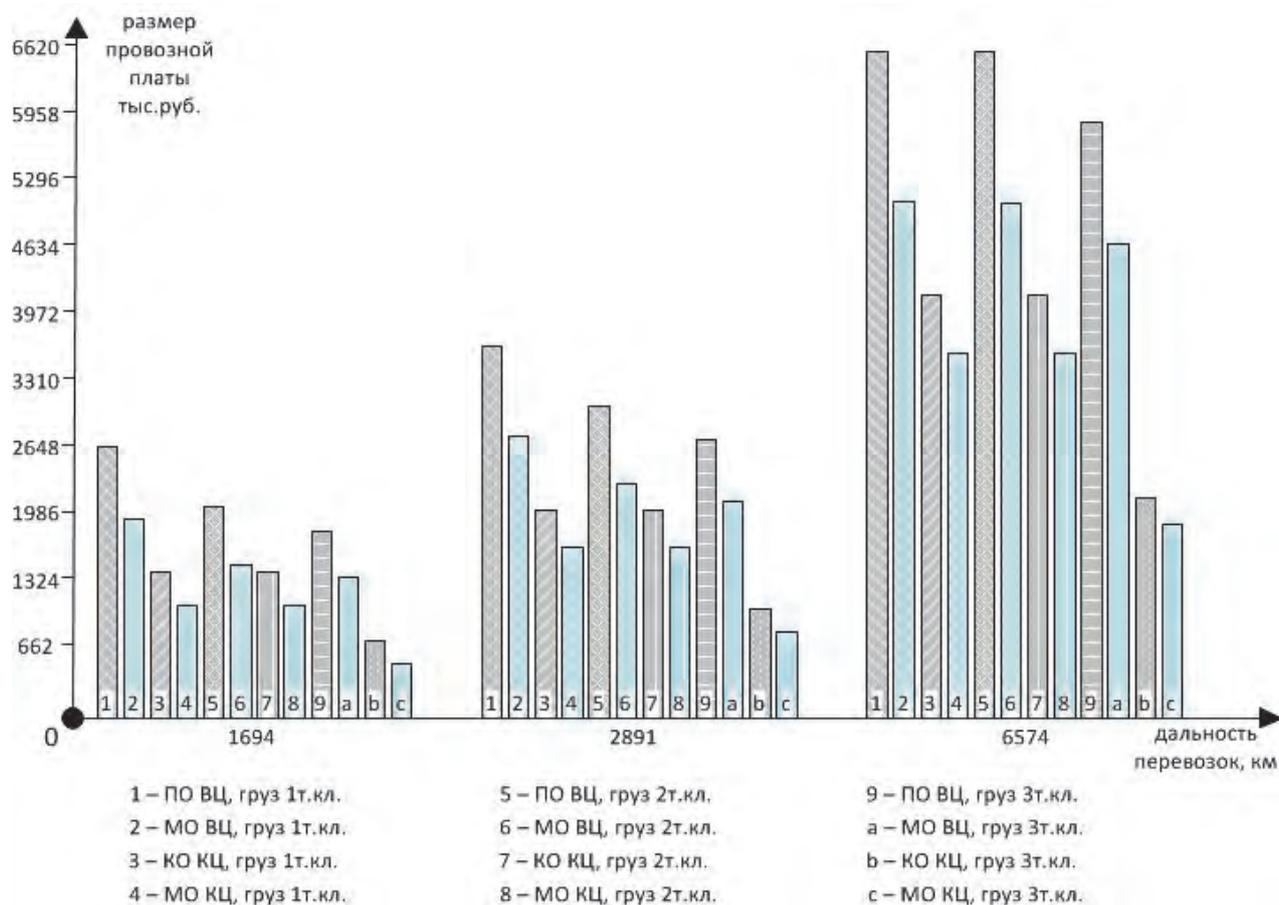


Рисунок 4 – Провозная плата за транспортировку 1 млн. т наливных грузов 1, 2 и 3 тарифных классов в вагонах-цистернах и контейнерах-цистернах

Контейнеризация перевозок опасных наливных грузов с предприятий или баз снабжения грузополучателям, не имеющим возможности получать грузы по трубопроводу, в железнодорожных вагонах-цистернах и танкерах в прямом сообщении, а также при поставках грузов, отправляемых в таре, является одним из наиболее эффективных направлений перевозок.

Контейнеризация позволяет осуществлять комплексную механизацию и автоматизацию погрузочно-разгрузочных и складских работ, обеспечить ликвидацию тяжелого ручного труда при перегрузках, наливе и сливе грузов, сократить простои подвижного состава в пунктах перевалки и на предприятиях, снизить расходы на тару, экономить металлы и другие материалы, используемые при изготовлении тары, обеспечить более эффективную охрану окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Островский, А.М. Железнодорожные перевозки нефти и нефтепродуктов: перспективы и проблемы развития / А.М. Островский, А.М. Лисютин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока / НГАВТ. -Новосибирск, 2012. -№2. -С. 35-39.
 2 Лисютин, А.М. О тарифной политике в условиях реформирования отрасли / А.М. Лисютин // Ж.-д. трансп. -Москва, 2010. -№3. -С. 65-67.
 3 Островский, А.М. Основные направления повышения безопасности перевозок опасных наливных грузов / А.М. Островский, А.М. Лисютин // Совершенствование системы управления, предотвращения и демпфирования последствий чрезвычайных ситуаций регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения: сб. материалов Междунар. науч. конгр. «СПАССИВ-СИББЕЗОПАСНОСТЬ-2010» / СГГА. -Новосибирск, 2010. -С. 149-151.
 4 Островский, А.М. Перевозка железнодорожным транспортом грузов, требующих особых условий / А.М. Островский, А.М. Лисютин, Л.Ю. Высоцкий // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока / НГАВТ. -Новосибирск, 2014. -№4. -С. 70-75.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перевозки, железная дорога, контейнеризация, вагон-цистерна, контейнер-цистерна
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Островский Анатолий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 Лисютин Антон Михайлович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

С.А. Казакова

THE EFFICIENCY OF LIVE WORKING ON TRANSMISSION OVERHEAD LINES
Novosibirsk state technical university
S.A. Kazakova

It is known that the economic efficiency of live working is defined by exception of additional losses during energy delivery through «repair diagram of electric grid» when disconnecting the main line is switched-off for maintenance. This paper also proposes to consider other possible components of the economic benefits associated with the exception of power plant forced modes, which are not optimal from the economy point of view.

Keywords: overhead power lines, production repair work under stress, economic efficiency, additional energy losses, power plant, forced regime generation

Считается, что экономическая эффективность производства работ под напряжением на воздушных линиях электропередачи определяется исключением дополнительных потерь электроэнергии при её транспорте по «ремонтной схеме» электрической сети при отключении ремонтируемой ВЛ. Предлагается также учитывать другие возможные составляющие экономического эффекта, связанные с исключением вынужденных режимов работы электростанций, отличных от экономически оптимальных.

Воздушные линии (ВЛ) высокого напряжения являются ответственными элементами в системах электроснабжения потребителей энергоэнергии. Их отключения приводят к экономическому ущербу. В [1] ущерб от отказов в системах электроснабжения предлагалось оценивать суммой двух составляющих

$$Y = y_1\omega + y_2T_e, \text{ руб./год} \quad (1)$$

где y_1 – удельный ущерб от самого факта отказа ВЛ, не зависящий от длительности восстановления её работоспособности, руб./отказ;
 y_2 – удельный ущерб от простоя потребителей после отказа, зависящий от длительности восстановления работоспособности воздушной линии, руб./ч;
 ω – параметр потока отказов данной ВЛ, отказ/год;
 T_e – среднее время восстановления, ч/отказ.

Из (1) видно, что ущерб зависит от двух основных показателей надёжности: безотказности и ремонтпригодности. Очевидно, что своевременное устранение дефектов, в том числе, при техническом обслуживании и ремонте ВЛ под напряжением может существенно сократить поток отказов и длительность восстановления работоспособности ВЛ.

Технические преимущества работ под напряжением. Основное преимущество работ под напряжением заключается в том, что ВЛ и оборудование находятся в работе во время ремонта, следовательно электроснабжение потребителей не приостанавливается. Этот факт, как таковой, улучшает качество электроснабжения потребителей, поскольку продолжительность и частота перерывов поставки электроэнергии являются наиболее важными показателями качества электроснабжения. Из прочих технических преимуществ производства работ под напряжением (ПРН) можно отметить следующее:

- снижение количества коммутаций позволяет уменьшить уровень рисков возникновения инцидентов и аварий в электрических сетях;
- отсутствие дополнительного расхода электрической энергии на её транспорт в случае работы электрической сети в неоптимальных ремонтных схемах, возникающих при отключении ВЛ;
- возможность сохранения оптимальных режимов работы электростанций и загрузки генераторных мощностей;
- снижение затрат, связанных с компенсацией ущерба сельскохозяйственному производству и собственникам земель, по которым проходит ремонтируемая ВЛ, за счёт оптимизации сроков выполнения работ;
- возможность оптимальной загрузки ремонтных бригад;
- применение ПРН, как более технологичного вида работ в электроустановках, способ-

ствует повышению квалификации исполнителей, развитию передовых технологий, повышению эффективности и безопасности.

Помимо технической пользы, очевиден положительный эффект ПРН и в социальном плане: бесперебойность электроснабжения оказывает влияние на уровень общественного благополучия [2].

Экономическая эффективность. Прямые затраты на выполнение ремонтных работ, проводимых без отключения воздушной линии электропередачи, в общем случае, превышают затраты, по отношению к случаю выполнения аналогичных работ, на отключенной ВЛ. Работы под напряжением требуют более высокой квалификации и специального обучения ремонтного персонала, более тщательной проработки технологии выполнения работ, применения специальной оснастки и дополнительных средств защиты от вредных производственных факторов.

Тем не менее положительный экономический эффект от ПРН подтверждался не один раз. В отечественной практике эффективность ПРН формировалась преимущественно экономией от потерь энергии, которые могли бы возникнуть при отключении ремонтируемой ВЛ и питании потребителей по другим, менее оптимальным, путям транспорта энергии [1]. За рубежом в расчёты эффективности от ПРН включается также экономия затрат времени: на подготовку работ; получение допуска от энергосистемы; на отключение и повторное включение в случае проведения работ на выведенном из работы оборудовании; собственно на работу [2].

Наряду с названными «системной» и «технологической» составляющими экономической эффективности ПРН, можно отметить еще один компонент, который можно условно назвать «рыночным». Он возникает при следующих обстоятельствах. Если при отключении одной или нескольких линий электропередачи в каком-либо узле энергосистемы прогнозируется дефицит электроэнергии и мощности, для ликвидации которого может возникнуть необходимость ограничения для потребителей электроэнергии, то рассматривается необходимость включения дополнительных электрогенерирующих мощностей, имеющихся в данном энергоузле. При этом экономическая эффективность электрогенерации, как правило, снижается, поскольку начинает загружаться устаревшее оборудование и использоваться «замыкающее», менее экономичное топливо. В результате стоимость вырабатываемой электроэнергии растёт. Правилами рынка электроэнергии и мощности предусмотрен особый порядок ценообразования для электростанций, которым системный оператор может определить такой режим работы.

Рассмотрим для примера ситуацию, которая может возникнуть в случае вывода в ремонт с отключением одной из двух ВЛ 220 кВ, которые связывают дефицитный Бийский энергоузел энергосистемы Алтайского края и Республики Алтай с Барнаульской зоной.

Необходимая электрическая мощность Бийского энергорайона обеспечивается перетоками из ОЭС Сибири и внутренней генерацией Бийской ТЭЦ. Установленная электрическая мощность Бийской ТЭЦ – 535 МВт. Описание установленного на Бийской ТЭЦ основного энергетического оборудования, с указанием коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) каждой единицы генерирующего оборудования за последние три года приведено в таблице.

Таблица – Основное энергетического оборудования Бийской ТЭЦ

Номер	Тип генератора	Тип турбины	$P_{уст}$, МВт	КИУМ, %, в год		
				2011	2012	2013
ТГ 1	ТВ-2-30-2	ПТ-25-90/10	25	5,7	0,6	2,6
ТГ 2	ТВ-2-30-2	Т-30-90	30	0,3	3,1	0,0
ТГ 3	ТВФ-60-2	ПТ-50-130/13	50	32,9	54,0	40,6
ТГ 4	ТВФ-60-2	ПТ-50-130/13	50	27,4	40,9	28,0
ТГ 5	ТВФ-60-2	Т-50-130	50	19,0	67,1	22,7
ТГ 6	ТВФ-120-2	Т-110/120-130	110	72,4	90,5	75,0
ТГ 7	ТВФ-110-2ЕУЗ	Т-110/120-130	110	43,1	64,2	81,7
ТГ 8	ТВФ-110-2 ЕУЗ	Т-110/120-130	110	48,1	71,0	79,6

До февраля 2015 г. ОАО «Бийскэнерго», ежемесячно присваивался признак «электростанция (генерирующий объект), поставляющая электрическую энергию в вынужденном режиме». При присвоении указанного признака для исключения ограничения режима потреб-

ления при возникновении нормативного аварийного возмущения, требуется включение дополнительного генерирующего оборудования ОАО «Бийскэнерго», относительно необходимого по условиям обеспечения не превышения максимально допустимых перетоков в нормальном режиме.

Присвоение станции признака «станции работающей в вынужденном режиме», подразумевает следующий порядок оплаты за поставку электроэнергии на рынок. Каждая электростанция имеет тариф на электроэнергию (для Бийской ТЭЦ это 1075 рублей за 1000 кВт·ч). Если же станции присвоен упомянутый признак, то при складывающейся цене балансирующего рынка ниже тарифа, вся энергия оплачивается по цене не ниже чем установленный тариф, а если цена выше, – то по сложившейся рыночной цене. Таким образом, ОАО «Бийскэнерго» компенсировались затраты работы в «вынужденном режиме». Подчеркнём, что такой порядок ценообразования действует по факту присвоения электростанции признака ЭВР, то есть даже в том случае, когда нарушения нормального режима работы фактически не возникает.

Фактические цены балансирующего рынка в феврале и марте 2015 г., колебались в диапазоне 1130-1170 руб. за 1000 кВт·ч [3]. Весной цены снизились, и в случае присвоения Бийской ТЭЦ признака «станции работающей в вынужденном режиме» на май, станция получила бы минимально гарантированную оплату за электроэнергию на основе тарифа – 1075 руб. за 1000 кВт·ч, даже в случае если необходимости во вводе дополнительного оборудования не возникло бы. Так как в мае 2015 года такой признак Бийской ТЭЦ присвоен не был, станция получила оплату по сложившейся цене электроэнергии на балансирующем рынке, которая в мае составила 820-900 руб. за 1000 кВт·ч [3].

Из приведённого примера видно, что снижение цены электроэнергии вырабатываемой генерирующим объектом, в случае отсутствия необходимости присвоения ему признака «станции работающей в вынужденном режиме», может составить порядка 20%.

Очевидно, что при внедрении ПРН, сокращается вероятность возникновения недопустимого снижения пропускной способности электрических сетей, следовательно, сокращается область необходимости работы электростанций «в вынужденном режиме».

Кроме указанной, можно выделить ещё одну возможную составляющую экономии. Предложение по электрогенерации со стороны Бийской ТЭЦ, величина которого очевидно была определена в соответствии с необходимой тепловой мощностью в данный период времени, меньше, чем запрашиваемая электрическая мощность со стороны Системного оператора. В таком случае, в условиях действующих рыночных взаимоотношений, генерирующее предприятие получает дополнительные финансовые средства (компенсацию за ввод в работу дополнительного оборудования, использование которого владелец не считал эффективным). Это обстоятельство также является экономическим фактором, потенциально стимулирующим развитие технологий ПРН, позволяющих снижать вероятность отключения ВЛ и, как следствие, уменьшать сумму подобного вида компенсаций, которые безусловно оказывают отрицательное влияние на эффективность работы энергосистемы, так как приводят к повышению тарифов для потребителей.

Анализ приведённых выше разноплановых факторов экономической эффективности ПРН, позволяет сделать вывод о том, что расширение области применения этого метода при ремонтах и техническом обслуживании электроустановок, позволит снизить результирующие затраты, и, одновременно, повысить качество и надёжность электроснабжения потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барг, И.Г. Ремонт воздушных линий электропередачи под напряжением / И.Г. Барг, С.В. Полевой. -Москва: Энергоатомиздат, 1989. -247 с.
- 2 Criteria for Applying of Live Working Technologies in Romanian Transmission Power Grid / D. Morar [et al.] // Proceedings of 11th Intern. Conference on Live Maintenance, ICOLIM 2014, 21-23 May 2014, Budapest, Hungary. -P. 45-132.
- 3 Ценовые показатели [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://br.so-ups.ru/Public/MainPageData/BR/IndicatorBR.aspx>. -18.06.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздушные линии электропередачи, производство ремонтных работ под напряжением, экономическая эффективность, дополнительные потери энергии, электростанция, вынужденный режим генерации

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Казакова Светлана Алексеевна, аспирант ФГБОУ ВО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения»

И.Ю. Согрин

APPLICATION OF GENERAL SYSTEMS THEORY FOR ADVANCEMENT OF RAIL FREIGHT

Petersburg state transport university

I.Yu. Sogrin

This article reviews areas for improvement of rail freight, general systems theory and its uses in this area. Use of general systems theory methods allows to find common features of different traffic management systems and to create uniform criteria for its' efficacy assessment.

Keywords: railway transport, freight train, shuttle-train transportation, general systems theory

Рассмотрены области совершенствования железнодорожных грузоперевозок, общая теория систем и способы её, применения в данной области. Применение методологии общей теории систем позволяет выявить общие черты для различных систем организации перевозочного процесса и сформировать единые критерии оценки их эффективности.

Современная система организации перевозок грузов – это сложная структура, характеризующаяся множеством взаимосвязанных между собой элементов. Для того, чтобы определить существующие недостатки системы в количественном выражении и разработать эффективные мероприятия по их устранению, потребуются построить математическую модель существующей системы перевозок. Для достижения данной цели предлагается использовать общую кибернетическую теорию систем.

Эта теория называется общей, поскольку её методология может быть использована при исследовании любых объектов окружающего мира, в том числе и системы организации перевозок грузов на железнодорожном транспорте.

Эта теория называется кибернетической, поскольку многие её положения и методика направлены на исследование механизмов управления в изучаемых процессах. В случае организации перевозок процесс управления является одним из ключевых.

Общая теория систем была разработана в Америке в 1950-х годах. Название для данной теории было создано Людвигом фон Берталанфи в 1951 г. в статье «Общая теория систем: новый подход к единству науки». К. Боулдинг в 1956 г. развил основные положения данной теории в рамках книги «Общая теория систем – основа науки». В дальнейшем множество ученых расширили эту теорию, по настоящее время она продолжает развиваться.

Основной принцип общей теории систем заключается в том, что любой объект можно проанализировать как систему, как комплекс взаимосвязанных элементов, взаимодействующих для достижения единой цели.

Общая теория систем базируется на понятии, что любая система функционирует по аналогии с биологическими системами и обязательно имеет:

- Цель создания;
- Элементы системы;
- Структуру системы;
- Поведение, соответствующее цели;
- Взаимодействие с окружающей средой.

Далее предлагается рассмотреть основные моменты системного подхода относительно системы организации перевозок грузов.

Целью системы организации перевозок является получение прибыли от осуществления перевозочной деятельности. Наибольшая прибыль может быть достигнута за счет минимизации расходов на доставку грузов, и повышения уровня сервиса, то есть улучшения показателей перевозки, имеющих значение для клиента. Минимизация расходов может достигаться за счёт экономии основных ресурсов: пространства, времени, материалов, труда, энергии и денег.

В контексте системы организации перевозок грузов с использованием железной дороги экономия пространства может достигаться за счёт сокращения количества малодейственных путей и станций, то есть концентрации грузовой работы.

Экономия времени может быть достигнута за счёт снижения простоев подвижного состава, ускорения операций, проводимых с грузом, увеличения скорости движения подвижного состава.

Экономия материалов может быть достигнута за счёт использования вагонов большей грузоподъемности и локомотивов большей мощности.

Экономия трудовых ресурсов может быть достигнута за счёт автоматизации складских операций, активного использования информационных технологий (системы ЭТРАН, Пальма, АСУГС, АСУСС и т.д.).

Экономия энергии может быть достигнута за счёт повышения КПД локомотивных двигателей, совершенствования аэродинамических характеристик подвижного состава и локомотивов, использования гибридных двигателей и т.д.

Для экономии денежных средств необходимо учитывать, что уменьшение затрат на осуществление перевозки может привести к снижению качества перевозки и другим негативным последствиям, связанным с необоснованной экономией. Поэтому при экономии денежных средств должен учитываться коэффициент рентабельности, который в контексте данной задачи приобретает следующий вид.

В качестве критериев оценки эффективности системы организации перевозок в дальнейшем предполагается использование финансовых и временных параметров, как наиболее проблемных показателей на Российских железных дорогах.

Элементы системы, согласно общей методологии теории систем – неделимые на данном этапе анализа составные части системы. Элементами системы организации перевозок грузов являются все операции, проводимые на материальных объектах, которые проходит грузопоток на всем этапе следования от склада грузоотправителя до склада грузополучателя. К элементам системы организации перевозок относятся: транспорт, склады, характеристики грузопотока и т.д. Для наиболее полного описания элементов системы с математической точки зрения необходимо провести его параметрическое описание.

Структура системы согласно методологии общей теории систем подразумевает различные взаимосвязи между элементами системы: пространственные, временные, технические, организационные, зависимости, подчинения, последовательности, и т.д. В контексте системы организации перевозок грузов структура системы описывает последовательность взаимодействия элементов системы в зависимости от продвижения грузопотока. Структура системы всегда направлена на достижение цели.

В процессе деятельности элементов системы и её структуры осуществляется её динамическое функционирование. Эффективность выбора элементов системы и их структуры определяет эффективность достижения цели. В контексте системы организации перевозок это означает, что чем лучше организована система, тем более прибыльна перевозка в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В процессе динамического функционирования системы происходит её взаимодействие с окружающей средой. Для системы организации перевозок грузов это выражается во взаимодействии с системой законодательных органов, предприятий, грузоперевозчиков и грузополучателей, законодательными актами, посредниками. Взаимодействие системы с внешней средой заключается в передаче финансовых и информационных потоков.

Заключительным этапом системного подхода является оценка эффективности деятельности системы через сравнение результатов деятельности системы с поставленной целью. На этом этапе делаются выводы о том, насколько хорошо спланирована система, насколько эффективно взаимодействие между элементами системы, насколько хорошо подобраны элементы. При выборе между несколькими вариантами систем организации перевозок, связанными одной целью и одними параметрами грузопотока, выбирается та система, которая наиболее удовлетворяет поставленной цели.

В соответствии с методологией общей теории систем систему организации перевозок грузов можно отнести к сложным вероятностным системам. Эта система сложная по устройству, форме и количеству взаимодействий, поскольку включает в себя множество элементов (перевозка разными видами транспорта, складирование, перегрузочные операции и т.д.). Эта система является вероятностной или стохастической по характеру действия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *железнодорожный транспорт, грузовой поезд, маршрутная перевозка, общая теория систем*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Согрин Иван Юрьевич, аспирант, ФГБОУ ВПО «ПГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *190031, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 9, ФГБОУ ВПО «ПГУПС»*

АДАПТАЦИИ НОВЫХ ПРАКТИК В СИСТЕМУ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.Н. Рожков

ADAPTATION OF NEW PRACTICES INTO THE SYSTEM OF CONTROLLER MANAGEMENT OF RAILWAY TRANSPORTATION COMPLEX

Siberian state transport university
A.N. Rozhkov

Proposes new ways of improving controller staff workers labour organization in the transportation complex management on the principles of modern management and benchmarking.

Keywords: through production processes, functional and technological barriers, principles of management and benchmarking

Предложены новые способы совершенствования организации труда работников диспетчерского аппарата в управлении перевозочным комплексом на принципах современного менеджмента и бенчмаркинга.

С момента введения диспетчерской системы управления процессом перевозок на железнодорожном транспорте и до момента принятия программы реформирования и структурной перестройки управления железнодорожным транспортом формы и методы организации работы аппарата поездных диспетчеров не претерпевали коренных изменений.

В настоящее время диспетчерское управление перевозочным процессом представляет собой достаточно сложную, иерархическую систему. На разных уровнях этой системы формируются различные системы управления для решения производственных задач. Поскольку старые системы организации управления и труда на железной дороге продолжают действовать, то цели организации управления перевозочным комплексом – исследовать, анализировать, создавать новые системы управления или вносить прогрессивные изменения в ранее образованные системы, адаптируя их к новым рыночным условиям [2].

С точки зрения процессного подхода перевозки на железнодорожном транспорте относятся к категории «сквозных производственных процессов». И многие руководители путем выделения в подразделении нескольких сквозных процессов пытаются решить проблему неэффективного взаимодействия функциональных подразделений, то есть устранить «функционально-технологические» барьеры.

В железнодорожной практике такой подход часто означает, что из слабо организованной, и плохо управляемой деятельности подразделений пытаются выделить некоторую часть работ, которая оформляется как сквозной процесс и которой предполагается уделять большее внимание со стороны диспетчерского аппарата управления движением поездов, реорганизуя периодически их оперативное подчинение, вновь возникающим филиалам и ДЗО в компании «РЖД» [4].

Но изменения системы диспетчерского управления не происходят сами собой, они требуют изменения как принципов и средств управления, так и самих руководителей, их отношения к управлению. Поэтому простое выделение сквозных процессов, как правило, не приводит к изменению ситуации в перевозочном комплексе компании.

В мировой практике почти неизвестны примеры серьезного обоснования целесообразности внедрения сквозных процессов на предприятиях. Например: компании «Тойота» потребовалось 8 лет для осуществления перехода на сквозные и матричные принципы управления [6].

Можно ли управлять организацией движения поездов на основе «сквозных» процессов и в чем его отличительная особенность? По определению – сквозной процесс представляет собой последовательность работ и функций, выполняемых в различных функциональных подразделениях региональной дирекции управления движением поездов.

Мировой опыт опирается на два четко выраженных варианта реализации процессного подхода.

Первый вариант реализации процессного подхода базируется на выделении в организации «сквозных» процессов, их описании, последующей реорганизации в случае необходимости построении системы управления сквозными процессами (рисунок 1). Такой вариант

реализуется по следующим принципам:

1 Функциональная потребность. Сколько сквозных процессов может быть в каждом структурном подразделении, входящих в структуру оперативного управления перевозочным комплексом? Их может быть выделено столько, сколько смогут субъективно обосновать руководители и управлять специалисты.

2 Пересечение процессов. Пересечение процессов в рамках одного функционального подразделения, каким является перевозочный комплекс некоторым образом усложняет руководителю функционального подразделения (ДУД) координацию управленческих решений с различными владельцами сквозных процессов.

3 Регламентация сквозных процессов. Регламент сквозных процессов превращается в объемный документ, который в зачатку никто не использует в полном объеме.

4 Функциональные издержки. Выделение отдельных процессов подразделения, например: текущий осмотр вагонов на станции, в сквозной процесс приводит к «потере» части функций или технологических работ подразделения. Возможность такой потери может быть связана с тем, что часть функций являются функциями внутренних процессов подразделения.

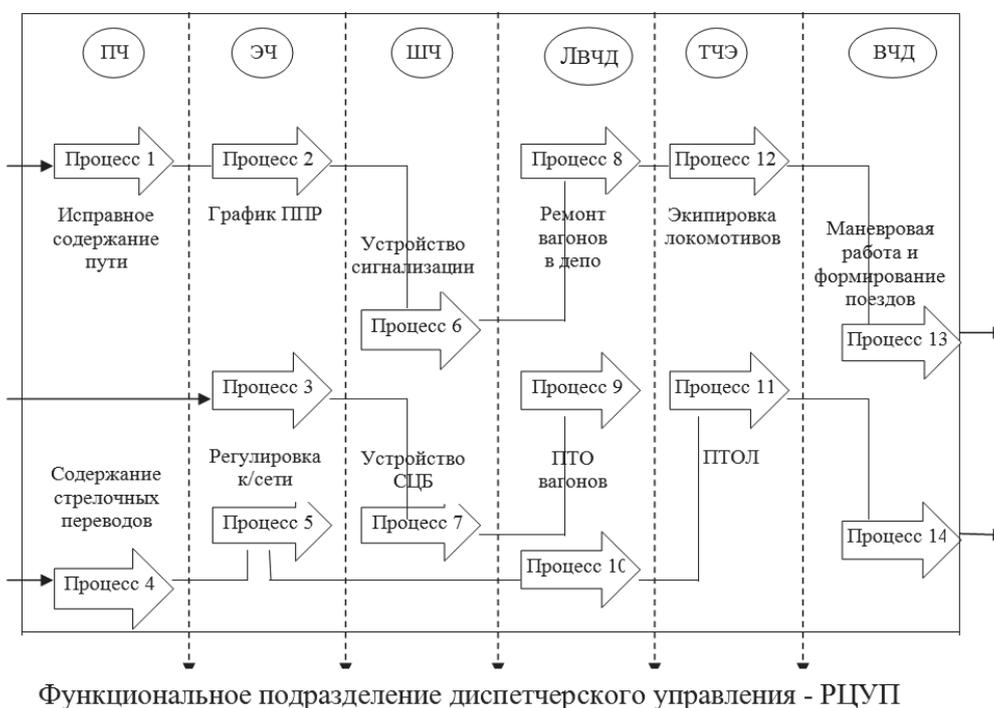


Рисунок 1 – Сеть сквозных процессов ПК железной дороги

Второй вариант реализации процессного подхода основан на рассмотрении деятельности перевозочного комплекса (ПК) как сети процессов и разработке системы управления этой сетью процессов [5].

Сеть процессов – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессов предприятий, включающих все виды деятельности, осуществляемые в обслуживании перевозочного процесса ПК (см. рисунок 1). При использовании такого определения сети процессов не важно, сколько процессов выделено на предприятии. Важно, что вся деятельность без исключения рассматривается в виде процессов отдельных структурных подразделений в перевозочном комплексе «РЖД» [1, 3].

Сеть бизнес-процессов привязывается к структурным подразделениям ПК и после этого строится система управления этими процессами. При этом функциональная структура ПК остается, но подвергается тщательному анализу и, в случае необходимости, реорганизации. Все функции подразделения при этом могут быть увязаны в процессы подразделения. Часть процессов подразделения будут взаимодействовать с процессами других подразделений. Другая часть процессов подразделений (внутренние процессы) будут «поставлять» для первых процессов выходы или использовать входы [4].

Достаточно часто процессы совпадают с границами подразделений. В тех случаях, когда границы процессов и подразделений не совпадают, необходимо корректировать органи-

зационную структуру, то есть менять границы подразделений с целью согласования «зон ответственности» процессов.

Сравнительный анализ подходов к выделению сквозных бизнес-процессов и сети бизнес-процессов подразделений показывает, что внедрение процессного подхода к диспетчерской системе управления в возможно осуществлять по следующим этапам:

Этап 1: построить и описать сеть бизнес-процессов функциональных подразделений, назначить владельцев процессов; четко определить границы процессов, необходимые для выполнения процессов ресурсы, наладить взаимодействие между подразделениями по принципу «клиент-поставщик»; разработать систему показателей оценки процессов, продуктов процессов и удовлетворенности клиентов.

Этап 2: выделить сквозные процессы и назначить владельцев сквозных процессов; описать и регламентировать сквозные процессы; разработать механизмы выделения ресурсов владельцам сквозных процессов и механизмы управления сквозным процессом; разработать систему контроля использования ресурсов сквозными процессами; разработать систему показателей оценки сквозных процессов, продуктов процессов и удовлетворенности клиентов.

Несоответствие в показателях процессов подразделений, входящих в диспетчерскую систему управления анализируют в четырех областях (рисунок 2). Сначала анализируют различия в степени удовлетворенности потребителей, затем – различия в результатах выполнения процесса, различия в показателях выполнения процесса и в последнюю очередь – различия между входными процессами. Выявленные расхождения показателей позволяют установить, какой из процессов и в какой из областей является более эффективным. В свою очередь, операционные различия объясняют, почему этот процесс лучше, как можно достичь или превзойти этот уровень [7, 8].

С целью определения операционных различий лучше использовать графические представления процесса. Для этого необходимо иметь карту процесса и другие документы, обеспечивающие его функционирование. Далее – сравнить карту текущего процесса с картой каждого из бенчмаркинг-процессов (рисунок 1 и 2), установить операционные различия и закрепить нормативной документацией, например в ТРА работы станций, карты трудового процесса диспетчера и т.д. [2].

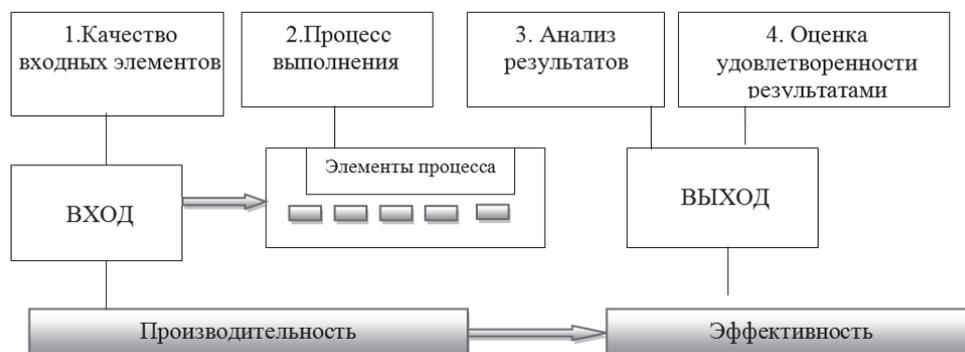


Рисунок 2 – Алгоритм сравнения результатов и качества бизнес-процессов в подразделениях перевозочного комплекса

Затем предстоит проанализировать, насколько могут быть улучшены показатели текущего процесса при адаптации к нему «лучших из лучших» практик, рассмотреть возможные изменения в других областях процесса в случае с точки зрения бенчмаркинг – процессного подхода, творческой адаптации новых практик в текущий процесс, а не слепого их копирования [9].

С созданием диспетчерских центров и широким использованием информационных технологий проявилась необходимость в совершенствовании принципов и технологии оперативного управления перевозочным процессом. При этом следует учитывать противоречия: между потребностями перевозочной работы и возможностями использования участков, станций, грузовых фронтов; нормативными условиями и реальными ситуациями; сменно-суточным планированием, исходящим из выполнения показателей нарастающим итогом за плановый период, и требованиями к оптимальному использованию транспортных средств и устройств; эксплуатационными показателями и финансово-экономическими результатами

работы железнодорожного транспорта; применением вычислительной техники для передачи информационно-управляющих решений и возможностями использования их в диспетчерском руководстве перевозочным процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рожков, А.Н. Эффективная сфера применения длинносоставных и тяжёловесных грузовых поездов / А.Н. Рожков, А.В. Дмитренко, Н.В. Янковская // Технические проблемы связанные с обеспечением безопасности движения соединённых поездов повышенного веса и длины. -М.:ВНИИЖТ. 2006. -С. 166-170.
- 2 Рожков, А.Н. Сложность и эффективность труда поездного диспетчера / А.Н. Рожков // -Транспорт Урала. -2007. -С. 34-49.
- 3 Рожков, А.Н. Эффективность функционирования перевозочного комплекса (ПХК) в структуре ДЦУП / А.Н. Рожков // - Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2008. -С. 44-53.
- 4 Пути повышения эффективности функционирования железных дорог на транспортном рынке России / Под редакцией канд. экон. наук Л.А. Мазо. -М.: ИНТЕКСТ, 2000. -240 с.
- 5 Шепитько, Т.В. Оптимизация управленческих решений / Т.В. Шепитько // -Мир транспорта. -1. -2005 г.-С.52-55.
- 6 Экономика железнодорожного транспорта: Учебник для вузов / Под редакцией Н.П. Терешинной, Б.М. Лapidуса, М.Ф. Трихункова -М.: УМК МПС РФ, 2001. -600 с.
- 7 Рожков, А.Н. Развитие информационных технологий на железнодорожном транспорте / А.Н. Рожков // Сб. науч. тр. Совершенствование эксплуатационной работы в условиях реорганизации железнодорожного транспорта. -Новосибирск: СГУПС, - 2004, -С. 250-257.
- 8 Рожков, А.Н. Технолого-организационная деятельность перевозочного комплекса железной дороги в условиях реформ / А.Н. Рожков // Сб. тезисов научн.-практ. конференции. -Екатеринбург, 2006, -С. 47-55.
- 9 Инновационный менеджмент: учебник для вузов / С.Д. Ильенкова, Л.М. Гохтберг, С.Ю. Ягудин и др. / под ред. проф. С.Д. Ильенковой. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. -343 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сквозные производственные процессы, функционально-технологические барьеры, принципы менеджмента и бенчмаркинга
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Рожков Анатолий Николаевич, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ДЕМПФИРОВАНИЕ В ЭЛЕМЕНТАХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ КОЛЕБАНИЯХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

С.П. Глушков, Н.А. Донец

CELL CUSHIONING GIRDER STRUCTURES AT THEIR SWINGS
Siberian state university of water transport
Siberian state transport university
S.P. Glushkov, N.A. Donets

The relationship between fatigue damage of beam structures and changing the parameters of inelasticity of their elements. The expression of the absorption coefficient fluctuations beam structures.

Keywords: beam structures, damping, rigidity, absorption coefficient

Установлена взаимосвязь между усталостным повреждением балочных конструкций и изменением параметров неупругости их элементов. Получено выражение коэффициента поглощения при колебаниях балочных конструкций.

Под действием циклических нагрузок в балочных конструкциях происходит изменение характеристик неупругости элементов при наработке. К характеристикам неупругости относятся: коэффициент поглощения, характеризующий демпфирование или рассеяние энергии при колебаниях, период затухающих колебаний и интенсивность инфракрасного излучения или тепловыделение при саморазогреве материала. Все эти характеристики обладают явно выраженной зависимостью от амплитуды колебаний, изменяются в процессе циклического нагружения материала и поэтому могут быть использованы для характеристики процесса усталости, так как явление усталостного повреждения наблюдаются только тогда, когда при циклическом нагружении имеются микропластические или пластические деформации, то есть неупругость.

Демпфирование в элементах балочных конструкций характеризуется коэффициентом поглощения ψ , определяемым выражением [1]

$$\psi = \int_{\Pi_i}^{\Pi_{i+1}} \frac{d\Pi}{\Pi} = \ln \frac{\Pi_i}{\Pi_{i+1}}, \quad (1)$$

где Π_{i+1}, Π_i – максимальные значения потенциальной энергии $(i+1)$ -го и i -го циклов затухающих колебаний.

При перемещении балочной конструкции при колебаниях на величину x_i от положения равновесия, потенциальная энергия конструкции Π_i равна работе восстанавливающей силы p_i на этом перемещении

$$\Pi_i = \int_0^{x_i} d\Pi = \int_0^{x_i} p_i dx_i, \quad (2)$$

где

$$p_i = c_i(x_i)x_i. \quad (3)$$

В практике при определении коэффициента поглощения считается, что функция жесткости $c_i(x_i)$ при перемещении конструкции от положения равновесия на величину x_i постоянна, тогда потенциальная энергия будет равна $\Pi = \frac{1}{2}cx_i^2$, а коэффициент поглощения определяется по формуле

$$\psi = 2 \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}. \quad (4)$$

Но из физического смысла, если жесткость конструкции $c = \text{Const}$, то T -период собственных колебаний балочной конструкции не зависит от амплитуды перемещений. На практике же, жесткость конструкции всегда зависит нелинейно от перемещения.

Рассмотрим случай, когда жесткость конструкции зависит нелинейно от перемещений по функции

$$c_i(x_i) = \alpha + \beta x_i^2, \quad (5)$$

где α, β – коэффициенты, определяемые экспериментально [2].

Формула коэффициента поглощения запишется уравнением

$$\psi = 2 \ln \frac{A_i}{A_{i+1}} + \ln \frac{2\alpha + \beta A_i^2}{2\alpha + \beta A_{i+1}^2}. \quad (6)$$

Если первый член уравнения (6) определяется, замеряя амплитуды затухающих колебаний балочной конструкции, то для определения второго члена нужно знать значения α и β .

Для случая, когда функция жесткости выражается степенной функцией перемещения

$$c_i(x_i) = kx_i^n, \quad (7)$$

где k, n – экспериментально определяемые коэффициенты.

Функции жесткости при максимальном отклонении балочной конструкции от положения равновесия в i -ый и $(i+1)$ -ый циклы колебаний будут равны:

$$c_i = 1;$$

$$c_i = \left[\frac{A_{i+1}}{A_i} \right]^n. \quad (8)$$

Учитывая уравнения (3) и (7), величина восстанавливающей силы

$$p_i = c_i(x_i)x_i = kx_i^{n+1}, \quad (9)$$

при $x_i \rightarrow 0$, если $n > -1$, то $p_i \rightarrow 0$, если $n < -1$, то $p_i \rightarrow \infty$.

Производная восстанавливающей силы по перемещению

$$\frac{dp_i}{dx_i} = (n+1)x_i^n, \quad (10)$$

при $x_i \rightarrow 0$, если $n > 0$, то $\frac{dp_i}{dx_i} \rightarrow 0$, если $n < 0$, то $\frac{dp_i}{dx_i} \rightarrow \infty$.

Подставим (9) в (2) получим потенциальную энергию i -го колебания

$$\Pi_i = \int_0^{x_i} kx_i^{n+1} dx_i = k \frac{1}{n+2} x_i^{n+2}. \quad (11)$$

Аналогично рассуждая и для $(i+1)$ -го колебания балочной конструкции и в соответствии с формулой (11) максимальная потенциальная энергия i -го и $(i+1)$ -го затухающих колебаний будет равна соответственно

$$\begin{aligned} \Pi_i &= k \frac{1}{n+2} A_i^{n+2}; \\ \Pi_{i+1} &= k \frac{1}{n+2} \left[\frac{A_{i+1}}{A_i} \right]^{n+2}. \end{aligned} \quad (12)$$

Подставляя выражения (12) в уравнение (1) и учитывая (8) получим выражения коэффициента поглощения при колебания балочных конструкций

$$\psi = 2 \ln \frac{A_i}{A_{i+1}} + \ln \frac{c_i}{c_{i+1}}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Латишенко, В.А. Диагностика жесткости и прочности материалов / В.А. Латишенко. -Рига: Зинатне, 1968. -320 с.
 2 Ракшин, А.Ф. К исследованию динамических характеристик монолитных деталей и сборных конструктивных элементов / А.Ф. Ракшин, О.Т. Сидоров // Вестн. машиностроения. -1982. -№3. -С. 80.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: балочные конструкции, демпфирование, жесткость, коэффициент поглощения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Донец Николай Александрович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СИСТЕМА РАЗГРУЗКИ КУЗОВОВ АВТОСАМОСВАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОЙ ОБЛИЦОВКИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.Г. Порсев, Б.В. Малозёмов, А.В. Брахнов

SYSTEM UNLOADING DUMP USING ELECTRO-OSMOTIC LINING
Novosibirsk state technical university
Siberian state university of water transport
E.G. Porsev, B.V. Malozemov, A.V. Brakhnov

Various methods of heavy dump trucks unloading bodies working in the mining industry, proposed options for treatment systems underbody using electroosmotic facing.

Keywords: sticking soil, electroosmotic facing, electroosmosis, electrokinetic energy and mass transfer

Рассмотрены различные способы разгрузки кузовов большегрузных автосамосвалов, работающих в горнорудной промышленности, предложены варианты систем очистки днища кузова с применением электроосмотической облицовки.

Основной тенденцией развития мировой горнодобывающей промышленности на обозримую перспективу считается стабильная ориентация на открытый способ разработки, обеспечивающий наилучшие экономические показатели. На его долю приходится до 73% общих объёмов добычи полезных ископаемых в мире [1]. В России открытым способом добывается 91% железных руд, более 70% руд цветных металлов и 60% каменного и бурого угля.

Учитывая, что по мере роста глубины карьеров доля затрат на карьерный транспорт доходит до 55-60% в общей себестоимости добычи полезного ископаемого можно предположить, что вопросы развития и совершенствования карьерного транспорта являются актуальнейшими для открытых горных разработок. Основным видом карьерного технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом является, до сих пор, автомобильный. Он используется для перевозки примерно 80% всей горной массы во всём мире, в т.ч. в США и Канаде – 85%, в Южной Америке – 85%, в Австралии – почти 100%, в Южной Африке – более 90%. В России и странах СНГ удельный вес карьерного автотранспорта с учётом всех отраслей горнодобывающей промышленности приблизился к 75% и в ближайшей перспективе будет расти за счёт расширения открытого способа добычи угля. Основной тенденцией развития карьерного автотранспорта можно считать нарастание грузоподъёмности, сдерживаемое только мощностью двигателя и несущей способностью применяемых шин.

Серьёзной проблемой при создании карьерных самосвалов является также необходимость очистки кузовов от налипающего грунта. Опыт некоторых крупнейших гидротехнических строителей показывает, что налипание грунта к кузовам тяжёлых автосамосвалов становится серьёзнейшим препятствием полноценного использования производительности и соблюдения амортизационных сроков этих машин. При сваливании налипающего грунта происходит постепенное «обрастание» кузова (на некоторых грунтах до 20-25% общего объёма кузова) а, следовательно, и уменьшение полезного его объёма вместе с увеличением веса тары. Стремясь вывалить грунт, шофёр приводит машину в движение с поднятым и загруженным кузовом и, встряхивая её по бугристой поверхности свалки, опорожняет кузов. Подобный приём разгрузки совершенно недопустим, так как он не только сильно увеличивает износ машины и уменьшает её производительность, но всё более ухудшает проезд по поверхности грунтового отвала. Усложняет ситуацию при этом и наличие очень больших габаритов кузова, не позволяющих производить очистку вручную (таблица).

На некоторых карьерах, в связи с ростом габаритов самосвалов (таблица 1), есть попытки решить проблему «обрастания» кузовов применением экскаваторов, соскребающих налипший грунт, или применением специальной облицовки на днище кузова, имеющей низкий коэффициент адгезии к вязким пластичным материалам (например, фторопласт). Эти меры позволяют снизить остроту проблемы «обрастания», но приводят к удорожанию всей

технологии транспортировки грунта.

Таким образом, конечной целью работ по ликвидации «обрастания» является экономия топлива карьерного автотранспорта, повышение производительности транспортного комплекса, снижение трудозатрат, в целом снижение себестоимости транспортного процесса. Для достижения поставленной цели решались задачи: ретроспективный анализ технологий очистки кузовов, изучение физико-химических явлений во влажных дисперсных материалах, разработка принципиальной схемы устройства очистки кузова, технико-экономическое обоснование новой технологии очистки.

Таблица – Параметры грузовых автосамосвалов

Показатели	МАЗ-205	ЯАЗ-210Е	МАЗ-525	БелАЗ-75131
Грузоподъемность, т	5	10	25	130
Внутренние размеры кузова, мм:				
– длина	3000	4385	4700	6500
– ширина	2000	2434	2960	6000
Объем помещаемой в кузов глины, м ³	2,7	5,4	13,5	71
Объемный вес в плотном теле, т/м ³	1,5-1,7	1,5-1,7	1,5-1,7	1,5-1,7
Площадь днища, м ²	6,0	10,7	19,9	39,0
Способ опрокидывания	назад	назад	назад	назад
Наибольший угол опрокидывания, град.	50°	60°	65°	46°

Установлено, что в качестве эффективного средства борьбы с налипанием грунта на кузова автосамосвалов и ковши экскаваторов может быть использован электроосмос [1]. Электроосмосом называется передвижение воды в тонкопористой гидрофильной среде, возникающее при прохождении через неё постоянного электрического тока. В зависимости от рода пористой среды (дисперсной фазы) электроосмотическое передвижение воды может быть направлено либо к положительному электроду, либо к отрицательному. В глинистых грунтах обычно имеет место движение воды (дисперсионной среды) к отрицательному электроду. В результате электроосмотического движения воды грунт вблизи положительного электрода подсушивается, а вблизи отрицательного, наоборот, переувлажняется, причём на поверхности самого электрода выделяется тонкая плёнка воды, которая действует как смазка и предотвращает налипание к нему грунта. По современным воззрениям явление электроосмоса обусловлено наличием на поверхности частиц грунта двойного электрического слоя (ДЭС), возникающего по причине возникновения полиненасыщенных адсорбционных связей на поверхности частиц диэлектрика при его дроблении, отрицательные заряды которого прочно связаны с поверхностью частиц грунта и потому неподвижны, а положительные находятся в жидкости, образуя подвижную диффузную часть с уменьшающейся концентрацией зарядов (катионов) во внешнюю сторону. Между положительными и отрицательными зарядами ДЭС имеется полное электростатическое равновесие. Поэтому дисперсная система в целом электронейтральна. Нейтральность системы, однако, нарушается при наложении постоянного электрического поля. В этом случае положительно заряженный подвижный слой ДЭС смещается к отрицательному электроду, механически увлекая за собой жидкость, находящуюся в порах грунта.

Места ушедших положительных зарядов сразу же замещаются другими зарядами, поступающими из внешней жидкости. Таким образом, непрерывно восстанавливается равновесие зарядов в двойном электрическом слое. Этим обеспечивается непрерывность процесса электроосмотического движения воды в порах. Образующийся же в процессе электроосмоса избыток положительных зарядов у катода и отрицательных у анода нейтрализуется на поверхности электродов. При постоянно действующем электрическом поле этот процесс протекает до тех пор, пока запасы воды в порах грунта у анода не иссякнут, и не нарушится контакт между влажным грунтом и анодом. В этот момент электрический ток прекратится.

При применении электроосмоса в технологии снижения налипания грунта нет необходимости доводить грунт до такого состояния, так как для образования водяной смазки на катоде достаточно кратковременного включения электрического тока. Как показали исследования ВНИИГ [1], необходимое для этого время измеряется секундами, что вполне удовлетворяет условиям работы транспортной техники. В результате ряда исследований были разработаны несколько конструкций электроосмотической облицовки: два варианта обли-

цовки, предложенные ВНИИГ [1] и два варианта, предложенные ОПКТБ СибНИПТИЖа [2]. В первых двух вариантах система положительных и отрицательных электродов располагается в одной плоскости, имеющей соприкосновение с грунтом. Так как выделение смазывающей водяной плёнки происходит только на отрицательных электродах, то суммарная величина их поверхности должна быть во много раз больше, чем для положительных электродов. Исследования показали, что эффективность электроосмотической смазки существенно зависит от размеров электродов и от величины зазора между ними и очень слабо зависит от толщины слоя налипшего грунта. Особенность двух вариантов ОПКТБ СибНИПТИЖа заключается в том, что зазоры между анодами и катодами выполнены неравномерными для обеспечения большей толщины смазки напротив обсыхающих анодов.

Эксперименты показали, что время сброса липкого материала с плоскости кузова не превышает 25 с, а расход электрической энергии составляет не более 0,015-0,020 кВтч на 1 м² днища кузова при напряжении между электродами не более 120 В. Это обстоятельство вынудило разработчиков технологии [1, 2] на постоянном токе осуществлять от внешнего источника энергии, для чего на отвалах грунта строилась система электроснабжения с воздушной линией на опорах, на которых устанавливали выпрямители и розетки, а подключение систем сброса производил водитель самосвала с помощью гибкого кабеля. Несмотря на некоторые неудобства, выигрыш по ресурсу техники и трудозатратам был ощутимым. Очевидно, что сдерживающими факторами в этой технологии являются: необходимость использовать постоянный электрический ток; малая ёмкость бортовых аккумуляторов электроэнергии; необходимость манипулирования системой сброса водителем с выходом его на площадку отвала грунта.

Позднее были разработаны некоторые мероприятия для повышения эффективности работы систем электроосмотического обезвоживания влажных дисперсных материалов. Прежде всего, это способ электроосмотического обезвоживания [3], заключающийся в том, что с целью снижения расхода электроэнергии электроосмотическое обезвоживание ведут на переменном токе асимметричной формы с амплитудой положительной полуволны в 6-120 раз больше отрицательной. Это позволяет снизить общие затраты электроэнергии на 25-30% за счёт снижения отрицательного влияния электрохимической релаксации. Кроме того, было разработано устройство для электроосмотического обезвоживания [4] включающее дополнительные группы анодов, формирователь импульсов, счётчик импульсов и многоканальный коммутатор, которые позволяют уменьшить затраты электроэнергии на электроосмос за счёт уменьшения потерь энергии на нагрев в прианодной зоне и повысить качество обезвоживания за счёт обеспечения равномерности обезвоживания по всей массе материала. Также было разработано устройство для электроосмотического обезвоживания влажного дисперсного материала [5], содержащее источник постоянного напряжения, соединённый с катодом и системой анодов, реле времени, причём каждый анод снабжён реле тока и цепью размыкающих контактов остальных анодов, а цепь контактов анода, наиболее удалённого от катода зашунтирована контактом реле времени. Устройство позволяет контролировать степень осушения прианодной зоны и переключать процесс на аноды, имеющие хороший электрический контакт. Тем самым достигается исключение перегрева и увеличения потерь на нагрев материала, а также минимизация времени обезвоживания автоматически.

Анализ теории электрокинетических явлений и электроосмоса в частности [6] позволил утверждать, что при проведении электрокинетического энергомассопереноса в любых технологиях следует учитывать релаксацию всех силовых градиентных полей и по возможности компенсировать её различными электротехнологическими приёмами. Это позволит не только сэкономить электрическую энергию на энергомассоперенос, но и в данном конкретном случае, при обеспечении электроосмотического сброса глины из кузова большегрузного самосвала, имеющего мощную бортовую электрическую сеть (дизель-электрическую силовую установку) обойтись без строительства специальной электрической сети на отвале и, кроме того, позволит водителю, не выходя из кабины самосвала производить все необходимые процедуры с пульта управления.

Технико-экономический расчёт эффективности внедрения новшества показал, что производительность всего механизированного транспортного комплекса существенно зависит от разрешения задачи борьбы с налипанием грунтов. Так, для комплекса из 10 самосвалов БелАЗ-75131 и экскаватора Comatsu PC-400 применение предлагаемой технологии позволит исключить из комплекса экскаватор и, несмотря на высокую стоимость проведения мо-

дернизации (порядка 8,5 млн. руб.), получить годовой экономический эффект около 1,5 млн. руб. только за счёт высвобождения экскаватора. При учёте повышения производительности транспортного комплекса эффект будет выше.

Выводы:

– Ретроспективный анализ показал, что налипание грунта на кузова автосамосвалов имеет объективные причины – связано с адгезией липких материалов к металлическим поверхностям. Из всех мероприятий по борьбе с налипанием грунта самым перспективным является электроосмос.

– Анализ физико-химических явлений при электроосмосе показал, что явления, сопутствующие массопереносу, подчиняются закону релаксации, при этом сопровождаются дополнительными потерями и снижением производительности.

– Принципиальная схема электроосмотической облицовки должна содержать не только систему анодов и катодов, но и специальный источник переменного асимметричного тока с «бегущим импульсом» для снятия вредного влияния релаксации силовых градиентных полей.

– Техничко-экономический расчёт показал, что срок окупаемости, предложенной «электроосмотической облицовки» кузовов автосамосвалов, составит 1 год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лофицкий, В.Н. Борьба с налипанием грунта к кузовам автосамосвалов и ковшей экскаваторов / В.Н. Лофицкий, Б.Ф. Рельтов. – Ленинград: ВНИИГ, 1953. – 27 с.
- 2 А.с. 1548157 СССР, МПК С 02 F 1/46. Устройство для удаления липкого материала / Порсев Е.Г., Бурносос А.С., Бедин Д.П. – Заявл. 02.01.86; опубл. 07.03.90, Бюл. № 9. – 3 с.
- 3 А.с. 854416 СССР, МПК В 01 D 13/02. Способ электроосмотического обезвоживания влажных дисперсных материалов / Порсев Е.Г., Ньюшков Н.В., Устюменко В.В., Ковалёв С.В. – Заявл. 18.09.79; опубл. 15.08.81, Бюл. № 30. – 2 с.
- 4 А.с. 1260925 СССР, МПК G 05 D 22/02. Устройство для электроосмотического обезвоживания / Щербицкий А.В., Порсев Е.Г., Устюменко В.В. – Заявл. 15.01.85; опубл. 30.09.86, Бюл. № 36. – 2 с.
- 5 А.с. 1186105 СССР, МПК А 01 С 3/02. Устройство для электроосмотического обезвоживания влажного дисперсного материала / Порсев Е.Г., Ковалёв С.В., Устюменко В.В. – Заявл. 25.08.83; опубл. 23.10.85, Бюл. № 39. – 2 с.
- 6 Порсев, Е.Г. Основы создания электрокинетических технологий для агропроизводства / Е. Г. Порсев. – Новосибирск: СибНИПТИП СО РАСХН, 2001. – 220 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: налипание грунта, электроосмотическая облицовка, электроосмос, электрокинетический энерго-массоперенос

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Порсев Евгений Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Малозёмов Борис Витальевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «НГТУ»
Брахнов Антон Васильевич, студент ФГБОУ ВО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ОЦЕНКА ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЭП2К И 2ЭС6 НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.Т. Черемисин, О.В. Гателюк, С.Г. Истомин

EVALUATION OF FACTORS AFFECTING THE VALUE OF THE INTEGRAL INDEX OF ENERGY EFFICIENCY AND ELECTRIC LOKOMOTIVES EP2K 2ES6 BASED ON DATA RECORDERS MOTION PARAMETERS

Omsk state transport university
V.T. Cheremisin, O.V. Gatelyuk, S.G. Istomin

The article deals with the existing recorders motion parameters, highlighting their strengths and weaknesses. Given existing methods of rationing of electricity in the locomotive depot. An assessment of factors affecting the value of the integral index of energy efficiency and electric lokomotives EP2K 2ES6.

Keywords: rolling-stock, correlation analysis, factors, information-measuring complexes

Рассмотрены существующие регистраторы параметров движения, выделены их преимущества и недостатки. Приведены существующие методы нормирования электрической энергии в локомотивном депо. Произведена оценка влияющих факторов на значение интегрального показателя энергетической эффективности электровозов ЭП2К и 2ЭС6.

Одной из приоритетных задач «Энергетической стратегии холдинга ОАО «РЖД» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года является качественное улучшение структу-

ры управления потреблением тягово-энергетическими ресурсами (ТЭР) на основе использования современных информационных технологий, систем учета, нормирования и мониторинга потребления ТЭР.

В настоящее время для решения данной комплексной задачи компанией ОАО «РЖД» уже сделаны первые шаги. В частности, разработаны и утверждены «Технология учета расхода электроэнергии электроподвижным составом с использованием автоматизированных информационно-измерительных комплексов» и «Технические требования к автоматизированным информационно-измерительным комплексам учета электроэнергии на тяговом подвижном составе». В таблице 1 показаны возможности существующих регистраторов параметров согласно установленным требованиям.

Таблица 1 – Возможности регистраторов параметров движения

Основные требования к системам учета электроэнергии на ЭПС	РПДА	МСУЛ-РПМ
Раздельный учет электроэнергии прямого и обратного направлений	+	+
Учет реактивной энергии	+	+
Измерение тока прямого и обратного направлений и напряжения	+	+
Измерение активной и реактивной мощности	+	+
Запись результатов измерений с интервалами 1 с; 3 с; 1 мин.; 30 мин.	+	+
Класс точности блока учета (счетчика) электроэнергии при измерении активной энергии – 0,5S, реактивной энергии – 1,0	+/-*	-
Наличие модуля спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS/GALILEO, обеспечивающего погрешность измерения координат в автономном режиме – не более 5 м.	-	+**
Наличие устройства синхронизации системного времени с погрешностью не более 1 мкс и абсолютным расхождением времени с единым календарным не более 5 с при частоте синхронизации один раз в сутки	-	-
Возможность автоматической беспроводной передачи данных	-	-
Хранение результатов измерений в памяти устройства не менее 35 суток	+	+

*-в зависимости от модификации и рода тока; **-возможность использования модуля КЛУБа

Как видно из таблицы 1, существующие системы регистрации параметров не в полной мере отвечают установленным требованиям, что не позволяет комплексно решать одну из приоритетных задач компании.

Решить данную задачу может позволить или доведение существующих систем регистрации параметров до вышеуказанных требований или создание автоматизированного информационно-измерительного комплекса электроподвижного состава (АИИК ЭПС). В сравнении с существующими регистраторами параметров движения данный комплекс будет иметь следующие дополнительные функции и параметры:

- автоматическое измерение и запись параметров электропотребления и рекуперации ЭПС с интервалом 1 с, 3 с и 1 мин и привязкой к глобальному времени и географическим координатам;
- автоматизированную идентификацию машиниста с привязкой табельного номера к результатам измерений;
- класс точности блока учета (счетчика) электроэнергии при измерении активной энергии – 0,5S, реактивной энергии – 1,0
- автоматическую передачу результатов измерений на сервер [1].

Наличие у АИИК ЭПС вышеперечисленных достоинств позволит не только повысить точность учета электрической энергии, но и проводить автоматизированный непрерывный мониторинг энергетической эффективности работы электроподвижного состава и нормировать расход электрической энергии за поездку.

В настоящее время существуют три метода нормирования электрической энергии: опытный, расчетно-аналитический и вероятностно-статистический. Каждый из трех методов имеет свои достоинства и недостатки, и применяется в практике нормирования, но наибольшее распространение в локомотивных эксплуатационных депо ОАО «РЖД» получил расчетно-статистический метод, так как дает возможность учесть большое количество факторов, определять индивидуальные и групповые нормы и прост в использовании.

В депо статистический анализ расхода и удельного расхода электрической энергии проводится только на основе данных маршрутов машиниста, так как их совместная обработка с данными скоростемерных лент (СЛ) и регистраторов параметров движения (РПД) вызывает

значительные трудности и при отсутствии автоматизированной системы расшифровки данных СЛ и РПД практически невозможна.

Расчетно-статистический метод нормирования расхода электрической энергии будет также справедлив и при использовании АИИК ЭПС. В этом случае статистический анализ расхода и удельного расхода электрической энергии будет осуществляться на основе данных АИИК и смежных автоматизированных систем, таких как ЦОММ, АСОУП-2, АСУТ-Т, ГИД-Урал, АСУ БСК и прочими. Главным отличием этого подхода к нормированию расхода электрической энергии от существующего, будет автоматизация обработки данных, а также учет большего числа факторов, таких как временные ограничения скорости, неграфиковые остановки и т.д.

Так как регистраторы параметров движения в целом соответствуют ряду требований (таблица 1), предъявляемых к системам учета электроэнергии на ЭПС, то представляется возможным на основе их данных и данных смежных автоматизированных систем, отмеченных выше, провести предварительный анализ и оценку влияющих факторов на значение интегрального показателя энергетической эффективности электровозов.

В качестве объектов для исследования выступили современные магистральные грузовые электровозы серии 2ЭС6 «Синара», оснащенные регистраторами параметров движения МСУЛ-РПМ производства НПО «САУТ», и пассажирские серии ЭП2К, оснащенные регистраторами РПДА производства АВП «Технология». Экспериментальный участок – «Московка-Барабинск» Западно-Сибирской железной дороги.

Основными вероятностно-статистическими методами, применяемыми в данном исследовании, являются регрессионно-корреляционные. Авторы получили уравнения множественной регрессии и исследовали значимость коэффициентов этих уравнений для различных сочетаний факторов. Основные расчеты производились в программе Statistica на основе данных регистраторов параметров движения из выборки поездок с электровозами 2ЭС6 и ЭП2К в четном и нечетном направлении за 2014 год. В качестве примера в таблицах 2 и 3 приведены итоговые результаты анализа влияния факторов на удельный расход электрической энергии электровозов 2ЭС6 и ЭП2К, полученные в программе Statistica.

Таблица 2 – Результаты оценки влияния факторов на удельный расход электровозов 2ЭС6 «Синара» в программе Statistica

Факторы	Стандартизированный коэффициент регрессии β	Стандартная ошибка коэффициента регрессии β	Коэффициент регрессии B	Стандартная ошибка коэффициента регрессии B	Значение критерия Стьюдента	Вероятность отклонения гипотезы о значимости частных коэффициентов корреляции
Четное направление						
Свободный член	–	–	172	8,41	20,5	0
Масса состава, т	-0,516	0,107	-0,01	0,003	-4,8	0
Нагрузка на ось, т	-0,287	0,106	-2,31	0,85	-2,7	0,008
Температура, °С	-0,121	0,057	-0,31	0,15	-2,13	0,035
Количество ограничений скорости	0,094	0,058	3,4818	2,14	1,62747	0,106
Нечетное направление						
Свободный член	–	–	82,9	46,0	1,80	0,073
Масса состава, т	-0,244	0,089	-0,004	0,0015	-2,75	0,0065
Нагрузка на ось, т	-0,640	0,089	-3,38	0,47	-7,19	0,0
Температура, °С	-0,196	0,032	-0,39	0,06	-6,08	0,0
Участковая скорость, км/ч	0,134	0,119	0,48	0,43	1,12	0,26

Таблицы 2 и 3 содержат стандартизированные β и нестандартизированные B регрессионные коэффициенты (веса), их стандартные ошибки и уровни значимости. Коэффициенты β оцениваются по стандартизированным данным, имеющим выборочное среднее, равное 0 и стандартное отклонение, равное 1. Поэтому величина β позволяет сравнивать вклады каждого фактора в предсказание отклика [2]. Рассмотрим механизм оценки влияния факторов на примере таблицы 2. В зависимую переменную удельный расход большой вклад вносит в четном направлении масса состава, в нечетном – нагрузка на ось, а меньший вклад

в четном направлении вносит количество ограничений скорости, в нечетном – участковая скорость. Отрицательный знак коэффициентов при этих переменных означает, что с увеличением, к примеру, в четном направлении массы состава, нагрузки на ось и температуры величина удельного расхода падает. Положительный знак коэффициента при переменной количество ограничений скорости означает, что с увеличением количества ограничений скорости уровень удельного расхода растет. Коэффициенты уравнения регрессии b_1, b_2, b_3 и свободный член для четного и нечетного направления статистически значимы при уровне значимости $p=0,1$; коэффициент уравнения регрессии b_4 статистически незначим (так как $p>0,1$).

Таблица 3 – Результаты оценки влияния факторов на удельный расход электровозов ЭП2К в программе Statistica

Факторы	Стандартизированный коэффициент регрессии β	Стандартная ошибка коэффициента регрессии β	Коэффициент регрессии B	Стандартная ошибка коэффициента регрессии B	Значение критерия Стьюдента	Вероятность отклонения гипотезы о значимости частных коэффициентов корреляции
Четное направление						
Свободный член	–	–	-914	499	-1,83	0,069
Масса состава, т	0,61	0,045	2,83	0,21	13,6	0,0
Температура, °С	-0,51	0,045	-24,5	2,19	-11,2	0,0
Количество остановок	0,25	0,046	149	27,2	5,47	0,0
Техническая скорость, км/ч	0,19	0,046	23,1	5,44	4,24	0,000037
Нечетное направление						
Свободный член	–	–	68,9	22,5	3,06	0,00262
Масса состава, т	-0,37	0,049	-0,081	0,01	-7,59	0,0
Температура, °С	-0,48	0,049	-1,009	0,1	-9,77	0,0
Количество остановок	0,27	0,049	6,21	1,12	5,54	0,0
Техническая скорость, км/ч	0,31	0,049	1,49	0,24	6,19	0,0

Важной предпосылкой корректности уравнения регрессии является тот факт, что остатки подчиняются нормальному закону. Авторы на всех выборках с помощью критерия χ^2 проверили нормальность остатков. Во всех случаях при уровне значимости 0,05 не было оснований отвергнуть гипотезу о нормальности. Наблюдаемые значения получились на уровне 4,7-7,6, при критическом 7,8.

В результате проведения вышеописанного анализа было установлено, что статистически значимыми факторами, оказывающими влияния на расход и удельный расход электрической энергии электровозов 2ЭС6, являются масса состава, нагрузка на ось и температура, а для электровозов ЭП2К – масса состава, температура, количество остановок и техническая скорость.

Авторами также исследовался вопрос о том, можно ли объединить регрессионные модели, построенные по выборкам поездок в четном и нечетном направлении. Для ответа на этот вопрос использовался тест ЧОУ

$$F_{набл} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n e_i^2 - \sum_{i=1}^{n_1} e_i^2 - \sum_{i=n_1+1}^n e_i^2 \right) (n - 2p - 2)}{\left(\sum_{i=1}^{n_1} e_i^2 - \sum_{i=n_1+1}^n e_i^2 \right) (p + 1)} > F_{крит} (\alpha; p + 1; n - 2p - 2),$$

где p – число переменных в модели;

$\sum_{i=1}^{n_1} e_i^2, \sum_{i=n_1+1}^n e_i^2, \sum_{i=1}^n e_i^2$ – сумма квадратов остатков моделей, построенных по наблюдениям, проведенным до изменений, после изменений и по всей выборке.

Тест ЧОУ показал, что для выборок поездок с электровозами серии 2ЭС6 регрессион-

ные модели нельзя объединять, так как наблюдаемые значения получились на уровне 4,3-6,1, при критическом 2,24. Для выборок поездов с электровозами серии ЭП2К регрессионные модели объединить можно, так как наблюдаемые значения получились на уровне 0,25-0,75, при критическом 2,24.

В конечном итоге по полученным коэффициентам B в таблицах 2 и 3 можно составить уравнение регрессии для определения нормы расхода электрической энергии за поездку. При создании автоматизированной системы мониторинга энергетической эффективности работы электроподвижного состава использование расчетно-статистического метода нормирования электрической энергии позволит выявлять случаи рационального и нерационального использования электрической энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Черемисин, В. Т. Автоматизированный мониторинг энергетической эффективности работы электроподвижного состава ОАО «РЖД» / В. Т. Черемисин, Д. В. Пашков, С. Ю. Ушаков // Изв. Транссиба / Омск. гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2014. – №3 (19). – С. 87–91.

2 Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – 3-е изд. – Москва: Бином-Пресс, 2007. – 512 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *электроподвижной состав, корреляционный анализ, факторы, информационно-измерительные комплексы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Черемисин Василий Титович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Гателюк Олег Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Истомин Станислав Геннадьевич, аспирант ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644046, г.Омск, пр.К.Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ УГЛЕПОГРУЗОЧНЫХ РАЙОНОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

В.В. Беляев

CONSTRUCTION FEATURES OF RAILWAY STATIONS OF COAL MINING AREAS

Siberian state transport university

V.V. Belyaev

The article reviews design and technology of railway stations located at coal mining areas.

Keywords: railway station, coal-mining areas, approach road

Рассмотрены особенности устройства и технологии работы железнодорожных станций, расположенных в углепогрузочных районах.

На железнодорожный транспорт приходится 90% всех перевозок добываемого угля. Работа угольных предприятий напрямую зависит от развития инфраструктуры и технологии взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта, обеспечивающих вывоз добываемого продукта.

Промышленные железнодорожные узлы, обслуживающие угледобывающие предприятия, включают в свою структуру несколько типов станций, образующих технологическую цепочку: углепогрузочные, углесборочные и станции примыкания к сети ОАО «РЖД». Распределение технической работы между этими станциями зависит от местных условий (рисунок 1).

Такие узлы являются местом стыкования магистрального и промышленного железнодорожного транспорта. Их работа в современных условиях имеет ряд особенностей, которые не до конца учитываются в действующих нормах проектирования.

В настоящее время в рамках системы «станция примыкания – углесборочная станция – углепогрузочные станции» все большую роль начинают играть углесборочные станции путей необщего пользования (ПНОП). Соединительные пути к станции примыкания электрифицируются, на углесборочные станции все чаще переносится основной объем подготовки вагонов к погрузке и приемо-сдаточные операции.

На общей сети железных дорог унифицированная длина поезда сейчас составляет 71 условный вагон, вес – 6300 т. Для магистрального транспорта наименее затратно, когда маршруты накапливаются и формируются непосредственно на углесборочных станциях пу-

тей необщего пользования и затем следуют без переработки по станции примыкания до места выгрузки или сортировочной станции. Однако на ПНОП часто при наличии мощного вагонопотока, достаточного для формирования отправительских маршрутов установленного веса и длины, не всегда существует такая техническая возможность. Это может обуславливаться отсутствием приемо-отправочных путей соответствующей длины на промышленных станциях либо сложным профилем перегонов. С учетом сложного рельефа углепогрузочных районов, проблема ограничения длины и массы составов тяговыми возможностями локомотивов весьма актуальна.

Поезда из порожних полувагонов, следующие на пути необщего пользования для погрузки сегодня достигают длины 100 и более вагонов.

Возникает вопрос методов расчета путевого развития в таких железнодорожных узлах, с учетом единой технологии работы станций в новых условиях.

Основные научные исследования по этой проблематике проводились в 1930-80е годы. В [1] предложены различные схемы проектирования углесборочных станций.

Особенностями существующих схем (рисунок 2) являются наличие выставочных путей, весов, вытяжных путей для взвешивания и сортировки вагонов, сортировочно-отправочных путей, приемо-отправочных путей.

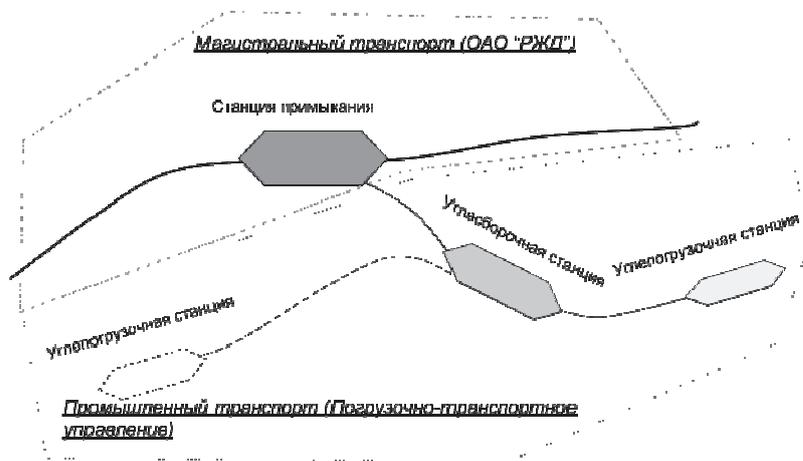


Рисунок 1 – Схема расположения железнодорожных станций, обслуживающих угледобывающие предприятия

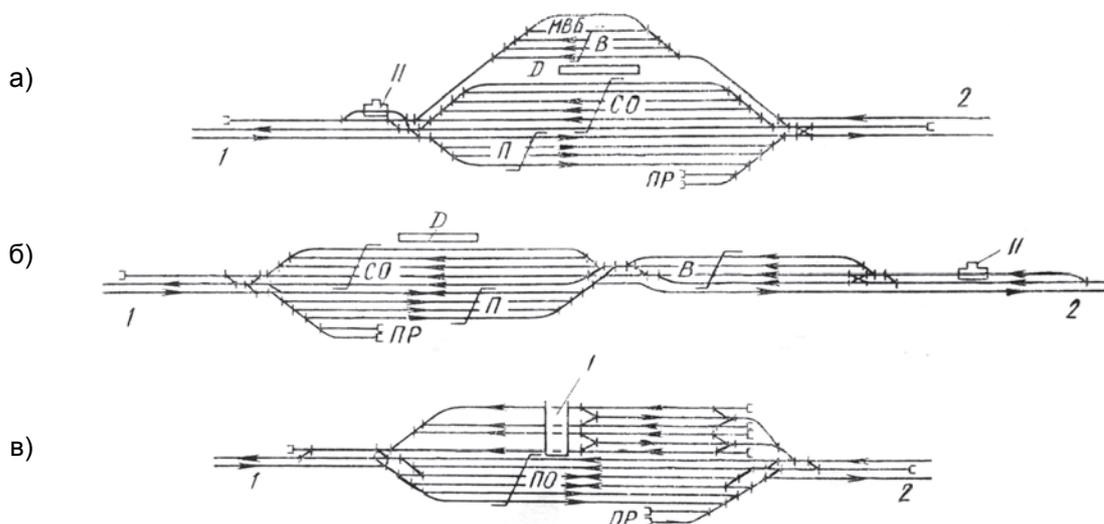


Рисунок 2 – Схемы углесборочных станций, отправляющих уголь на общую сеть железных дорог: а)-при взвешивании на станции вагонов с углем; б)-при взвешивании вагонов с углем на подходе к станции на весах, допускающих пропуск локомотивов; в)-при сплошной дозировке вагонов (МВБ-механизированная выгрузочная база; Д-дозировочные устройства; П-парк приема; ПО-приемоотправочный парк; СО-сортировочно-отправочный парк; В-выставочный парк; ПР-пути отцепочного ремонта вагонов; I-погрузочное устройство; II-вагонные весы; 1-станция примыкания; 2-карьер (шахты)

Такие схемы предусматривают поточное взвешивание груженых вагонов. Прием угольных составов из мест погрузки осуществляется в выставочный парк. После взвешивания, производятся расстановка групп вагонов по путям сортировочного парка, специализированным по назначениям, и одновременно выставка вагонов, требующих дозировки угля, на крайний путь сортировочного парка, специализированный для выполнения указанной опе-

рации. Схемой «в» предусматривается массовая дозировка вагонов. Выставочные пути должны проектироваться длиной, соответствующей длине подаче с грузового пункта [3].

В настоящее время на практике такое проектирование парка коротких выставочных путей для приема подач с углепогрузочных станций нецелесообразно. Устройства для дозировки вагонов удобнее размещать непосредственно на углепогрузочных станциях, что снимает необходимость доставки автотранспортом разных марок угля на большое расстояние на дозировочную платформу углеборочной станции, а так же позволяет намного упростить конструкцию таких станций.

Такая планировка устройств нацелена больше на работу с груженными вагонами - с ними производится взвешивание, сортировка, дозировка. Предусматриваются специальные группы коротких выставочных путей, оборудованных вытяжными путями. В тоже время пути, предназначенные для приема порожних полувагонов со станции примыкания на таких схемах, могут не иметь изолированного сортировочного устройства. Полезная длина таких приемо-отправочных путей согласно [3] проектируется в соответствии с длиной приемо-отправочных путей на отдельных пунктах сети общего пользования. Однако если на станцию будет предусматриваться прием поездов длиной 100 и более вагонов, разумно будет рассматривать большую длину таких путей (1700 м), что позволит исключить операции по перестановке части состава прибывшего поезда, не вместившейся на приемо-отправочный путь.

В настоящее время основной объем сортировочной работы на железнодорожных станциях углепогрузочных районов приходится не на груженые вагоны, а на порожние. Структура парка полувагонов стала намного сложнее, прежде всего, вследствие изменения принадлежности подвижного состава. Подготовка вагонов к погрузке включает тщательное планирование каждого порожнего вагона в зависимости собственности под конкретную марку угля в соответствующее назначение, согласно заявки на перевозку, конструкции вагона, годности к перевозке на экспорт и так далее. Схемы на рисунке 1 практически не учитывают всех этих факторов, появившихся в последние годы.

В литературе, изданной в наше время [2] представленная схема углеборочной станции несколько отличается от тех схем, что предлагались в [1].

Здесь отсутствуют сортировочные пути, что более соответствует сегодняшним реалиям. Однако, присутствует дозировочная платформа. Такая схема так же нацелена на работу с груженными вагонами. Пути для приема груженых передач с шахт оборудованы сортировочными устройствами, а пути для приема порожних передач со станции примыкания – нет.

В настоящее время в применяемых решениях при проектировании и реконструкции станций, обслуживающих углепогрузочные районы, прослеживаются тенденции универсализации путевого развития. В частности, отдельные сортировочные, выставочные пути (рисунок 3) не проектируются. Четкую специализацию обычно имеют только погрузочно-выгрузочные пути. Приемо-отправочные пути дополнительно выполняют функции сортировочных, ходовых, весовых и так далее.

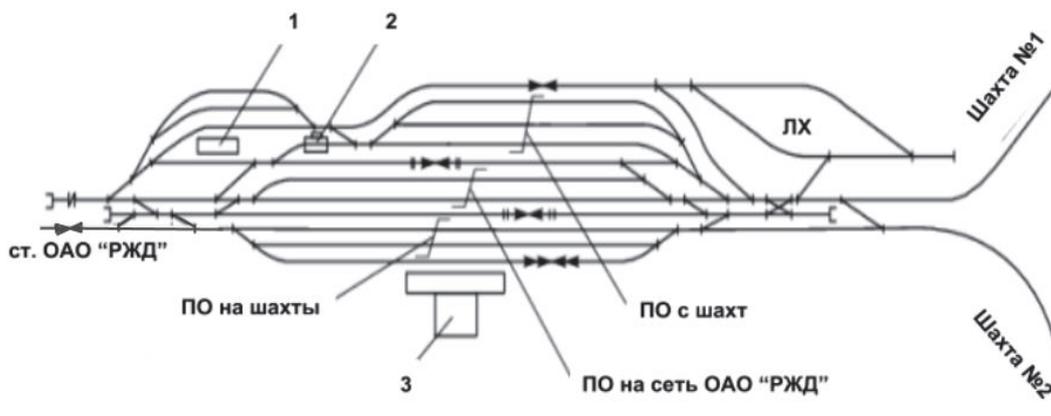


Рисунок 3 – Схема углеборочной станции: 1-дозировочная платформа, 2-весы, 3-производственно-технические здания

Что касается нормирования полезной длины приемо-отправочных путей, то в [3] она регламентируется одинаково для всех промышленных станций разных отраслей, что для

угольных станций может быть не совсем правильно – в перевозках угля наиболее заметны тенденции последних лет к увеличению длины и веса составов поездов, обращающихся на сети железных дорог.

Так же при расчете путей углесборочных станций необходимо учитывать в условиях перенасыщения сети парком частных полувагонов возможность проектирования специальных путей для отстоя невостребованного подвижного состава [4].

Таким образом, существующие нормы проектирования не предусматривают всех особенностей работы современных станций углепогрузочных районов. Возникает вопрос расчета путевого развития вновь строящихся и реконструируемых железнодорожных станций углепогрузочных районов, который необходимо всесторонне изучать для разработки методов расчета путевого развития, соответствующих реалиям современного железнодорожного транспорта, что позволит ускорить развитие наиболее динамично развивающегося сектора железнодорожного транспорта - перевозки угольных грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пособие по проектированию промышленных железнодорожных станций: (к СНиП 2.05.07-85). – Москва: Стройиздат, 1990. – 243 с.
- 2 Правдин, Н. В. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Головнич. – Москва: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2012. – 1086 с.
- 3 СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт: свод правил: актуализир. ред. СНиП 2.05.07-91*. – 2013.
- 4 Дмитренко, А. В. Перспективы создания специализированных пунктов отстоя порожних грузовых вагонов / А.В. Дмитренко, С.В. Карасев, В.Э. Кончаков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2014. – №3. – С. 31–34.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *железнодорожные станции, угледобывающие районы, пути необщего пользования*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Беляев Владислав Викторович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»
ООО Управляющая компания «РусЭнергоМир»

**Д.Н. Плотников, Ю.В. Дёмин, И.Г. Мироненко, Б.В. Палагушкин,
Г.В. Иванов, Л.В. Садовская**

THE RATIONALE FOR THE USE OF THE METHOD OF METAL MAGNETIC MEMORY TO ASSESS THE STATE OF THE SUPPORTS OF OVERHEAD POWER LINES

Siberian state university of water transport
Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk
The management company RusEnergMir
D.N. Plotnikov, Yu.V. Demin, I.G. Mironenko, B.V. Palagushkin, G.V. Ivanov, L.V. Sadovskaya

Analyzed the main causes of damage to metallic elements of overhead power lines. For new towers made of bent profiles of the proposed assessment of their condition, to produce by the method of magnetic memory of metal.

Keywords: diagnostics, magnetic memory, metal, power line

Проанализированы основные причины повреждения металлических элементов воздушных линий электропередач. Для новых опор из гнутых профилей предложено оценку их состояния производить методом магнитной памяти металла.

В современных экономических условиях большие требования предъявляются к обеспечению гарантированного срока службы элементов конструкций. Применительно к узкобазовым опорам ВЛ 6-10 кВ из холодно гнутых стальных профилей переменного сечения и стальных трубчатых фундаментов требования следующие [1-3]:

- горячее цинкование стальных элементов всей надземной части опор;
- защита от коррозии стальных фундаментов (естественных заземлителей) из труб различных диаметров.

Анализ требований при этом показывает, что не учтены следующие известные факты: коррозия по регионам СНГ, в том числе и в РФ, неравномерная.

– неравномерность коррозии вдоль надземной и подземной частей конструкции.

Что касается первого факта, то многочисленные исследования коррозии конструкций, выполненные в РФ и других странах, однозначно подтверждают факт неравномерности коррозионного разрушения конструкций в зависимости от конкретных грунтово-климатических условий. Это наглядно иллюстрируется коррозией стальных конструкций в различных климатических зонах РФ. Многочисленные исследования, выполненные в СибНИИЭ, позволили собрать репрезентативную статистическую выборку коррозии стальных конструкций в различных грунтово-климатических условиях.

В конечном счете, интерес представляет не столько фактическая оценка коррозии на момент обследования, а сколько изменение коррозии конструкции во времени, то есть ее прогноз. Для этого необходимо иметь временной ряд изменения средней глубины коррозии конструкции.

Максимальная коррозия в надземной части опор отмечается в приземном слое рисунок 1 (зона I – 2,5-3,0 м от поверхности грунта). Из этого следует однозначный вывод, что изготавливать до верха все элементы опор из стальных конструкций, покрытых горячим цинкованием, нецелесообразно. Это очевидно и из коррозионных, и из экономических соображений.

Кроме того, в большинстве районов РФ атмосферная коррозия мала (исключая приморские районы и промышленные зоны) и, следовательно, необходимо защищать от коррозии только приземный слой (2-3 м) с помощью недорогих покрытий.

В большинстве регионов РФ защищать от атмосферной коррозии стальные опоры нет необходимости. Максимальная коррозия в подземной части конструкции наблюдается до глубины 0,5-0,7 м. Ниже этой отметки коррозия конструкции минимальна (III зона коррозии).

В связи с отмеченными фактами появляется возможность защищать от коррозии только верх стального фундамента до глубины 0,5-0,7 м от поверхности грунта.

В пределах зоны «повышенного коррозионного риска» необходим контроль состояния с помощью различных методов:

- контроль за агрессивностью окружающей среды;
- визуальное обследование;
- диагностика ультразвуковыми методами;
- диагностика методом магнитной памяти металла;
- диагностика механическими методами.

Сведения об агрессивности атмосферы и о блуждающих токах имеются в проектной документации.

Визуальное обследование и диагностика ультразвуковыми методами требуют откопки фундамента, что при массовом обследовании неприемлемо.

Механические испытания можно рекомендовать только в качестве контрольных.

С точки зрения теории коррозии [1] при изготовлении гнутого профиля, в местах изгиба возможна концентрация механических напряжений, что приведет к возникновению макропар с анодом. Следовательно, в этих местах возможно зарождение и развитие коррозии. Это

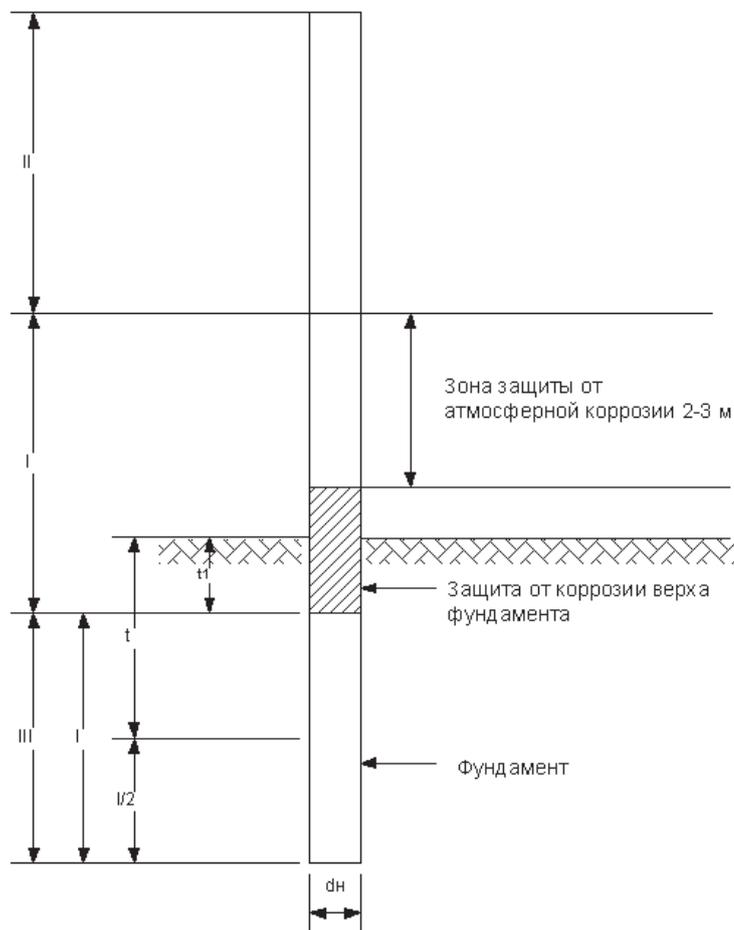


Рисунок 1 – Зоны коррозии: (I-сильная; II-средняя; III-слабая)

повлияет на срок службы опоры.

Для оценки работоспособности новых конструкций (срок эксплуатации которых мал) необходимо использовать метод, который покажет места возможного зарождения дефектов, с этой целью рекомендуется использовать метод магнитной памяти металла (МПМ)

Метод МПМ (ГОСТ Р 52081-2003) – метод неразрушающего контроля, основанный на анализе распределения собственного магнитного поля рассеяния (СМПР) на поверхности изделий с целью определения зон концентрации напряжений (ЗКН), дефектов и неоднородности структуры металла и сварных соединений.

Суть метода сводится к следующему:

– Исследуемая деталь была изготовлена и эксплуатировалась, находясь в магнитном поле Земли намагнитилась, и приобрела собственное магнитное поле, характеризующееся некоторой напряженностью.

– В процессе эксплуатации опора подвергалась нагрузкам, вследствие чего произошло искажение кристаллической решетки материала, появились разрушения связей между отдельными зёрнами металла и появились зоны концентрации напряжений (ЗКН).

– В местах дислокации ЗКН магнитная проницаемость среды будет отличаться от магнитной проницаемости основного материала. Следовательно, напряженность собственного магнитного поля детали в местах дислокации ЗКН будет меняться скачкообразно. Чем больше степень повреждений кристаллической решетки материала, тем больше скачок напряженности магнитного поля можно будет наблюдать в местах дислокации ЗКН. Следовательно, в данной ЗКН будет наблюдаться скачок напряженности магнитного поля со сменой знака (с плюса «+» на минус «-» или наоборот).

– Диагностика усталостных повреждений методом магнитной памяти металла сводится к поиску участков детали, имеющих скачкообразное изменение напряженности собственного магнитного поля и измерению этого скачка.

Методика определения зон концентраций напряжения (ЗКН) заключается в измерении напряженности магнитного поля H_p на контролируемой поверхности. При этом используется магнитомеханический эффект, согласно которому направление вектора измеряемого поля совпадает с направлением вектора определяемых остаточных напряжений. Производится сканирование датчиком прибора ИКНМ-2ФПМ, расположенного перпендикулярно контролируемой поверхности и определяются линии с нулевым значением поля H_p . Эти линии (на которых поле H_p изменяет знак на противоположный), как правило, соответствуют линиям концентрации остаточных напряжений. С целью определения зоны с максимальной концентрацией остаточных напряжений, вдоль линии $H_p = 0$ на равном заданном расстоянии l_k от каждой линии по обе стороны от неё определяют градиент поля H_p по длине отрезка l_k . При этом зона максимальной концентрации остаточных напряжений будет соответствовать максимальному значению градиента поля.

Общими признаками ЗКН являются:

– резкое знакопеременное изменение напряженности магнитного поля по всем каналам одновременно (рисунок 2а);

– многократная смена знака напряженности магнитного поля по всем каналам одновременно (рисунок 2б);

– резкое разнополярное изменение напряженности магнитного поля по каналам или резкий всплеск по одному из каналов (рисунок 2в);

– скачкообразное без смены знака изменение напряженности магнитного поля с максимальным градиентом (рисунок 2г).

При обследовании опор необходимо учитывать изменение интенсивности воздействия агрессивных факторов на элементы конструкций в зависимости от высоты их расположения над поверхностью земли.

Как видно из рисунка 1, имеются три характерные зоны по высоте конструкции, отличающиеся условиями и интенсивностью протекания коррозионных процессов.

I-первая зона. Процесс коррозионного разрушения в этой зоне протекает наиболее интенсивно. Элементы, расположенные в переходной зоне, наиболее подвержены коррозии из-за перепадов температуры и влажности, что ускоряет процессы электрохимической коррозии на поверхности металла.

II-вторая зона. По условиям протекания процесса характеризуется как атмосферная, и определяется степенью агрессивного воздействия атмосферы и влажностью воздуха. Наи-

более характерным видом для этой зоны является сплошная равномерная коррозия. Коррозионные повреждения в этой зоне значительно меньше, чем в I. Однако, в этой зоне надо учитывать элементы, расположенные горизонтально и, особенно, с корытообразным профилем, которые подвержены длительному увлажнению.

III-третья зона. Повреждения в этой зоне убывают с глубиной.

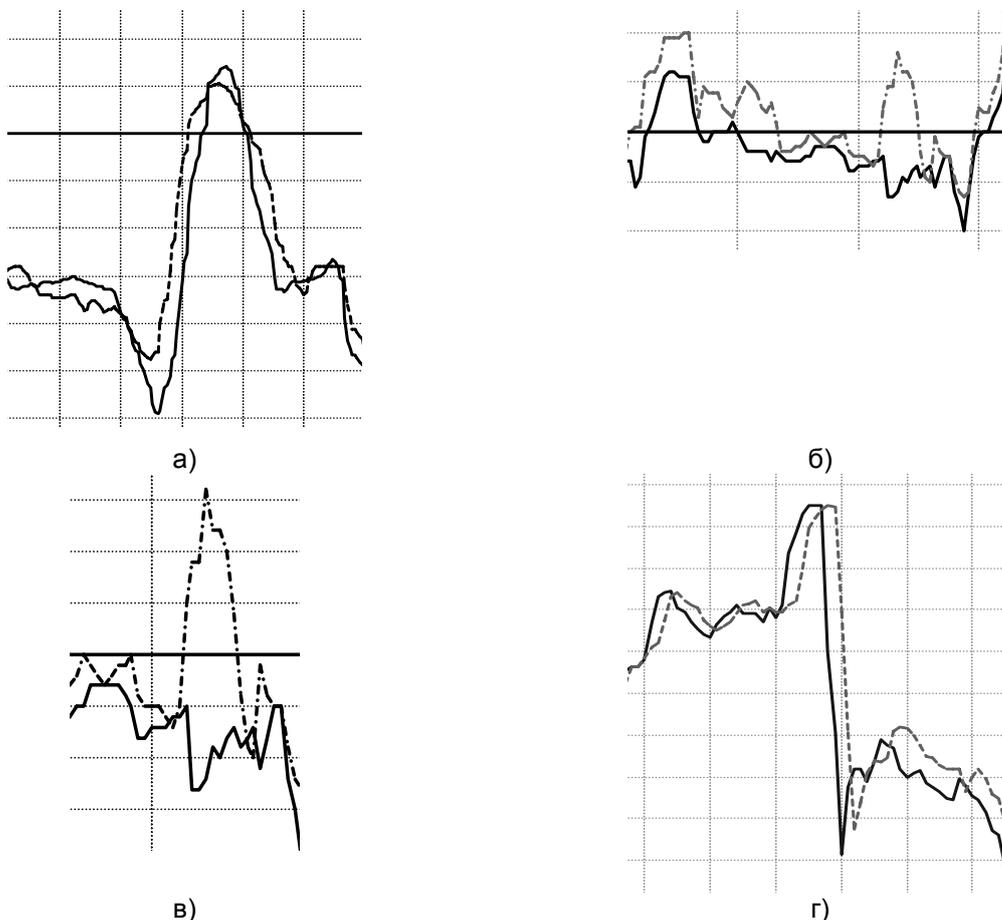


Рисунок 2 – Признаки зон концентрации напряжений

Исходя из вышесказанного, диагностика методом ММП производится в I зоне.

В заключении можно сделать следующие выводы:

Методика МПМ позволяет:

- обеспечить 100% экспресс-контроль всех элементов опоры с выявлением потенциально опасных зон – ЗКН;
- выполнить оценку состояния металла в ЗКН без вырезки специальных образцов;
- объективно выполнять оценку прочности наиболее нагруженных элементов опоры, своевременно разрабатывать и осуществлять мероприятия по повышению надежности;
- значительно сократить затраты на выполнение контроля (по сравнению с другими методами) за счет отказа от зачистки металла;
- позволяет повысить эксплуатационную безопасность и выявить резервы несущей способности за счет повышения степени достоверности и точности результатов контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Томашов, Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов / Н.Д. Томашов. -М.: Изд. АН СССР, 1959. -591 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагностика, магнитная память, металл, линии электропередачи

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Плотников Дмитрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Мироненко Игорь Геннадьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: Садовская Людмила Вадимовна, ведущий специалист ООО УК «РусЭнергоМир»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске
 630087, г.Новосибирск, ул. Новогодняя, 24/1, ООО УК «РусЭнергоМир»

СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГРУНТОВОЙ КОРРОЗИИ И ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ НА ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»
 ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Ю.В. Дёмин, А.С. Будкин, А.В. Демьянчук, Г.В. Иванов,
 И.Л. Власов, Д.А. Шмаков

JOINT ACTION SOIL CORROSION AND GALVANIC CORROSION ON ELECTRICAL GROUNDING DEVICES

Siberian state university of water transport

Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk

Novosibirsk state technical university

Yu.V. Demin, A.S. Budkin, A.V. Demyanchuk, G.V. Ivanov, I.L. Vlasov, D.A. Shmakov

We consider the combined effects of soil corrosion and galvanic corrosion on artificial grounding.

Keywords: corrosion, galvanic corrosion, polarization resistance, anode, cathode

Рассмотрено совместное воздействие грунтовой коррозии и электрокоррозии на искусственные заземлители.

Характерной особенностью совместного действия грунтовой и электрической коррозии является не обязательное совпадение коррозионных токов I_i , получаемых от совместного воздействия, с суммой токов I_i^r и I_i^g , получаемых при раздельном воздействии обеих коррозий. Причина этого кажущегося парадокса заключается в том, что характер поляризации отдельных элементов (анодная или катодная), а, следовательно, и величина сопротивления поляризации $R_{ij}^{A,K}$ при грунтовой и электрической коррозиях, а также при их совместном воздействии, могут не совпадать. Это явление особенно очевидно при эквипотенциальной расчетной модели, когда электродный потенциал U_i^r для грунтовой коррозии и осредненное напряжение U_i^g , вычисленное по величинам $U_i^g = -E_i L_i$ для электрической коррозии, алгебраически складываются $U_i = -U_i^r U_i^g$. При этом вполне возможны разные знаки U_i^r и U_i^g , что и приводит к вышеуказанному парадоксу.

При использовании эквипотенциальной расчетной модели для случая совместного действия грунтовой и электрической коррозии, все последующие операции (после определения суммарного значения U_i) полностью аналогичны:

- предварительное определение типа поляризации путем последовательного составления и решения вспомогательных разностных уравнений [1];
- окончательное решение системы уравнений [1], например, путем обращения матрицы R_{ij}^{*-1} ;
- проведение дополнительных итерационных расчетов в случае несовпадения знаков коррозионных токов, полученных при предварительном и окончательном решениях, а также при уточнении решений за счет учета нелинейности сопротивления поляризации.

Следует подчеркнуть, что проведение «эквипотенциальных» расчетов является первым этапом неэквипотенциальной расчетной модели, необходимым для определения типа сопротивлений поляризации $R_{ij}^{A,K}$ всех элементов и величины компромиссного потенциала U_0 . Последующие операции при неэквипотенциальной расчетной модели определяются наличием коррелирующего коэффициента $K_i = \pm 1$ при расчетах грунтовой коррозии.

При его отсутствии (то есть при $K_i = 1$) система уравнений узловых потенциалов для совместного действия грунтовой и электрической коррозий записывается в следующем виде

$$Y_{pt} \varphi_t = I_{p\Sigma}^{\Phi, \Gamma, \Theta},$$

$$I_{p\Sigma}^{\Phi, \Gamma, \Theta} = I_{p\Sigma}^{\Phi} - I_{p\Sigma}^{\Phi, 0}. \quad (1)$$

где

Следует подчеркнуть, что в рассматриваемом решении при описании поперечных характеристик (как в случае электрической, так и при грунтовой коррозии) используется матри-

ца R_{ij} , а не R_{ij}^* . Все последующие операции идентичные описанным в [1]. После решения системы уравнений (1), по полученным значениям узловых потенциалов φ_i находятся средние значения напряжений

$$U_i^n = U_i^{пн} + \frac{U_i^{пк}}{2}.$$

Для определения суммарных (от обеих коррозий) значений поперечных токов I_i используется следующее выражение

$$I_i = R_{ij}^{-1}(U_i - U_0 + U_i^n), \quad (2)$$

где U_i – электродный потенциал на i -ом элементе от грунтовой коррозии;

U_0 – компромиссный потенциал, полученный при «эквипотенциальном» решении для грунтовой коррозии.

При использовании коррелирующего коэффициента $K_i = \pm 1$ ход решения несколько осложняется. Действительно, в этом случае при грунтовой коррозии матрица R_{ij} трансформируется за счет умножения на коэффициент $K_i = 1$ (при $(U_i - U_0) < 0$) и $K_i = -1$ (при $(U_i - U_0) > 0$), а при электрической коррозии остается неизменной ($K_i = 1$). Поэтому при применении коррелирующего коэффициента $K_i = \pm 1$ расчеты для неэквипотенциальной модели выполняются последовательно для грунтовой и электрической коррозий с использованием единого сопротивления поляризации (отвечающего эквипотенциальному совместному решению) с последующим суммированием результатов. При этом, как и в предыдущем случае рекомендуется для простоты расчетов использовать матрицы R_{ij} , а не R_{ij}^* .

Контрольные расчеты для случая совместного действия грунтовой и электрической коррозии выполнялись как с использованием коррелирующего коэффициента $K_i = \pm 1$, так и без него (при продольном сопротивлении $Z_3/l_3 = 100$ Ом/км). Полученные значения коррозионных токов I_i для эквипотенциальной ($Z_3/l_3 = 0$) и неэквипотенциальной ($Z_3/l_3 = 0,1$ и 10 Ом/км) расчетных моделей приведены в таблице 1. При этом компромиссный потенциал в эквипотенциальном случае составил $U_0 = -0,23898$ В.

Как видно, наиболее сильное различие коррозионных токов, полученных для суммарного воздействия (таблица) и суммы грунтовой и электрической коррозий, фиксируются для элементов №4 и №6, имеющих разные типы поляризации для электрической и грунтовой коррозий. Результаты расчетов для эквипотенциальной и неэквипотенциальной моделей совпадают с точностью более одного процента. Особенно хорошие совпадения (с точностью 4-го знака

Таблица – Значения коррозионных токов при совместном действии грунтовой и электрической коррозий, мА

№ элементов	$Z_3/l_3 = 0$ Ом/км	$Z_3/l_3 = 0,1$ Ом/км	$Z_3/l_3 = 10$ Ом/км	
			$K_i = \pm 1$	$K_i = 1$
1	37,048	37,046	36,845	36,850
2	18,737	18,736	18,641	18,653
3	11,227	11,227	11,152	11,171
4	-2,0844	-2,0843	-2,0739	-2,0693
5	-8,9060	-8,9053	-8,8339	-8,8460
6	-24,171	-24,169	-24,039	-24,017
7	51,932	51,928	51,588	51,602
8	17,267	17,266	17,123	17,150
9	18,970	18,969	18,841	18,870
10	-64,374	-64,370	-63,936	-64,001
11	-16,666	-16,665	-16,581	-16,598
12	-36,434	-36,432	-36,239	-36,256
13	-2,5465	-2,5459	-2,4857	-2,5101

Величина компромиссного потенциала для эквипотенциальной расчетной модели $U_0 = -0,23898$ В

мантиссы) фиксируются для продольных сопротивлений $Z_3/l_3 = 0$ и $0,1$ Ом/км. Таким образом, и при совместном действии грунтовой и электрической коррозий наличием продольного сопротивления можно пренебрегать, используя эквипотенциальную расчетную модель [1]. Отметим также, что во всех рассмотренных расчетах типы поляризации элементов по предварительному и окончательному решениям полностью совпадают, и дополнительных итерационных расчетов не требуется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн. 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод трансп., 1998. -209 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *коррозия, электрокоррозия, сопротивление поляризации, анод, катод*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
Будкин Антон Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Демьянчук Алена Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске
Власов Илья Леонидович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Шмаков Дмитрий Андреевич, студент ФГБОУ ВО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске
630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ВИБРОЗАЩИТНАЯ МАЛООБСЛУЖИВАЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПУТИ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСКЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Входнинская дистанция пути – структурное подразделение Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Западно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

Н.И. Карпущенко, Д.Н. Гречко, П.С. Труханов

THE VIBROPROTECTIVE LOW-SERVED DESIGN OF A WAY FOR THE HIGH-SPEED TRAM IN THE CITY OF NOVOSIBIRSK
Siberian state transport university
Vkhodninskaya distance of a way – structural division of West Siberian Railway – branch
public corporation Russian Railway
N.I. Karpushchenko, D.N. Grechko, P.S. Trukhanov

In article options of the route of the high-speed tram in Novosibirsk, advantages of use of this transport in the occupied city agglomerations are considered. Designs of a way for the high-speed tram with vibroprotection application are offered.

Keywords: high-speed tram, tram lines, vibroprotective designs of a way

Рассмотрены варианты трассы скоростного трамвая в г. Новосибирске, преимущества использования этого транспорта в населенных городских агломерациях. Предложены конструкции пути для скоростного трамвая с применением виброзащиты.

Для города Новосибирска и Новосибирской агломерации, имеющей значительную территорию и численность населения около 2,0 млн. человек, большое значение имеет скоростной пассажирский транспорт, способный за короткое время перемещать большие массы населения на протяженные расстояния.

Лучшим видом транспорта в этом случае является метрополитен. Однако метро сосредоточено в основном в центральной части города, а строительство новых линий происходит медленно. В связи с этим отдаленные жилые массивы, такие как Академгородок, Пашино, Краснообск и другие, имеют слабую связь с центром и другими районами города. В результате жители вынуждены тратить много времени на поездку в город и обратно.

Строительство пути и обустройство трассы скоростного трамвая имеет большой социально-экономический эффект для города Новосибирска. Такой вид транспорта в несколько раз дешевле метрополитена, может быть сооружен гораздо быстрее. В то же время, при удачных конструктивных решениях трамвайного пути, обустройства трассы и конструкций трамвайных вагонов скорость доставки пассажиров может быть сравнима с метрополитеном.

В г. Новосибирске трассу скоростного трамвая предполагается проложить по Северному радиусу – от пл. Калинина до микрорайона Родники по улицам Дуси Ковальчук, Богдана Хмельницкого, Учительской, Макаренко, Курчатова, Свечникова. Время сообщения – 23 минуты. Южный радиус – от пл. Маркса до поселка Краснообск по улицам Сибириков-Гвардейцев, пл. Кирова, ул. Громова, остановка Весенняя, поселок Чемской, остановка Красный Восток, Краснообск – время сообщения 30 минут.

Положительные качества скоростного трамвая (скорость сообщения 25-35 км/ч, хорошие экономические показатели, возможность поэтапно вводить в эксплуатацию отдельные участки линий и сооружения) выдвигают его в число перспективных видов городского транспорта.

Наиболее приемлемым типом подвижного состава для линий скоростного трамвая являются четырех- и восьмиосные сочлененные вагоны. Такие вагоны могут развивать скорость 60-65 км/ч и вмещать при нормальном наполнении 160-180 пассажиров.

При минимальных интервалах движения пропускная способность линии скоростного трамвая достигает 25 пар поездов в 1 ч. При указанной интенсивности движения время остановки не должно превышать 30-35 с. За это время в вагон, имеющий четыре двери, могут войти 30-40 человек.

Расстояния между остановочными пунктами скоростных линий принимают в пределах застроенной территории от 800 до 1200 м, а вне застроенной территории – 1500 м и более.

В зависимости от местных условий трамвайные пути следует предусматривать на обособленном полотне, отдельном от проезжей части или тротуаров разделенной полосой, при этом головки рельсов должны быть выше или на одном уровне с бровкой полотна дороги.

Пересечения скоростного трамвая с транспортными магистралями (ж/д путями, троллейбусными линиями, проезжей частью улиц, автодорогами) должны находиться в разных уровнях. Однако при условии сравнительно небольшой интенсивности движения транспорта на первую очередь строительства могут быть сохранены и пересечения в одном уровне. В отдельных случаях трамвайное полотно приходится выносить в другой уровень – в туннель или эстакаду.

Конструкция верхнего строения пути и его отдельных элементов должна соответствовать расчетной нагрузке и расчетной скорости, требованиям по уровню шума и вибрации в прилегающих зданиях. В качестве подрельсового основания используют железобетонные шпалы, укладываемые на щебеночный балласт. Толщина слоя щебня 20 см с песчаной подушкой 10 см [1].

Современные тенденции развития виброзащитных конструкций пути. В последнее десятилетие в различных странах Европы и Дальнего Востока большое внимание уделяется проблеме исследования конструкций верхнего строения пути с улучшенными упругими и демпфирующими свойствами. Цель этих исследований – создание конструкций, позволяющих:

- уменьшить вибрации, передающиеся на элементы конструкции сооружений;
- уменьшить расходы на ремонт и содержание пути;
- улучшить плавность хода и комфортабельность езды пассажиров.

Уже на начальной фазе проектирования должны быть запланированы защитные мероприятия от шума и вибраций, так как дооснащение уже готовых конструкций намного повышает расходы [1].

Решению этой проблемы посвящены исследования механического взаимодействия пути и подвижного состава с разработкой методов гашения колебаний.

Наличие на колесах изолированных (ползунов) и непрерывных (овальностей) неровностей, а на рельсах – стыков и волнообразного износа приводит к существенному повышению уровня вибраций. Установлено, что только волнообразный износ может приводить к увеличению уровня вибраций на 10-15 дБ. Спектр колебаний при этом достаточно широк, но наибольший интерес, учитывая значительное ослабление высокочастотных колебаний в бетоне и грунтах, представляют волны в диапазоне частот до 180 Гц. Также установлено, что использование бесстыкового пути уменьшает амплитуду колебаний на стыках в 2-4 раза.

Согласно этим исследованиям, противовибрационные мероприятия, применяемые для защиты от колебаний, создаваемых движением поездов, преимущественно ограничиваются усовершенствованием конструкций пути.

Общий принцип всех систем, уменьшающих динамическое воздействие подвижного состава на элементы верхнего строения пути, – применение упругих прокладок различного рода. Эти системы действуют как преграда для частот, превышающих собственную частоту в $\sqrt{2}$ раз. Наиболее широко используются упругие маты, укладываемые между подошвой путевого бетона и обратным сводом тоннеля.

Представляет интерес еще один вариант конструкции пути, где в основании уложены плиты, но между ними имеется прослойка щебеночного балласта. Остаточные деформации

при этом протекают значительно медленнее и обеспечивается существенно большая равноупругость железнодорожного пути.

Такие конструкции обладают существенным преимуществом перед конструкциями, в которых рельсовые плети укладываются непосредственно на плитное основание, они позволяют проводить выправку пути в плане и профиле, используя типовые машины и механизмы.

Одним из направлений повышения виброизоляции пути является применение шпал с повышенным поглощением вибраций. В такой конструкции к подошве железобетонной шпалы прикреплена сетка, на которой закреплен упругий виброизолирующий полимерный слой.

Предлагаемые виброзащитные малообслуживаемые конструкции пути скоростного трамвая в городе Новосибирске. Проанализировав отечественный и зарубежный опыт создания и эксплуатации эффективных конструкций пути для городского транспорта, выполнив необходимые расчеты, предлагаем конструкции верхнего строения пути скоростного трамвая, представленные на рисунках 1-3.

Свод правил [2] предлагает использовать пути обычного трамвая на отдельных участках для движения скоростного трамвая. Во многих местах трасса скоростного трамвая в г. Новосибирске пройдет по существующим трамвайным путям. Так как пути эти изношены и не везде соблюдаются габаритные расстояния до жилых и общественных зданий, требуется их модернизация.

В связи с тем, что в Сибири нет промышленной базы для изготовления элементов верхнего строения трамвайного пути, предлагается использовать элементы пути магистральных железнодорожных линий. При этом нужно придать конструкциям пути противовибрационные свойства.

На рисунке 1 представлен поперечный профиль пути скоростного трамвая с элементами гашения вибраций после модернизации участка существующей линии обычного трамвая.

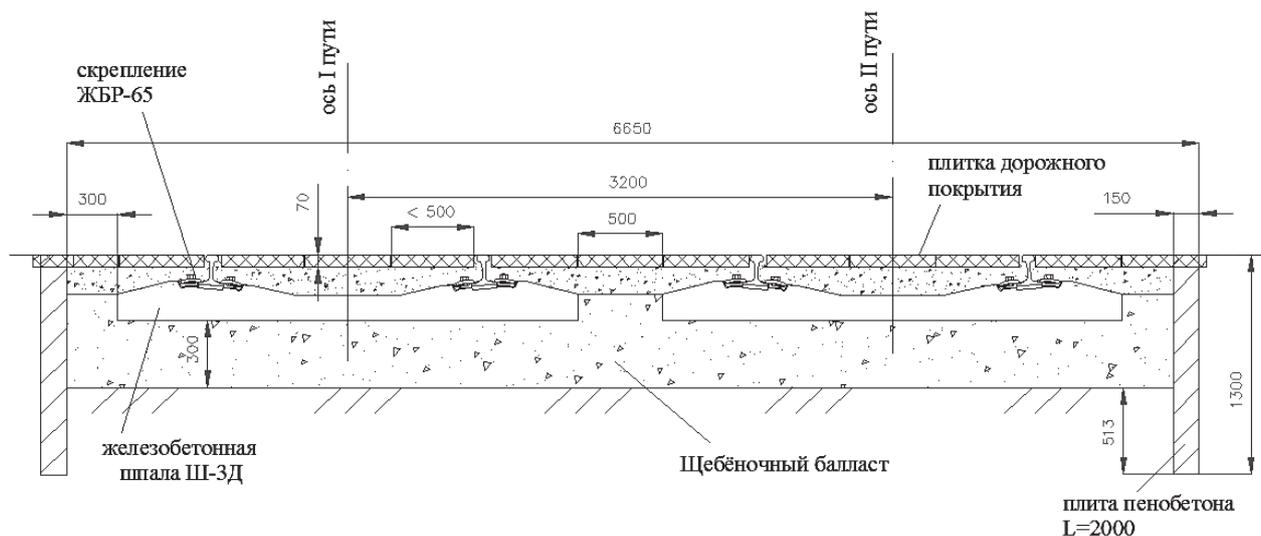


Рисунок 1 – Поперечный профиль пути скоростного трамвая с элементами гашения вибраций

В представленном варианте предполагается укладка бесстыкового пути с рельсами типа Р65, сваренных в плети неограниченной длины. Рельсы укладываются на типовые железобетонные шпалы Ш-3 с упругими скреплениями ЖБР-65Д. Толщина щебеночного балласта увеличена до 30 см, против требуемых 25 см. Кроме того, у торцов шпал на расстоянии 30 см установлены плиты из пенобетона с заглублениями их в грунт на 130 см.

Гашение вибраций произойдет вследствие увеличения колеблющейся массы пути и поглощения колебаний слоем щебеночного балласта и пенобетона.

Второй вариант виброгасящей конструкции пути представлен на рисунке 2. Эта конструкция в общих чертах повторяет первую, но имеет подбалластный демпфирующий мат и помещена в железобетонное корыто шириной 3,6 м и длиной секции 5 м [3].

Использовать эту конструкцию предполагается при прохождении линии скоростного трамвая вблизи (на расстоянии менее 5 м) больниц, учебных заведений, отелей, офисов крупных компаний. Эффективность таких конструкций по опыту зарубежных стран высока.

Места пересечения трассы скоростного трамвая с магистральными улицами или нагру-

женными автодорогами приходится устраивать в разных уровнях – на эстакаде или в тоннеле. Конструкция верхнего строения пути применяется аналогичная, изображенной на рисунке 2.

На открытых пространствах при отсутствии городской застройки можно применять конструкции пути, характерные для магистральных железных дорог (рисунок 3), соблюдая габаритные размеры для скоростного трамвая.

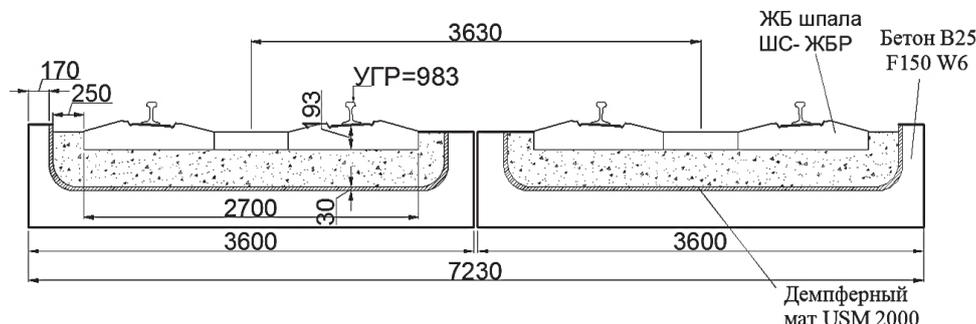


Рисунок 2 – Конструкция верхнего строения пути скоростного трамвая с железобетонными шпалами, щебеночным балластом, подщебеночным матом в бетонных корытах

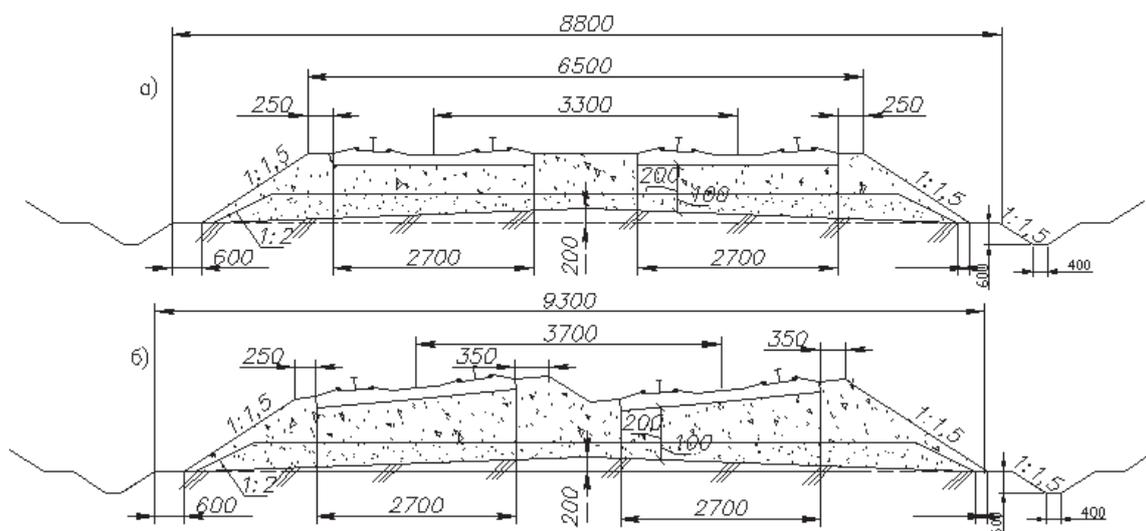


Рисунок 3 – Поперечный профиль верхнего строения пути в выемке: а)-в прямой; б)-в кривой

Представленные здесь конструкции пути скоростного трамвая проверены расчетом на эффективность гашения вибраций и шума и соответствуют требованиям Свода и правил [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Свод правил СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. -М.: Минрегион России, 2010.
- 2 Свод правил СП 98.13330.2012 Трамвайные и троллейбусные линии. Актуализированная редакция СНиП 2.05.09-90. - М.: Минрегион России, 2011.
- 3 Mueller-Bouruttan F. Schutz vor erschutterung und sekundarem luftschall infolge von schienenverkehr / Elastische elemente von Calenberg Ingenieure. -2007. -P. 71.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скоростной трамвай, трамвайные линии, виброзащитные конструкции пути
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Карпущенко Николай Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 Гречко Дарья Николаевна, ведущий инженер Входнинская дистанция пути ОАО «РЖД»
 Труханов Павел Станиславович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 644903, г.Омск, мкр.Входной, Входнинская дистанция пути ОАО «РЖД»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»

**Д.Н. Плотников, Ю.В. Дёмин, Г.В. Иванов, Б.В. Палагушкин,
И.Л. Власов, А.М. Глаголев**

ANALYSIS OF METHODS AND TOOLS TO ASSESS THE STATE OF THE METAL GRID STRUCTURES

Siberian state university of water transport

Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk

D.N. Plotnikov, Yu.V. Demin, G.V. Ivanov, B.V. Palagushkin, I.L. Vlasov, A.M. Glagolev

Analyzes current methods and tools for condition assessment of metallic structures and their functionality.

Keywords: diagnostics, status of the building, methods

Проанализированы современные методы и средства оценки состояния металлических конструкций и их функциональные возможности.

В настоящее время выпускается большое количество различных дефектоскопов [1], имеющих высокие инструментальные характеристики. Рассмотрим некоторые из них:

– Универсальная малогабаритная установка измерительная ультразвуковая серии «Сканер» – модель «СКАРУЧ»: УЗК сварных швов и основного металла;

– Автоматизированная измерительная ультразвуковая установка серии «Сканер» – модель «СКАНЕР-93/2»: УЗК сварных швов и основного металла;

– Автоматизированная установка ультразвукового и вихретокового контроля «ПОРШЕНЬ».

– Автоматизированная установка ультразвукового контроля «КОЛЬЦО»;

– Ультразвуковой дефектоскоп-толщиномер: УИУ «СКАНЕР»;

– Анализатор напряжений и структуры металлов: «ИНТРОМАТ» (основан на измерении спектральной плотности магнитного шума);

– «ТОМОСКОП» (компьютеризированная версия прибора «ИНТРОМАТ»). Осуществляет послойный анализ напряжений и структуры металла в поверхностных слоях, упрочненных лазерной обработкой, поверхностной термической обработкой и т.д. на глубину до 1,5 мм. Актуален в машиностроении, станкостроении и т.д., особенно в конструкциях, работающих на усталость;

– Измеритель механических напряжений «ИН-1». Прибор» для сило-весоизмерений. Идея прибора базируется на измерении магнитомеханического преобразования микродеформаций, возникающих в конструкциях, находящихся под давлением (в том числе и под собственным весом). Метод основан на измерении резонанса упругих колебаний в чувствительном элементе. Разрешающая способность 10 нм. Используется для мониторинга напряжения в трубопроводах, мостах, рельсах;

– Сканер-дефектоскоп «КОМПЛЕКС-2.05» относится к новому классу дефектоскопов и предназначен для неразрушающего контроля сварных соединений и основного металла крупногабаритных стальных продуктопроводов (газопроводов, нефтепроводов и других) и емкостей (резервуары, цистерны, сосуды высокого давления). По результативности метод, на котором основан прибор, эквивалентен результативности одновременно примененных семи видов дефектоскопии. Такой эффект получен потому, что, в отличие от известных дефектоскопов, этот прибор выявляет параметры напряженного состояния, автоматически находит концентраторы механических напряжений и количественно оценивает их опасность, находит зоны с остаточными пластическими деформациями и сварочными напряжениями;

– «СИТОН-АРМ» предназначен для определения неразрушающим методом остаточных и эксплуатационных напряжений в поверхностном слое металлов и сплавов на глубинах, в том числе и построение эпюр остаточных напряжений. Стопроцентный неразрушающий контроль ответственных изделий; контроль стабильности технологии; отбраковка изделий; контроль качества сварных швов. Повышение безопасности эксплуатации и паспортизация напряженно-деформированного состояния высоконагруженных металлоконструкций, прогно-

зирование остаточного ресурса. Исследования состояния металла поверхностного слоя.

Остановимся на некоторых приборах подробнее.

Акустический прибор ASTR, для определения действующих и остаточных напряжений металла опор ВЛ. Предназначен для контроля напряженно-деформированного состояния и надежности узлов, деталей и металлоконструкций производственных объектов в процессе эксплуатации, при изготовлении и проведении ремонтных работ.

Модификация прибора с контактным датчиком (ASTR ТУ 4276-001-20687795-2003) показана на рисунке 1.

Принцип действия прибора. Прецизионные измерения изменений скорости ультразвука методом автоциркуляции с последующей компьютерной обработкой результатов и получения необходимых параметров (временное сопротивление, ударная вязкость) материалов и изделий.

Возможности прибора. Прибор позволяет проводить без остановки производства следующие операции:

- определение усталостных характеристик;
- определение прочностных характеристик;
- определение структурных характеристик;
- определения остаточных напряжений, возникающих при сварке;
- качественный химический анализ состава металла.

Достоинства прибора:

- прибор значительно проще и дешевле аналогов;
- прибор позволяет, не измеряя и не вычисляя физических величин, дать заключение по состоянию металла конструкции или детали, о ее ресурсе работы;
- высокая точность определяемых величин;
- прибор аттестован в Госстандарте РФ (сертификат об утверждении типа средств измерений RU.C.33.007.A №16397 от 15.12.2003 г., зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений под №25958-03 и допущенный к применению в Российской Федерации).

Комплекс приборов для измерения зон концентрации напряжений (метод МПМ). Измеритель концентрации напряжений магнитометрический ИКНМ-2ФП

Для измерения напряженности магнитного поля по методу ММП использовался прибор типа ИКНМ (измеритель концентрации напряжений магнитометрический). Данный прибор имеет Сертификат Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии RU.C.34.003.A №22257.

ИКНМ-2ФП имеет возможность записи информации в энергонезависимую память 2 Мб с последующей передачей данных на компьютер, а также возможность отображения параметров контроля в виде графиков на жидкокристаллическом графическом индикаторе с разрешением 97×32 точки.

Прибор предназначен для определения зон концентрации напряжений при экспресс-контроле малогабаритных изделий и узлов оборудования, в том числе при контроле в



Рисунок 1 – Акустический прибор ASTR



Рисунок 2 – Измеритель концентрации напряжений магнитометрический ИКНМ-2ФП

труднодоступных местах.

Прибор типа ИКНМ настраивается на эталонной катушке, находящейся у производителя. Погрешность измерения магнитного поля H_p с не зачищенной поверхностью не превышает 5%. Проверка правильности показаний прибора может выполняться пользователем самостоятельно в соответствии с инструкцией, приведенной в паспорте.

Сканирующее устройство (СУ) для измерителей концентрации напряжений ИКНМ-2ФП. При диагностике металлической опоры ЛЭП используется сканирующее устройство, изображенное на рисунке 3.

Сканирующее устройство изготовлено в малом корпусе, является универсальным и имеет два феррозондовых преобразователя и счетчик длины с одним колесиком. С его помощью можно диагностировать практически все объекты контроля, в том числе сложной формы, а так же выполнять контроль в труднодоступных местах.



Рисунок 3 – Сканирующее устройство

Программный продукт «ММП-Система» версия 3.0. «ММП-Система» – специализированная программа обработки данных о напряженно-деформированном состоянии оборудования и конструкций по методу МПМ. Данная программа предназначена для обработки и анализа результатов диагностического контроля по методу МПМ, формирования банка данных, построения графиков распределения остаточной намагниченности и подготовки отчетов. По графикам распределения остаточной намагниченности (H_p -граммам) программа может автоматически построить графики распределения дифференциалов и градиента функции H_p (dH/dx , dH/dz , $|\text{grad } H_p|$ -графики), характеризующие уровень концентрации напряжений, и по ним, в соответствии с методикой контроля, определить зоны предельной концентрации напряжений (зоны развития повреждений).

«ММП-Система» может обрабатывать данные, полученные в результате работы с приборами-регистраторами типа ИКН, после их сброса на компьютер, а также данные, непосредственно введенные с клавиатуры компьютера (при работе с прибором ИКНМ-2ФП). Программа может быть использована для оценки уровня напряжений в ЗКН. Программа не предназначена для оценки остаточного ресурса всего оборудования, так как это является комплексной задачей при проведении экспертизы промышленной безопасности.

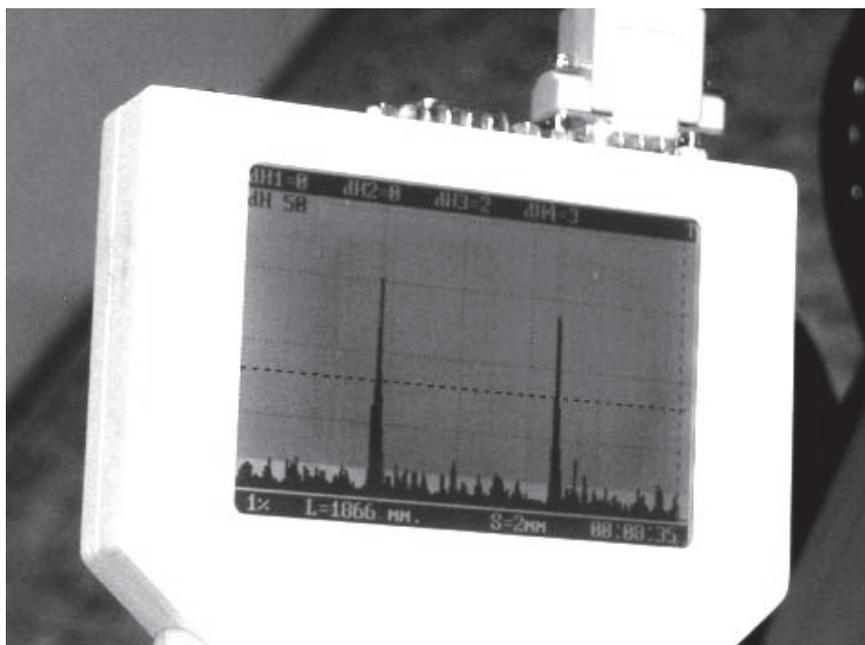


Рисунок 4 – График распределения градиента поля dH/dx вдоль участка сварного шва

Оператор, выполняющий контроль сварных соединений, проводит экспресс-анализ результатов контроля непосредственно на данном объекте, отмечает в формуляре и на поверхности сварного соединения ЗКН, имеющие следующие характеристики:

– ЗКН с величинами градиентов поля dH/dx , соответствующие предельному состоянию металла (если оно известно на момент проведения контроля) или с максимальными (для данного сварного шва) значениями;

– ЗКН с максимальной величиной градиента по базе dH/dz между каналами измерений.

На рисунке 4 представлена магнитограмма распределения градиентов поля dH/dx вдоль участка сварного шва.

Оператор с помощью курсора на экране прибора определяет расположение ЗКН по длине сканирования, отмечает их расположение на поверхности сварного соединения и делает отметку в журнале.

В случае если величина градиента в ЗКН не превышает браковочный уровень, но является максимальной и характеризует локальную ЗКН, такая ЗКН также отмечается по месту и в журнале контроля.

Вывод. Несмотря на кажущееся многообразие большинство приборов не обладают возможностью анализа состояния материала при нагружении, кроме того, не разработаны методики такого анализа и нет количественных параметров, которые позволяли бы контролировать состояние металла и прогнозировать ресурс его работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *методы, диагностика, состояние конструкции*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Плотников Дмитрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Власов Илья Леонидович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Глаголев Александр Максимович, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

СИНТЕЗ РОБАСТНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОМ СУДНА

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

Д.А. Оськин, Е.Б. Осокина, Е.А. Константинова, А.А. Дыда

ROBUST REGULATORS SYNTHESIS BASED ON STABILITY DEGREE OF SHIP COURSE CONTROL SYSTEM

Maritime state university named after G.I. Nevelskoi

D.A. Os'kin, E.B. Osokina, E.A. Konstantinova, A.A. Dyda

The task of robust regulator synthesis for ship course control system is considered. Ship dynamics are presented by a simple 1-st order Nomoto's model. For ship interval parameters, robust regulators providing given a stability degree are designed.

Keywords: ship control, Nomoto model of the first order, robustness, stability degree, interval parameters

Рассмотрена задача синтеза робастных регуляторов для системы управления курсом судна. Динамика судна представлена простой моделью Номото 1-го порядка. На основе теоремы Харитонова выполнен синтез регуляторов, обеспечивающих заданную степень устойчивости для интервальных значений параметров судна.

Важным требованием к системам управления, в частности, морскими подвижными объектами (МПО) является их робастность, подразумевающая сохранение системой устойчивости при возможных некоторых параметрических отклонениях объекта от номинальных [1]. Возможные изменения параметров могут быть заданы определёнными интервалами. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных интервальных систем были определены В.Л. Харитоновым. Теорема Харитонова применима при условии, что коэффициенты характеристического полинома изменяются на заданных интервалах независимо друг от друга. Количество полиномов Харитонова, используемых для определения условий робастной устойчивости, зависит от порядка системы [2]. Необходимо отметить, что, кроме требований устойчивости системы, предъявляются также определённые требования и к качеству процессов управления. В настоящей работе оценка процессов управления основана на показателе степени устойчивости [3].

Рассмотрим задачу построения робастной системы управления на основе интервальной модели Номото 1-го порядка [4] и простейшего П-регулятора.

Дифференциальное уравнение системы имеет вид

$$T\ddot{x} + \dot{x} + k k_p x = 0, \quad (1)$$

где x – выходная переменная;
 T, k – интервальные параметры;
 k_p – коэффициент передачи регулятора.

Введём дополнительную переменную $y(t)$, в соответствии с выражением

$$x(t) = y(t) \exp(-\alpha t). \quad (2)$$

При робастной устойчивости системы относительно переменной $y(t)$ очевидно, что процессы $x(t)$ в исходной системе обладают экспоненциальной устойчивостью с показателем ограниченным значением $-\alpha$.

Подставляя выражение (2) в уравнение (1) получаем

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \dot{y} \exp(-\alpha t) - y\alpha \exp(-\alpha t) = [\dot{y} - \alpha y] \exp(-\alpha t); \\ \ddot{x} &= \ddot{y} \exp(-\alpha t) - 2\dot{y} \exp(-\alpha t) + y\alpha^2 \exp(-\alpha t) = [\ddot{y} - 2\alpha\dot{y} + \alpha^2 y] \exp(-\alpha t); \\ \ddot{x} &= [\ddot{y} - 2\alpha\dot{y} + \alpha^2 y] \exp(-\alpha t) - \alpha [\ddot{y} - 2\alpha\dot{y} + \alpha^2 y] \exp(-\alpha t). \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, после подстановки дифференциальное уравнение для $y(t)$ принимает вид

$$T[\ddot{y} - 2\alpha\dot{y} + \alpha^2 y] + \dot{y} - \alpha y + k k_p y = 0,$$

или, после преобразования

$$T\ddot{y} + \dot{y}[1 - 2T\alpha] + y[T\alpha^2 - \alpha + k k_p] = 0. \quad (4)$$

Обозначая $a_0 = T$; $a_1 = 1 - 2T\alpha$; $a_2 = T\alpha^2 + kk_p - \alpha$ запишем достаточные условия робастной устойчивости в соответствии с теоремой Харитонова [2]. Для системы второго порядка достаточно положительности коэффициентов в (4):

$$a_1 < \frac{1}{2T_{max}\alpha}; \quad a_2 < \frac{1}{k_{max}k_p + T_{max}\alpha^2 - \alpha},$$

допустим $T \in [20; 30]$, $k \in [0,15 ; 0,5]$ тогда

$$a_1 < \frac{1}{2 \cdot 30 \cdot 0,02} = 0,83;$$

$$a_2 < \frac{1}{0,5 \cdot 0,9 + 30 \cdot 0,02^2 + 0,02} = 0,48.$$

Моделирование при граничных значениях интервальных параметров подтвердило, что П-регулятор с выбранным коэффициентом передачи обеспечивает заданную степень устойчивости $\alpha = -0,02$.

Характерный пример процесса $x(t)$ показан на рисунок 1. Выходной сигнал системы носит колебательный характер и ограничивается экспонентами, соответствующими выбранному параметру α , показанному пунктиром.

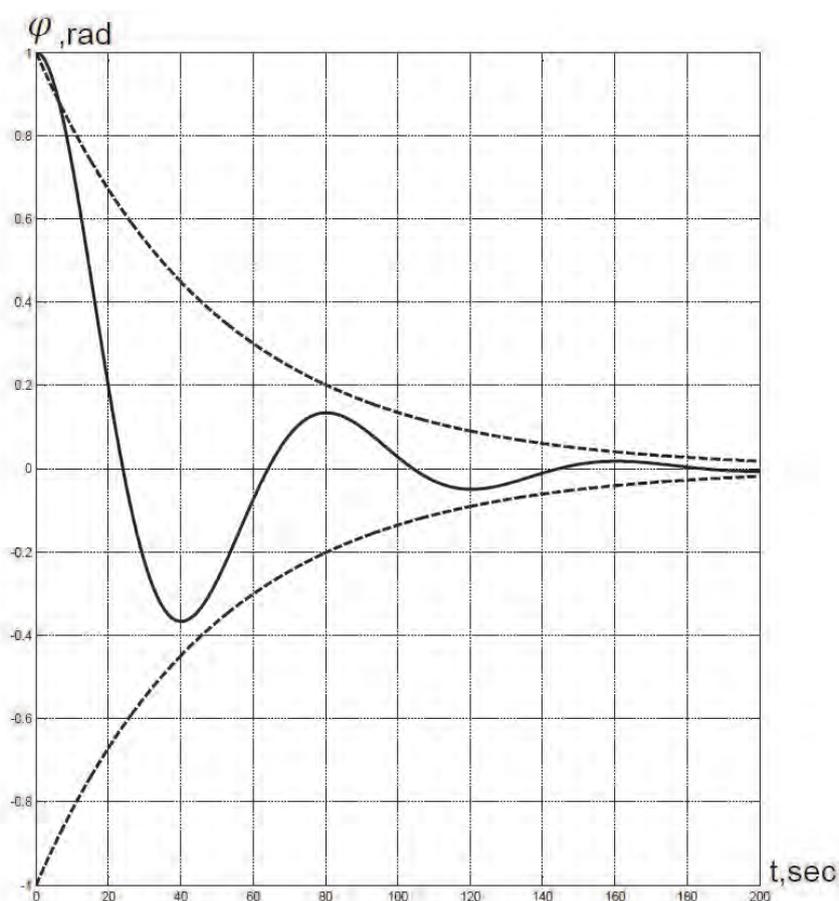


Рисунок 1 – Процесс $x(t)$ в системе управления с П-регулятором

Теперь рассмотрим задачу синтеза параметров робастного робастного ПИД-регулятора

$$W_p(s) = k_p + k_d s + \frac{k_i}{s}. \quad (5)$$

Характеристическое уравнение системы принимает вид

$$Ts^3 + [1 + kk_d]s^2 + kk_p s + kk_i = 0. \quad (6)$$

Соответственно динамика свободных движений системы управления описывается следующим дифференциальным уравнением

$$T\ddot{x} + [1 + kk_d]\dot{x} + kk_p x + kk_i = 0. \quad (7)$$

Также в полученное дифференциальное уравнение подставим

$$x = ye(-\alpha t),$$

и получаем дифференциальное уравнение для функции $y(t)$

$$T \ddot{y} - 2T\alpha \dot{y} + T\dot{y} - \alpha T\dot{y} - 2\alpha\alpha\dot{y}T + \alpha T\alpha^2 y + [1 + kk_d]\ddot{y} - 2[1 + kk_d]\dot{y}\alpha + kk_p\dot{y} - kk_p\alpha y + kk_i y = 0.$$

Таким образом, приходим к следующему дифференциальному уравнению

$$T \ddot{y} + ([1 + kk_d] - 3T\alpha)\dot{y} + (kk_p - 2[1 + kk_d]\alpha - 2\alpha^2 T + T)\dot{y} + [\alpha T\alpha^2 - kk_p\alpha + kk_i]y = 0. \quad (8)$$

Запишем коэффициенты дифференциального уравнения:

$$a_0 = T; a_1 = [1 + kk_d] - 3T\alpha; a_2 = k[k_p - 2k_d\alpha] - 2\alpha + T[1 - 2\alpha^2]; a_3 = T\alpha^3 + [k_i - k_p\alpha]k.$$

Согласно теореме Харитоновы [2], для робастной устойчивости системы достаточно выполнения устойчивости полинома $Q_1(s)$, имеющего вид

$$Q_1(s) = \bar{a}_0 s^3 + \underline{a}_1 s^2 + \underline{a}_2 s + \bar{a}_3,$$

где $\bar{a}_i, \underline{a}_i$ – соответственно максимальное и минимальное значения коэффициентов.

Для решения задачи синтеза были выбраны следующие параметры ПИД-регулятора, удовлетворяющие требованиям теоремы Харитоновы

$$k_d = 0,7; k_p = 0,9; k_i = 0,003.$$

Для принятых интервальных параметров вычислим необходимые значения коэффициентов

$$\bar{a}_0 = T_{max} = 30; \underline{a}_1 = [1 + k_{min}k_d] - 3T_{max}\alpha = 2,9;$$

$$\underline{a}_2 = k_{min}[k_p - 2k_d\alpha] - 2\alpha + T_{min}[1 - 2\alpha^2] = 20,16; \bar{a}_3 = T_{max}\alpha^3 + [k_i - k_p\alpha]k_{max} = 0,0103.$$

Согласно критерию Гурвица, устойчивость полинома $Q_1(s)$ очевидна.

Результаты моделирования подтвердили, что ПИД-регулятор с выбранными коэффициентами передачи обеспечивает заданную степень устойчивости (рисунок 2).

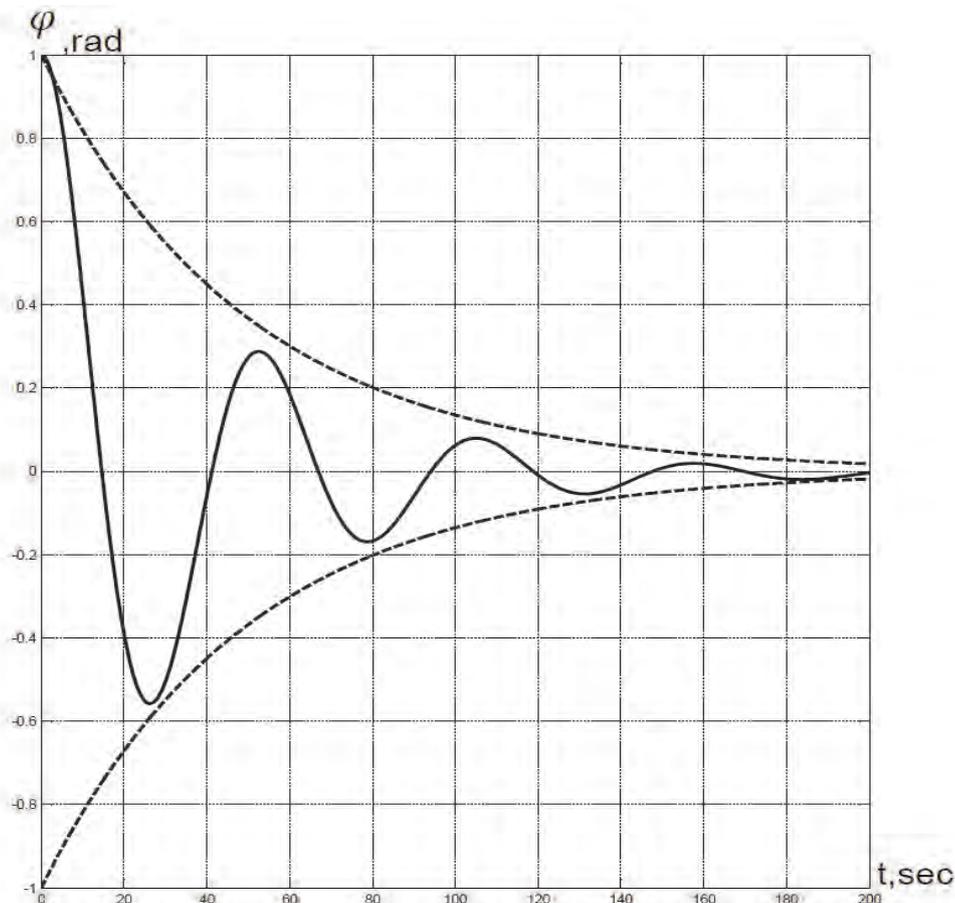


Рисунок 2 – Процесс $x(t)$ в системе управления с ПИД-регулятором

Таким образом, теорема Харитоновы позволяет синтезировать регуляторы выбранного

вида, обеспечивающие не только робастную устойчивость системы управления курсом судна, но и назначенное качество переходных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лукомский, Ю. А. Навигация и управление движением судов: учебник / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов. – Санкт-Петербург: Элмор, 2002. – 360 с.
- 2 Ким, Д.П. Теория автоматического управления. В 2 т. Т. 1. Линейные системы : учеб. пособие для студентов вузов / Д. П. Ким. – Москва: Физматлит, 2003. – 287 с.
- 3 Бесекиерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекиерский, Е. П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва; Санкт-Петербург: Профессия, 2004. – 747 с.
- 4 Вагущенко, Л. Л. Системы автоматического управления движением судна /Л. Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *робастность, степень устойчивости, интервальные параметры, управление судном, модель Номото 1-го порядка*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Оськин Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Осокина Елена Борисовна, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Константинова Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Дыда Александр Александрович, 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»*

ИЗОЛИНИИ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗНОСТЬ ВЫСОТ И РАЗНОСТЬ АЗИМУТОВ ДВУХ СВЕТИЛ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.И. Сичкарев

TWO STAR'S ISOLINES OF DIFFERENCE OF ALTITUDE AND DIFFERENCE OF AZIMUTH
Siberian state university of water transport
V.I. Sichkarev

Device two family isolines of difference of altitude and difference of azimuth for two stars of Ursa Major. One longitude's diapason covers the position where difference of altitude equals zero. Other longitude's diapason – where difference of azimuth equals zero. Draw a conclusion about advantage of observation stars on identical altitude.

Keywords: difference of altitude, difference of azimuth, isolines, advantage conditions of observation

Получены два семейства изолиний разностей высот и разностей азимутов двух звезд созвездия Большой Медведицы в широтном диапазоне одновременной видимости светил. Один долготный диапазон перекрывает позиции наблюдателей, где высоты обоих светил одинаковы. Второй достигает позиций наблюдателей, где одинаковы азимуты светил. Сделан вывод о выгоды наблюдения светил, расположенных примерно на одинаковой высоте, но в противоазимутах.

В истории развития техники для судовождения наблюдается тесная взаимосвязь между развитием технических средств измерений и теоретическими методами использования этих измерений для практики. В астронавигации до высокой степени совершенства отточены методы определения места судна по измерениям высот светил. Однако, ограничения, присутствующие измерениям высот светил (требуется, помимо хорошей видимости светил, хорошая видимость горизонта; для повышения точности результата необходимо измерение наклона видимого горизонта), вкупе с появлением автоматизированных спутниковых и наземных систем, существенно снизили интерес практического судовождения к астронавигационным методам. Тем не менее, астронавигация продолжает занимать определённую нишу в судовождении, главным образом как резервный метод, совершенствованию которого также должно уделяться достаточное внимание.

К настоящему времени определённые успехи достигнуты в совершенствовании технического средства астронавигационных измерений. Усовершенствованный секстан, [1], позволяет устранить отмеченные выше недостатки, добавив к возможности измерения высот светил, и измерение разностей высот и разностей азимутов двух светил, одновременно расширяя временной диапазон астронавигационных методов определения места судна на весь ночной период суток. Соответственно этому необходимо совершенствовать и методы определения места по одновременно получаемым разностям высот и азимутов двух светил.

До сих пор в теоретическом плане развивались методы получения обсервованного места судна (ОМС) по высотам светил, по разностям высот, по разностям азимутов [2]. Они сводились к расчёту элементов соответствующих линий положения с использованием счислимой точки. Этот метод пригоден также для ОМС по комбинации различных линий положения. Однако, его использование не даёт общего представления о характере взаиморасположения изолиний $U_1(\Delta h)$ разностей высот и изолиний $U_2(\Delta A)$ разности азимутов одних и тех же светил. Для получения такого представления полезно рассмотреть взаиморасположение $U_1(\Delta h)$ и $U_2(\Delta A)$ двух каких-либо конкретных светил в достаточно широком поле земных координат.

Выберем в качестве конкретных светил α и η Большой Медведицы – хорошо узнаваемого в северном полушарии созвездия, не заходящего в широтах выше $43^\circ N$.

Для построения семейств изолиний $U_1(\Delta h)$, $U_2(\Delta A)$ принят приём фиксирования момента времени и построения на этот момент изолиний выбранных звёзд независимо от реального времени суток и, соответственно, реальной видимости наблюдения этих звёзд по условиям освещённости, ибо положение звёзд на небесной сфере в течение года меняется незначительно, а точка Овна совершает за год на небесной сфере оборот, так же как и ночной период. Конкретно выбрано гринвичское время $T_{ep} = 15.00:00$ на дату 15 декабря 2014 года. На этот момент гринвичский часовой угол точки Овна $t_{ep}^y = 309^\circ 11'.42$, у звезды α Большой Медведицы склонение $\delta_\alpha = 61^\circ 39'.52N$, звёздное дополнение $\tau_\alpha = 193^\circ 50.43$ (номер по МАЕ 72); у звезды η Большой Медведицы склонение $\delta_\eta = 49^\circ 14'.04N$, звёздное дополнение $\tau_\eta = 152^\circ 58'.44$ (номер по МАЕ 94). С учётом положения точки Овна, гринвичские часовые углы светил:

$$t_{ep}^{\alpha EM} = t_{ep}^y + \tau_\alpha = 143^\circ 02'.25W \text{ – по их требованию}$$

$$t_{ep}^{\eta EM} = t_{ep}^y + \tau_\eta = 102^\circ 10'.26W \text{ .} \quad (1)$$

Представляет интерес исследование взаимного расположения изолиний $U_1(\Delta h)$ и $U_2(\Delta A)$ вблизи точек, где разности азимутов светил проходят через значение $\Delta A = 0$, а также где разности высот светил проходят через значение $\Delta h = 0$. Из этих соображений долготный диапазон выбран в пределах $\lambda = 80^\circ - 160^\circ E$ и $\lambda = 100^\circ - 144^\circ W$, а широтный диапазон – в зоне обычного мореплавания в широтах, где могут быть видны оба светила, то есть $\varphi = 45^\circ - 75^\circ N$. Расчёты проведены на всём поле выделенных диапазонов с шагом по широте 2° , по долготе 4° (в отдельных местах 2°). Расчёты высот h_i и азимутов A_i обоих светил выполнены с использованием программы «Электронный альманах» [3]. Примеры расчётов представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Высоты, азимуты светил α и η Большой Медведицы и их разности

$\lambda = 120^\circ W$	α (МАЕ 72)		η (МАЕ 94)		ΔA к N	Δh
	h_α	A_α	h_η	A_η		
45	68°38',06	329°,35	77°10',93	64°,35	95°,00	-8°,548
47	70°19',78	326°,51	77°54',89	72°,79	106°,28	-7°,585
49	71°57',92	323°,14	78°21',06	82°,09	118°,95	-6°,386
51	73°31',39	319°,09	78°27',43	91°,84	132°,75	-4°,934
53	74°58',75	314°,22	78°13',46	101°,48	147°,26	-3°,245
55	76°18',04	308°,35	77°40',31	110°,50	162°,15	-1°,371
57	77°26',71	301°,31	76°50',37	118°,55	177°,24	0°,606
59	78°21',62	293°,00	75°46',61	125°,51	192°,51	2°,584
61	78°59',32	283°,50	74°31',85	131°,42	207°,92	4°,458
63	79°16',80	273°,18	73°08',55	136°,40	223°,22	6°,138
65	79°12',40	262°,64	71°38',63	140°,58	237°,94	7°,563
67	78°46',55	252°,58	70°03',59	144°,10	251°,52	8°,716
69	78°01',57	243°,54	68°24',59	147°,08	263°,54	9°,617
71	77°00',76	235°,73	66°42',37	149°,62	273°,89	10°,306
73	75°47',50	229°,17	64°57',70	151°,80	282°,63	10°,830
75	74°24',72	223°,72	63°11',00	153°,68	289°,96	11°,229

Таблица 2 – Высоты, азимуты светил α и η Большой Медведицы и их разности

$\lambda = 120^\circ E$	α (МАЕ 72)		η (МАЕ 94)		ΔA к N	Δh
φ	h_α	A_α	h_η	A_η	$A_\alpha - A_\eta$	$h_\alpha - h_\eta$
45	35°33',87	35°,40	11°08',78	26°,53	8°,87	24°,418
47	37°11',17	36°,26	12°56',05	26°,73	9°,53	24°,252
49	38°47',35	37°,20	14°43',13	26°,95	10°,25	24°,070
51	40°22',30	38°,21	16°29',98	27°,20	11°,01	23°,872
53	41°55',89	39°,30	18°16',57	27°,49	11°,81	23°,655
55	43°27',97	40°,49	20°02',87	27°,81	12°,68	23°,418
57	44°58',37	41°,77	21°48',83	28°,17	13°,60	23°,167
59	46°26',91	43°,15	23°34',42	28°,57	14°,58	22°,875
61	47°53',39	44°,65	25°19',59	29°,01	15°,64	22°,563
63	49°17',58	46°,26	27°04',30	29°,49	16°,77	22°,221
65	50°39',23	48°,01	28°48',48	30°,01	18°,00	21°,848
67	51°58',05	49°,89	30°32',09	30°,59	19°,30	21°,433
69	53°13',74	51°,92	32°15',06	31°,22	20°,70	20°,978
71	54°25',95	54°,11	33°57',32	31°,90	22°,21	20°,477
73	54°34',31	56°,46	35°38',79	32°,64	23°,82	19°,925
75	56°38',43	58°,97	37°19',39	33°,45	25°,52	19°,317

По рассчитанным значениям высот и азимутов светил вычислены и представлены в таблице 1 и 2 разности высот и разности азимутов

$$\Delta h = h_\alpha - h_\eta; \Delta A = A_\alpha - A_\eta. \quad (2)$$

В некоторых случаях диапазона $\lambda = 100^\circ - 144^\circ W$ разность азимутов, меньшая 180° , оказывалась к северу от наблюдателя, а в иных – к югу. В этих случаях для удобства сравнения результатов разность азимутов приводилась к северу от наблюдателя, даже если при этом значении разности азимутов превышало 180° .

Полученные разности Δh и ΔA представлены в графическом виде $\Delta h(\varphi, \lambda_i)$, $\Delta A(\varphi, \lambda_i)$ на рисунках 1-4.

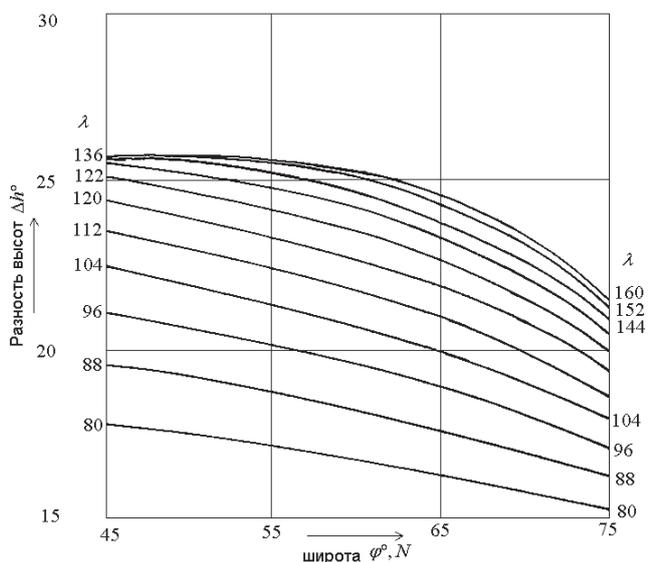


Рисунок 1 – Вспомогательный график функции $\Delta h(\varphi, \lambda_i)$ для восточных долгот $\lambda = 80^\circ - 160^\circ E$

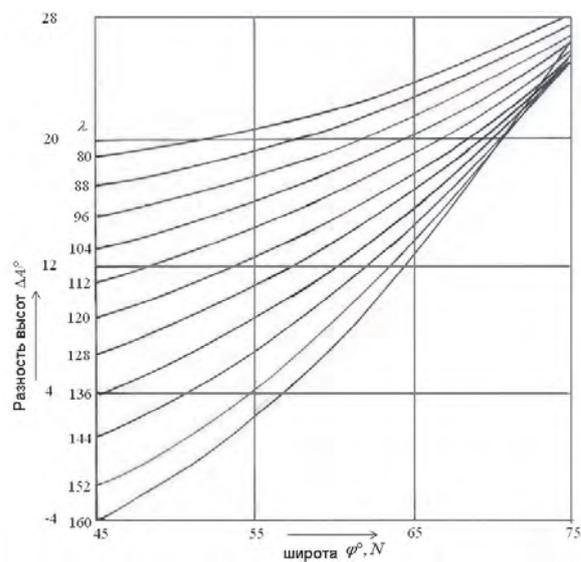


Рисунок 2 – Вспомогательный график функции $\Delta A(\varphi, \lambda_i)$ для восточных долгот $\lambda = 80^\circ - 160^\circ E$

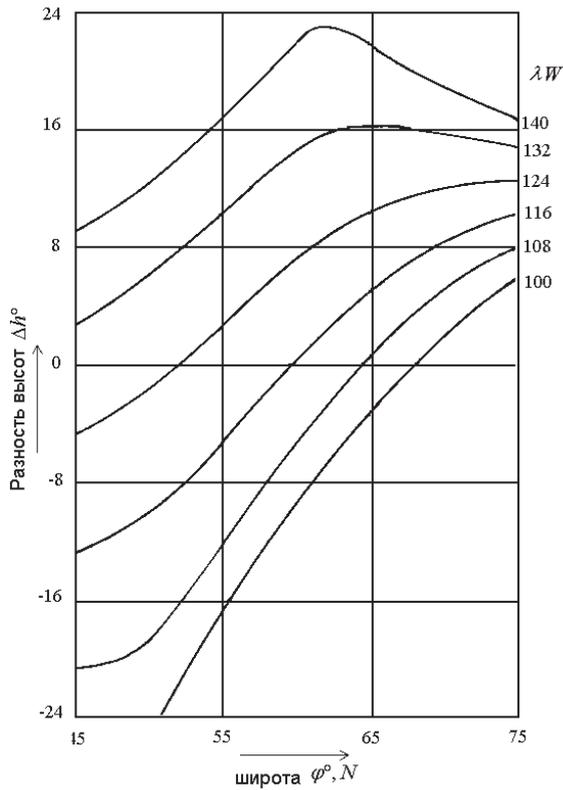


Рисунок 3 – Вспомогательный график функции $\Delta h(\varphi, \lambda)$ для западных долгот $\lambda = 100^\circ - 144^\circ W$

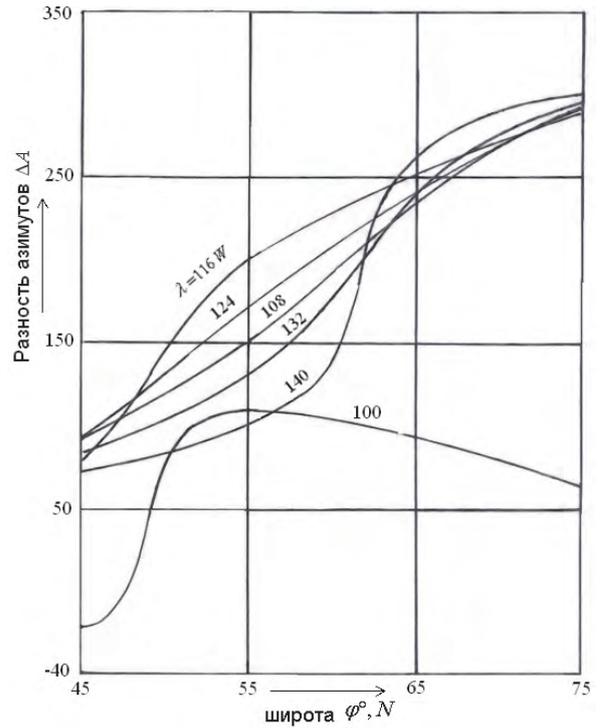


Рисунок 4 – Вспомогательный график функции $\Delta A(\varphi, \lambda_i)$ для западных долгот $\Delta A = 100^\circ - 144^\circ W$

Эти графики позволили получить координаты изолиний $U_1(\Delta h)$ и $U_2(\Delta A)$, в графическом виде представленные на рисунках 5 и 6.

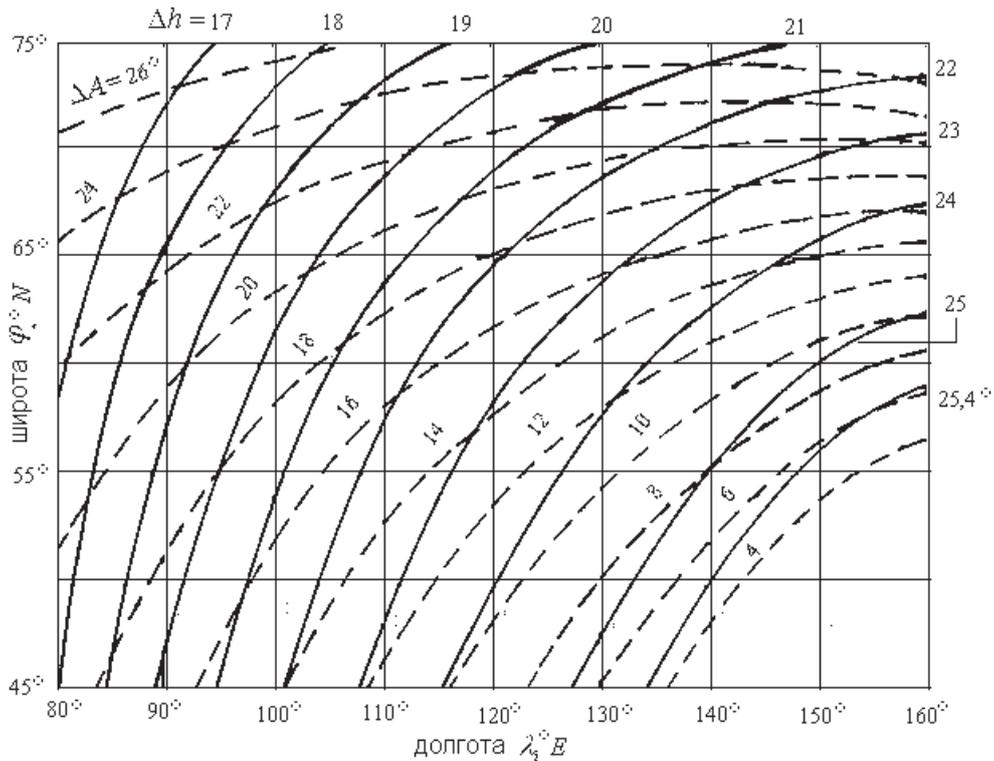


Рисунок 5 – Семейства изолиний $\Delta h(\varphi, \lambda)$, $\Delta A(\varphi, \lambda)$ светил α и η Большой Медведицы в выделенном диапазоне долгот восточного полушария

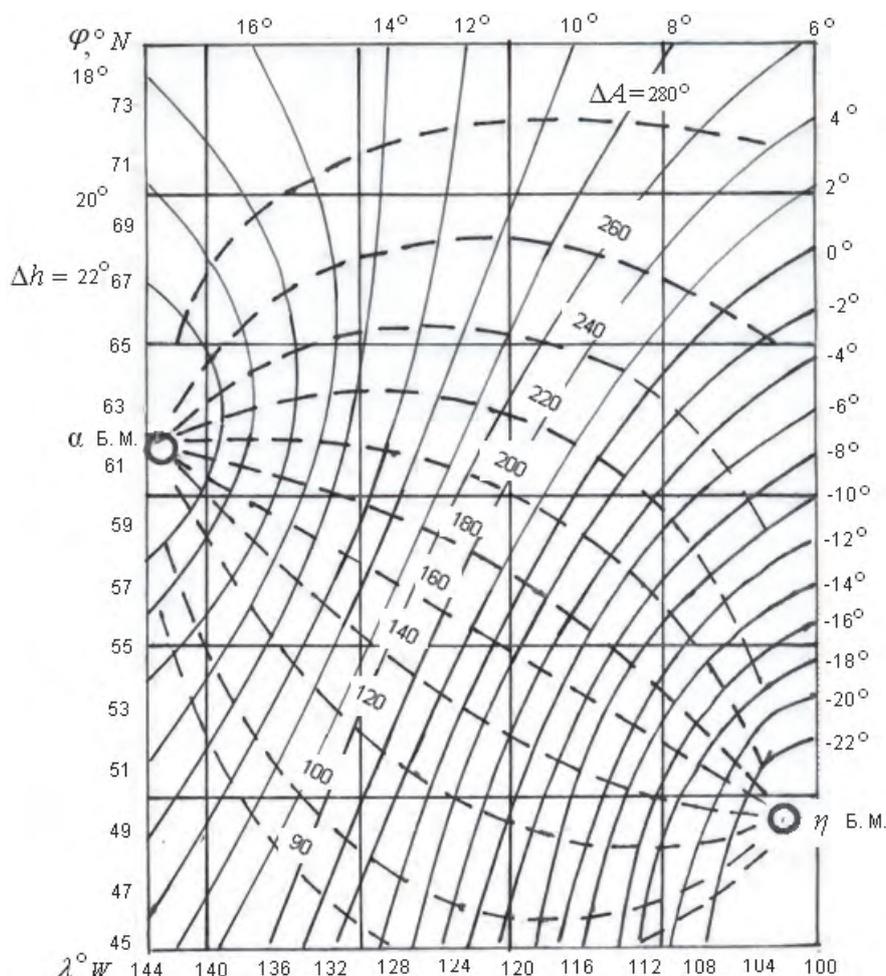


Рисунок 6 – Семейства изолиний $\Delta h(\varphi, \lambda)$, $\Delta A(\varphi, \lambda)$ светил α и η Большой Медведицы в выделенном диапазоне долгот западного полушария

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1 Долготный диапазон в западном полушарии выбран так, чтобы наблюдаемые звёзды оказались по разные стороны от меридиана наблюдателя (см. рисунок 6), а в восточном полушарии – по одну сторону от меридиана наблюдателя, но вблизи ДБК светил, на которой $\Delta A = 0$.

2 Широтный диапазон – от минимальной широты одновременной видимости светил до практической границы мореплавания. Ширина широтного диапазона $\Delta\varphi = 75^\circ - 45^\circ = 30^\circ$, ширина долготного диапазона в W полушарии $\Delta\lambda_W = 144^\circ - 100^\circ = 44^\circ$, в E полушарии $\Delta\lambda_E = 160^\circ - 80^\circ = 80^\circ$.

3 Диапазон изменения измеряемых навигационных параметров Δh и ΔA в пределах выделенных для исследования зон наблюдателя:

- в E полушарии $\Delta\Delta h_E = 26^\circ - 17^\circ = 9^\circ$; $\Delta\Delta A_E = 26^\circ - 0^\circ = 26^\circ$;
- в W полушарии $\Delta\Delta h_W = 22^\circ - (-22^\circ) = 44^\circ$; $\Delta\Delta A_W = 280^\circ - 90^\circ = 170^\circ$.

4 Средние значения проекций градиента навигационных параметров по координатным осям:

– в E полушарии

$$\text{grad}_\varphi \Delta h = \frac{\Delta\Delta h_E}{\Delta\varphi} = \frac{9^\circ}{30^\circ} = 0,30; \quad \text{grad}_\lambda \Delta h = \frac{\Delta\Delta h_E}{\Delta\lambda_E} = \frac{9^\circ}{80^\circ} = 0,11.$$

$$\text{grad}_\varphi \Delta A = \frac{\Delta\Delta A_E}{\Delta\varphi} = \frac{26^\circ}{30^\circ} = 0,86; \quad \text{grad}_\lambda \Delta A = \frac{\Delta\Delta A_E}{\Delta\lambda_E} = \frac{26^\circ}{80^\circ} = 0,32.$$

– в W полушарии

$$\text{grad}_{\phi} \Delta h = \frac{\Delta \Delta h_w}{\Delta \phi} = \frac{44^{\circ}}{30^{\circ}} = 1,46 ; \text{grad}_{\lambda} \Delta h = \frac{\Delta \Delta h_w}{\Delta \lambda_w} = \frac{44^{\circ}}{44^{\circ}} = 1,00 .$$

$$\text{grad}_{\phi} \Delta A = \frac{\Delta \Delta A_w}{\Delta \phi} = \frac{170^{\circ}}{30^{\circ}} = 5,66 ; \text{grad}_{\lambda} \Delta A = \frac{\Delta \Delta A_w}{\Delta \lambda_w} = \frac{170^{\circ}}{44^{\circ}} = 3,86 .$$

5 Углы пересечения изолиний навигационных параметров Δh и ΔA :

- в *E* полушарии от 0° вблизи ДБК светил до $\approx 37^{\circ}$ на северо-западной периферии выделенной зоны (в наиболее удалённой от ДБК точке);
- в *W* полушарии от 90° вблизи ДБК светил до $\approx 50^{\circ}$ на периферии выделенной зоны, сохраняя значение около 90° на центральном меридиане между меридианами светил, включая изолинию $\Delta h = 0$.

6 Исходя из выполненной части анализа, можно сделать следующий вывод относительно выгодных условий наблюдения разностей высот и азимутов светил. Целесообразно подбирать для наблюдения разностей высот и разностей азимутов такие светила, которые расположены примерно на одинаковой высоте по разные стороны от меридиана наблюдателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2 Гаврюк, М.И. Астронавигационные определения места судна /М.И. Гаврюк. – Москва: Транспорт, 1973. – 176 с.

3 Электронный альманах. Версия 99.192.14 / С. Зиновьев, В. Костин, Ю. Шульдешов, А. Яновский.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *разность высот, разность азимутов, изолинии, выгодные условия наблюдения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Сичкарёв Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧКИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ТЕХНИКИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.П. Умрихин, А.Г. Поминов

RESEARCH VESSEL WITH PITCHING MICROCONTROLLER EQUIPMENT
 Siberian state university of water transport
 V.P. Umrikhin, A.G. Pominov

The subject of research is nautical vessel pitching and behavior of the ship in rough seas. The method is directed to the registration data in practice. Work is underway on an experimental part. To create a device based on the gyroscope and accelerometer, which allows to record the parameters of the marine vessel pitching. It produced a series of experiments in practice.

Keywords: determination of the parameters pitching vessel

Предметом исследования является морская качка судна и поведение судна на волнении. Метод направлен на регистрацию данных на практике. Ведётся работа над экспериментальной частью. Создан прибор на основе гироскопа и акселерометра, позволяющий регистрировать параметры морской качки судна. Произведены серии экспериментов на практике.

Существует актуальная проблема по регистрации качки судна с целью получения данных и последующей обработки. В настоящее время в практике существуют различные методы регистрации и расчета гидродинамических характеристик качки судна. Большинство методов достаточно громоздки и дорогие для использования. Было предложено создать устройство и написать к нему программное обеспечение, на основе электронного конструктора Arduino. Это удобная платформа быстрой разработки электронных устройств. Платформа пользуется популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков (гироскопа и акселерометра), а также могут управлять различными исполнительными устройствами.

Предложенный метод отличается невысокой стоимостью и малыми габаритами.

В результате был создан прибор на основе гироскопа и акселерометра, который может устанавливаться на судне, производить регистрацию и запись данных на электронный носитель для дальнейшей их обработки.

Прибор состоит из следующих компонентов (рисунок 1 и 2): 1-датчика гироскопа, GROVE – 3х-осевой гироскоп (ITG3200); 2-датчика акселерометра, GROVE – 3х-осевой акселерометр (MMA7660FC); 3-аналогово-цифрового преобразователя, АЦП GROVE – I2C АЦП (временно не используется); 4-периферийной платы расширения контроллера Шилда GROVE – Base Shield V1.3; 5-основной платы Seeeduino V3.0 (ATmega 328) [1, 2].

В приборе датчики подключаются при помощи кабеля к периферийной плате расширения контроллера, далее плата подключается к основной плате. Основная плата через кабель Mini USB (Type-A) – USB (Type -A) подключается к персональному компьютеру (ПК).

Для работы прибора, подключённого к ПК, необходимо установить дополнительное программное обеспечение: Net Framework 4.0; Драйвер Virtual COM Port Driver [3].

Дополнительно для работы прибора была произведена прошивка, и написано программное обеспечение, Serial Port Reader (Мониторинг Портов), которое позволяет снимать полученные данные от прибора и записывать их в формате Excel на ПК.

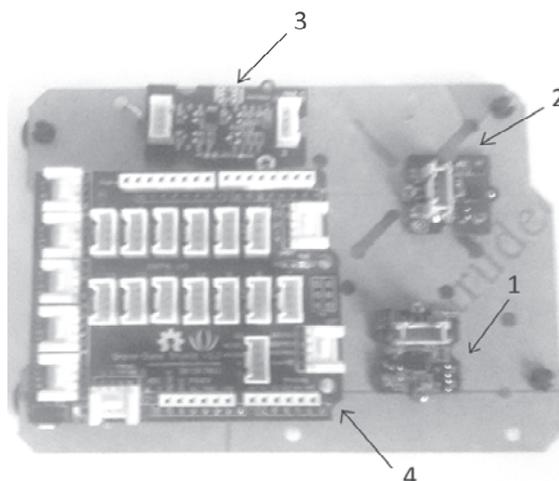


Рисунок 1 – Прибор вид сверху

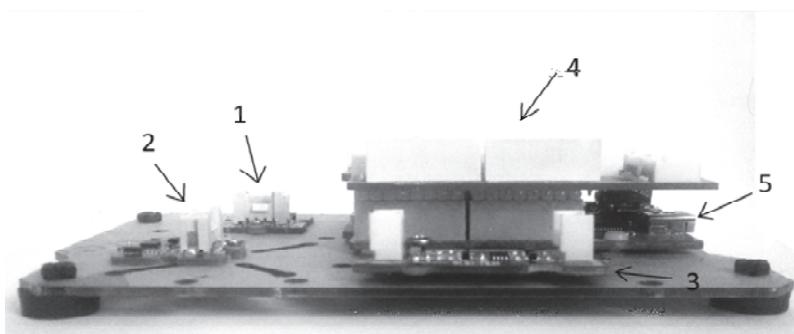


Рисунок 2 – Прибор вид сбоку

Интерфейс предусматривает выбор порта, с которого читаются данные. Так же можно указать путь для сохранения данных в *.csv файл. Вверху над таблицей выводятся текущие значения углов.

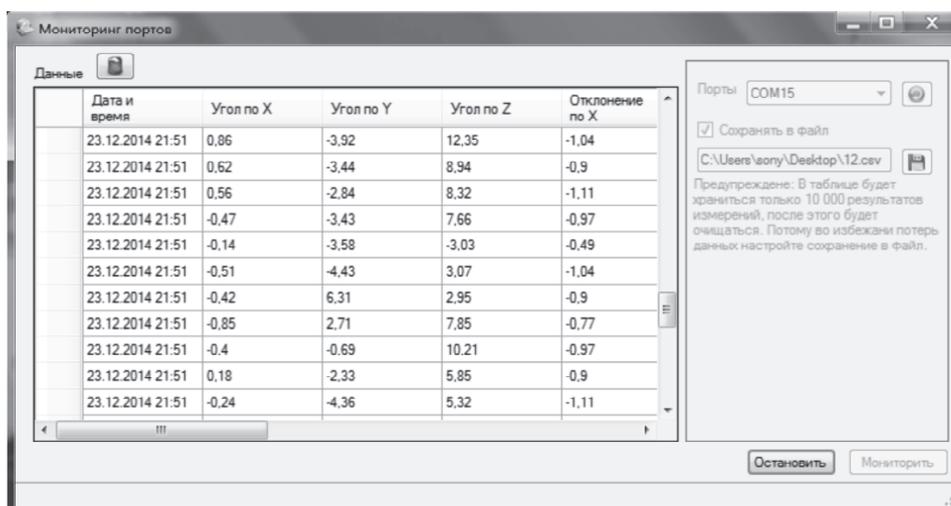


Рисунок 3 – Пример работы программного обеспечения Serial Port Reader (Мониторинг Портов)

Программа подключается к выбранному порту. Если было указано имя файла перед стартом мониторинга, то данные параллельно пишутся в файл.

Прибор выдаёт по 120 измерений в 1 минуту, то есть 2 измерения в секунду. Позволяет вести запись данных в течение длительного времени, ограниченного лишь объёмами файла в формате Excel.

При работе программного обеспечения каждый из датчиков прибора выдаёт в программу по 6 измерений переменных.

Гироскоп даёт углы по осям X, Y и Z, и отклонения по этим осям.

Акселерометр даёт ускорение и угловое ускорение по осям X, Y и Z.

Особенности измерения с гироскопа и акселерометра. Акселерометр в качестве значений для каждой из 3 координат выдает целые числа в интервале от -32 до 31. В соответствии с этими значениями выставляются значения углов отклонения по таблице. Значимые для измерения углов значения от -21 до 21. Предел измерения углов по X, Y -79,86 до 79,86°. По Z от -87,31 до 90°. Совершенно очевидно, что для определения параметров качки морского судна этих диапазонов более чем достаточно.

Гироскоп на выходе по трем координатам выдает значения угловых скоростей в градусах в секунду. Интервал единичного замера датчиков 83 мс. Цикл по времени выравнивается до 83 мс в случае, если все вычисления закончены раньше (с помощью команды ожидания).

На каждом цикле происходит измерение значений углов акселерометра, текущей угловой скорости гироскопа, фильтрация текущих значений с помощью фильтра Калмана. Отправка изменений происходит раз в 500 мс. Соответственно, рассчитанные значения углов на каждой итерации усредняются перед отправкой. Поскольку акселерометр может выдавать только дискретные значения, то на каждом шаге, в целях увеличения точности измерения угла, используется следующий алгоритм подсчета. На каждой итерации выполняется 20 измерений значения угла. После этого значение усредняется (результат - вещественное число). Для определения значения угла по ближайшим целым значениям из таблицы строится линейная зависимость и по расчетному значению определяется угол с помощью линейно зависимости.

При производстве записи о данных качки судна при его различных состояниях (в грузу, в балласте) и погодных условий (состояние моря и направление ветра относительно курса) в различных широтах получены данные, помогающие анализировать поведение судна на волнении. Полученные данные позволяют выявить особенности движения судна на различных курсовых углах по направлению к волнению моря, что даёт возможность использовать прибор для выявления оптимального курса и скорости на волнение в условии резонанса (рисунок 4).

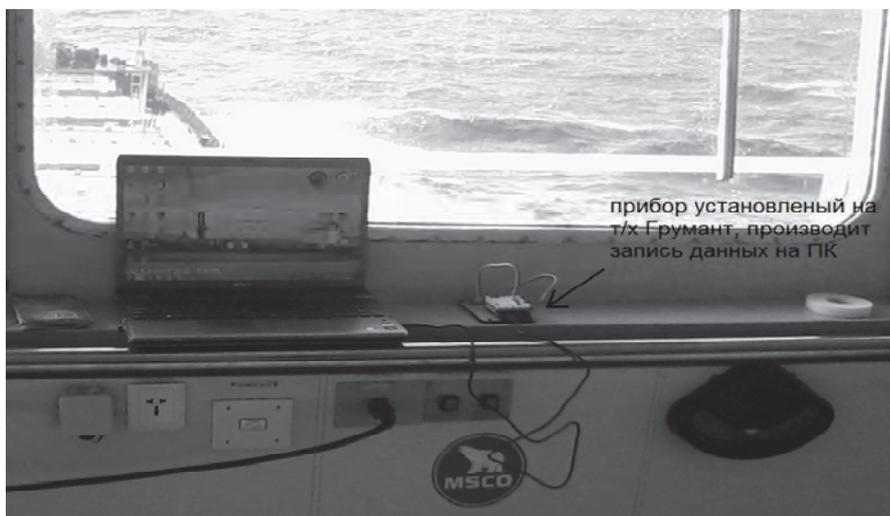


Рисунок 4 – Пример работы прибора на практике

При работе над этим методом, выявляются особенности работы прибора, проводятся эксперименты с его составными частями. Обновляются прошивки. Постоянно совершенствуется программное обеспечение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://devictor.ru/>.
- 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seeedstudio.com/depot/>.
- 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *определение параметров качки судна*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Умрихин Виктор Павлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
Поминов Александр Геннадьевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ШТАБЕЛЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ПАЛУБЕ СУДНА

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов

TECHNOLOGY FOR SECURING SAFE CARRIAGE OF SAWN TIMBER IN STACKS ON SHIP'S DECK

Maritime state university named after G.I. Nevelskoi

T.E. Malikova, N.M. Anosov

The paper deals with issues of safe deck carriage of goods liable to shifting. In particular a possibility of carrying unitized sawn timber using a technology for controlling the stack shifting by means of fixing brake shoes is considered.

Keywords: securing technology, packaged goods, stack timber, regulation displaceability goods, fixing brake shoes

Рассмотрены вопросы безопасной перевозки смещающихся грузов на палубе судна. В частности, рассматривается возможность перевозки пакетированных пиломатериалов с использованием технологии регулирования смещаемости штабеля при помощи фиксирующих башмаков.

В Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского выполнены комплексные исследования и разработаны новые технологии крепления грузов на морских судах [1, 2]. Основными исходными положениями при разработке новых технологий является регулирование смещаемости грузов с использованием специализированных устройств [3]. Эти устройства позволяют фиксировать груз и создавать укрупненные грузовые единицы с прямоугольным основанием [4].

Регулирование смещаемости штабеля пиломатериалов обеспечивается специальными фиксирующими башмаками трехмерного типа, которые располагаются по четырем углам каждого из сформированных пакетов. Роль башмаков – формирование и фиксация пакетов с использованием крепежных лент, что исключает смещение пиломатериалов внутри пакета при погрузке на судно, смещение или выпадение пакетов из штабеля, то есть его опасное разрушение, и способствует сохранению устойчивого состояния штабеля при его транспортировке на судне.

Технология формирования и крепления штабеля включает следующие операции: формирование пакетов на отдельной площадке; погрузка пакетов на транспортное средство; формирование из отдельных пакетов ярусов укрупненных грузовых единиц на палубе судна; крепление сформированных ярусов; заводка найтовов; хранение фиксирующих башмаков.

Для обеспечения возможности закрепления фиксирующими башмаками, погрузку штабеля пакетированного груза следует выполнять в определенной последовательности в два этапа.

На первом этапе выполняют операцию формирования отдельных пакетов 1 на площадке посредством трехстенных фиксирующих металлических башмаков трехмерного типа 2 и крепежных лент 4. Для этого вначале каждый пакет устанавливают на сепарационный материал, по нижним углам каждого поочередно устанавливаемого пакета устанавливают (рисунок 1) трехстенные фиксирующие башмаки 2, снаружи каждого угла пакета, так чтобы они плотно прилегали к его углам, затем в каждое внешнее сквозное окно 9 вертикальных стенок каждого из двух соседних противолежащих башмаков по длине (рисунок 1б) и ширине (рисунок 1а) пакета заводят горизонтально крепежные ленты 4, и каждую крепеж-

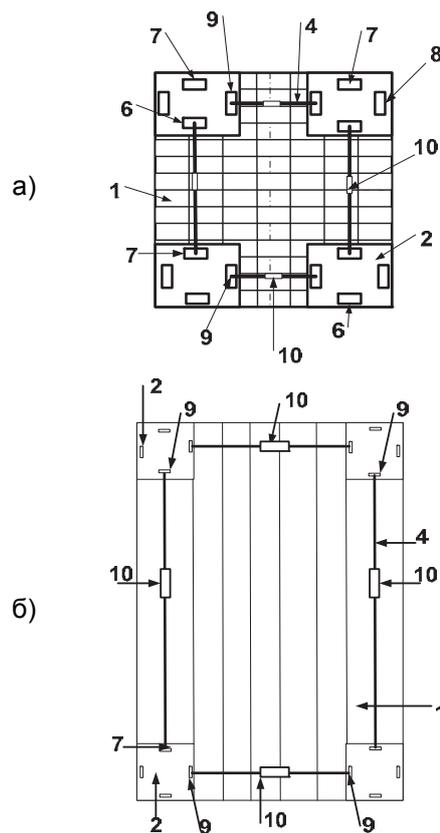


Рисунок 1 – Формирование пакета с прямоугольным основанием с использованием фиксирующих башмаков: а) вид по ширине, б) вид по длине пакета

ную ленту 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10 специализированным устройством, например пневмо-машинка. Затем по верхним углам этого пакета аналогично устанавливают трехстенные фиксирующие башмаки 2, так чтобы они плотно прилегали к углам пакета. При этом, каждый нижний угол пакета опирается на горизонтальную ограничительную стенку каждого нижнего башмака 2, которая прилегает к нему снизу (рисунок 1), а каждая горизонтальная ограничительная стенка верхних башмаков 2 опирается на каждый верхний угол пакета, прилегая к нему сверху. В каждое внешнее сквозное окно 9 соответственно горизонтальных и вертикальных стенок каждого из двух верхних соседних противоположных башмаков по длине и ширине пакета (рисунок 1) аналогично заводят горизонтально крепежные ленты 4, а затем каждую крепежную ленту 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10 специализированным устройством. После этого вертикально заводят крепежную ленту 4 в нижнее окно 6 верхнего башмака 2 и в верхнее окно 7 вертикальных стенок соседнего с ним нижнего башмака 2 (рисунок 1), обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10. Каждый сформированный таким путем пакет грузят на транспортное средство и приступают к формированию следующего пакета на площадке. Из образованных предварительно таким путем отдельных пакетов формируют штабель, например, на люковых крышках судна.

Перед погрузкой пакетов на люковую крышку судна укладывают деревянные прокладки. Сформированные многочисленные пакеты с помощью крана по завершению формирования на площадке устанавливают на прокладки вплотную друг к другу (рисунок 2) вдоль оси судна по всей площади люковой крышки. После их установки горизонтально заводят крепежную ленту 4 во внутренние окна 8 вертикальных стенок 3, а также и между верхними окнами 7 вертикальных стенок верхнего ряда всех соседних смежных башмаков 2 всех смежных вплотную прилегающих друг к другу пакетов, скрепляют эти, сравнительно короткие, ленты зажимами 10 втугую специализированным устройством. Таким образом, закрепляют между собой все пакеты, образуя таким путем укрупненную грузовую единицу – первый ярус. Далее производят крепление первого яруса обычным путем – найтовыми к палубе судна с обоих внешних торцов. На этом первый этап формирования и крепления штабеля на люковой крышке заканчивают и приступают ко второму.

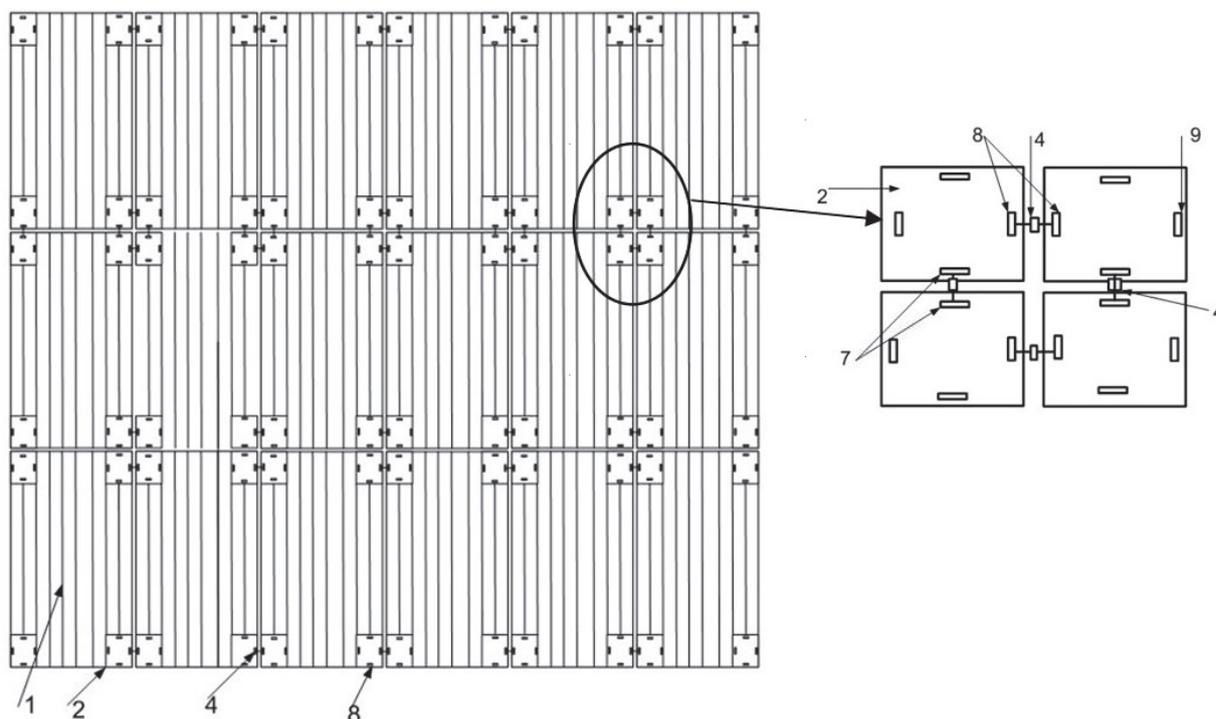


Рисунок 2 – Формирование и крепление первого яруса пакетов на люковых крышках

Аналогично формируют, а также крепят между собой на первом ярусе люковой крышки пакеты второго и последующих ярусов штабеля, выполняя второй этап, при этом используют продольный, поперечный или продольно-поперечный метод укладки пакетов в ярусы. Последний ярус пакетов укладывают вдоль оси судна, что способствует уменьшению опрокидывающего момента груза при качке. В результате образуют полностью сформированный

штабель пакетов прямоугольной формы на люковой крышке судна, например, состоящий из четырех ярусов (рисунок 3). На этом второй этап формирования штабеля заканчивают. Далее на этом втором этапе штабель крепят к палубе 13 судна, для этого обтягивают его за пиломатериалы поперечными найтовыми 12 с помощью талрепов 14.

При формировании каравана палубного груза пиломатериалов из подобных пакетов по всей ширине судна (рисунок 4) перед погрузкой пакетов 1 на судно (не показано), конкретно на палубу 13 и люковую крышку 11 судна укладывают деревянные прокладки. Сформированные многочисленные пакеты с помощью крана по завершению формирования на площадке устанавливают на прокладки на палубу между фальшбортом 15 и комингсом трюма 17 плотно друг к другу до уровня люковой крышки, тем самым выравнивая поверхности основания штабеля (рисунок 4). Дальнейшее формирование и крепление штабеля выполняется аналогично формированию и креплению штабеля на люковых крышках.

Таким образом, в предложенной технологии используется новый подход к решению задачи закрепления штабеля пиломатериалов на палубе судна. Предлагаемая схема крепления благодаря совокупности обтягивающих средств и фиксирующих башмаков обеспечивает

надежное, безопасное крепление штабеля пакетированного материала, исключает значительный объем нелегкого физического труда при обслуживании средств крепления штабеля в рейсе и сокращает время проведения грузовых операций при погрузке и перевалке грузов.

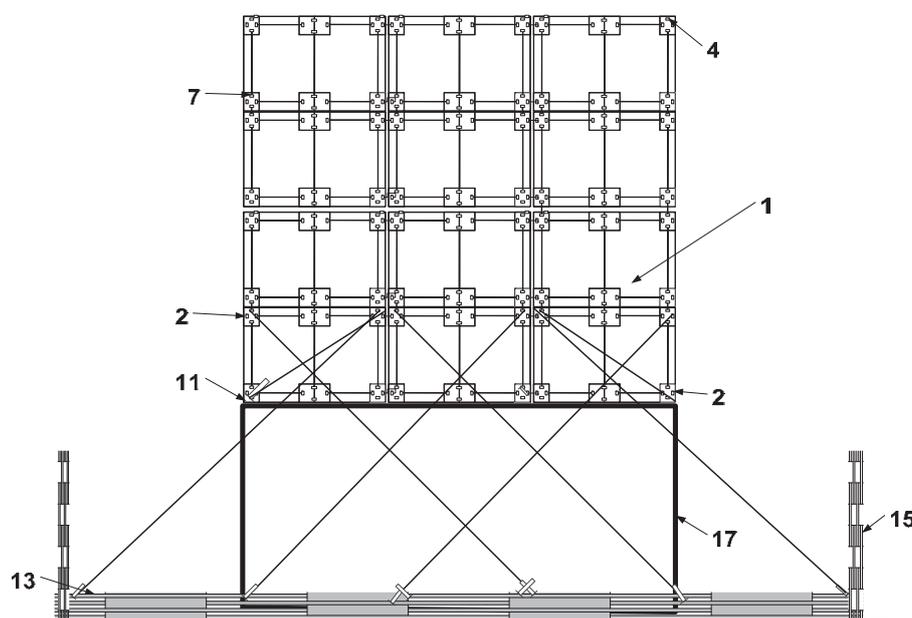


Рисунок 3 – Штабель пактов прямоугольной формы на люковой крышке судна, состоящий из четырех ярусов

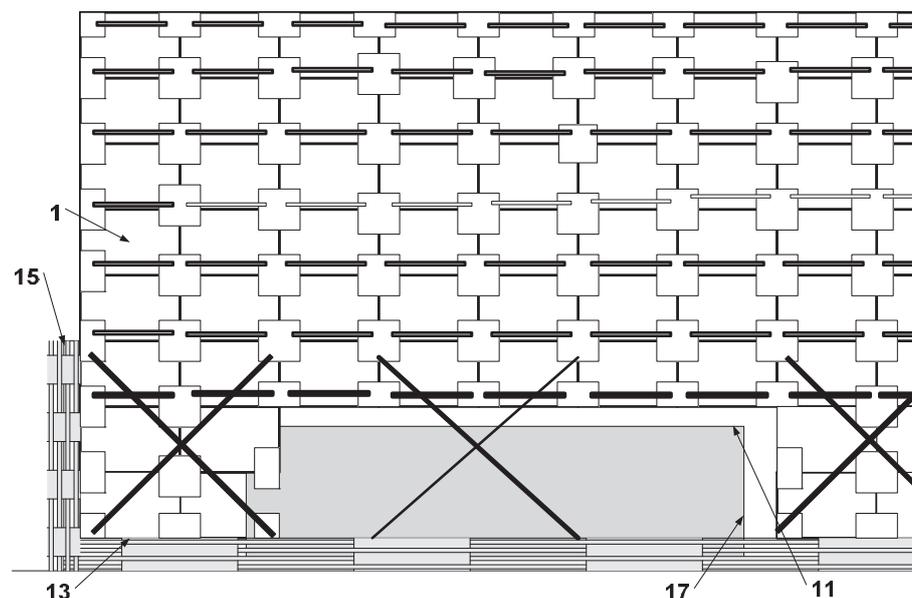


Рисунок 4 – Штабель пактов прямоугольной формы на палубе судна

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Маликова, Т. Е. Математическая модель исследования динамики системы «судно – укрупненная грузовая единица – штабель пиломатериала» / Т. Е. Маликова, Н. М. Аносов // Мор. вестн: науч.-техн. и информ.-аналит. журн. – 2012. – № 3 (43). – С. 97–98.
- 2 Маликова, Т. Е. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля труб на палубе судна / Т. Е. Маликова, А. Д. Москаленко // Эксплуатация морского транспорта. – Санкт-Петербург, 2013. – № 1(71). – С. 7–9.
- 3 Аносов, Н.М. Расчеты прочности элементов крепления штабеля пиломатериалов сформированного из укрупненных грузовых единиц / Н.М. Аносов, Т.Е. Маликова // Сборник докладов 9-й Международной научно-практической конференции

«Проблемы транспорта Дальнего Востока». – Владивосток, 2011. – С. 189–190.

4 Пат. 2531207 Российская Федерация. Способ формирования и крепления штабеля пакетированных материалов с прямоугольным основанием на транспортном средстве (варианты) / Н. М. Аносов, Т. Е. Маликова, А. С. Огай, Е. Д. Куваев, Д. А. Акмайкин; заявитель и патенто-обладатель Мор. гос. ун-т им. адм. Г. И. Невельского. – № 2012124850; заявл. 14.06.12; зарегистрировано 21.08.14.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: технология крепления, пакетированные грузы, штабель пиломатериалов, регулирование смещаемости грузов, фиксирующие башмаки

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Маликова Татьяна Егоровна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

Аносов Николай Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

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

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ НОМОТО 2-ГО ПОРЯДКА

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Е.Б. Осокина

PARAMETRIC IDENTIFICATION SYSTEM SHIP CONTROL BASED ON THE MODEL OF NOMOTO 2-ND ORDER

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

E.B. Osokina

The task of ship parameters identification with using the linear 2-nd order Nomoto's model is considered. To identify the parameters, the speed gradient method is applied. Simulation results confirms an effectiveness of approach.

Keywords: ship control, Nomoto's models of second order, parameter identification, speed gradient method

Рассматривается задача идентификации параметров судна на основе линейной модели Номото 2-го порядка с использованием метода скоростного градиента. Приведены результаты моделирования, подтверждающие эффективность подхода.

Управление морскими подвижными объектами (МПО) представляется сложной задачей, поскольку динамика объекта заведомо является нелинейной, неопределённой и нестабильной, что обусловлено влиянием ветро-волновых возмущений и вероятным изменением характеристик судна [1-3]. Параметрическая идентификация – это необходимая составляющая процесса синтеза системы управления МПО. Одним из известных подходов, применённым в данной работе, является использование метода скоростного градиента, предложенный в работах А.Л. Фрадкова [4, 5].

Для идентификации параметров моделей МПО по методу скоростного градиента линейная модель Номото второго порядка из общего представления

$$\dot{\omega} = A\omega + B\delta, \quad (1)$$

примет вид:

$$\dot{\omega}_1 = A_{11}\omega_1 + A_{12}\omega_2 + B_1\delta, \quad \dot{\omega}_2 = A_{21}\omega_1 + A_{22}\omega_2 + B_2\delta, \quad (2)$$

где ω – вектор состояний, учитывающий угловую скорость и ускорение

$$\omega = (\omega_1, \omega_2)^T;$$

δ – угол поворота руля;

$$A_{11} = -\frac{1}{T_2}; \quad A_{21} = -\frac{1}{T_1}; \quad B_1 = -\frac{K}{T_2}; \quad B_2 = \frac{(K_1 - 1)}{T_1}; \quad A_{22} = \frac{KK_1}{T_2},$$

K, K_1, T_1, T_2 – параметры.

В матричной форме

$$\begin{pmatrix} \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_2} & -\frac{K}{T_2} \\ 0 & -\frac{1}{T_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{KK_1}{T_2} \\ \frac{(K_1 - 1)}{T_1} \end{pmatrix} \delta.$$

Для параметрической идентификации воспользуемся методом скоростного градиента [4, 5], выберем настраиваемую модель в виде:

$$\dot{\omega}_{m1} = A\omega_1 + A_{m12}\omega_2 + B_{m1}\delta + v_1; \quad \dot{\omega}_{m2} = A_{m21}\omega_1 + A_{m22}\omega_2 + B_{m2}\delta + v_2, \quad (3)$$

где ω_m – вектор состояния настраиваемой модели

$$\omega_m = (\omega_{m1}, \omega_{m2})^T;$$

A_m, B_m – настраиваемые параметры;

v – вектор вспомогательных сигналов

$$v = (v_1, v_2)^T.$$

Для решения задачи идентификации используется дополнительная векторная переменная

$$s = (s_1, s_2)^T = \omega - \omega_m, \tag{4}$$

и определяется целевая функция

$$Q = \frac{1}{2} s^T s, \tag{5}$$

С учётом (2)-(5) производная целевой функции по времени

$$\dot{Q} = s^T \dot{s} = s^T (A\omega + B\delta - A_m\omega - B_m\delta - v) = s^T [(A - A_m)\omega + (B - B_m)\delta - v]. \tag{6}$$

Дифференцирование (6) по параметрам настраиваемой модели даёт

$$\frac{\partial \dot{Q}}{\partial A_m} = -s\omega^T; \quad \frac{\partial \dot{Q}}{\partial B_m} = -s\delta^T.$$

В результате алгоритм настройки матриц параметров модели может быть записан в виде:

$$\dot{A}_m = \gamma s \omega^T; \quad \dot{B}_m = \gamma s \delta^T; \quad v = v_0 \text{sign}(s),$$

где

$$v_0 > 0; \quad \text{sign}(s) = [\text{sign}(s_1) \quad \text{sign}(s_2)]^T.$$

Алгоритм адаптивной настройки элементов матрицы для рассматриваемой модели получается вида:

$$\begin{aligned} \dot{A}_{m11} &= -\gamma s_1 \omega_1; & \dot{A}_{m12} &= -\gamma s_1 \omega_2; & \dot{A}_{m21} &= -\gamma s_2 \omega_1; & \dot{A}_{m22} &= -\gamma s_2 \omega_2; \\ \dot{B}_{m1} &= -\gamma s_1 \delta_1; & \dot{B}_{m2} &= -\gamma s_2 \delta_1; & v_1 &= v_0 \text{sign}(s_1); & v_2 &= v_0 \text{sign}(s_2). \end{aligned}$$

Как показано в [4, 5], при определённых условиях имеет место, следующее идентификационное свойство настраиваемой модели:

$$A_{mi} \rightarrow A_i; \quad [\text{sign}(s_1) \quad \text{sign}(s_2)]; \quad B_{mi} \rightarrow B_i.$$

На рисунке 1 приведена схема моделирования системы адаптивной идентификации в среде MATLAB Simulink [6].

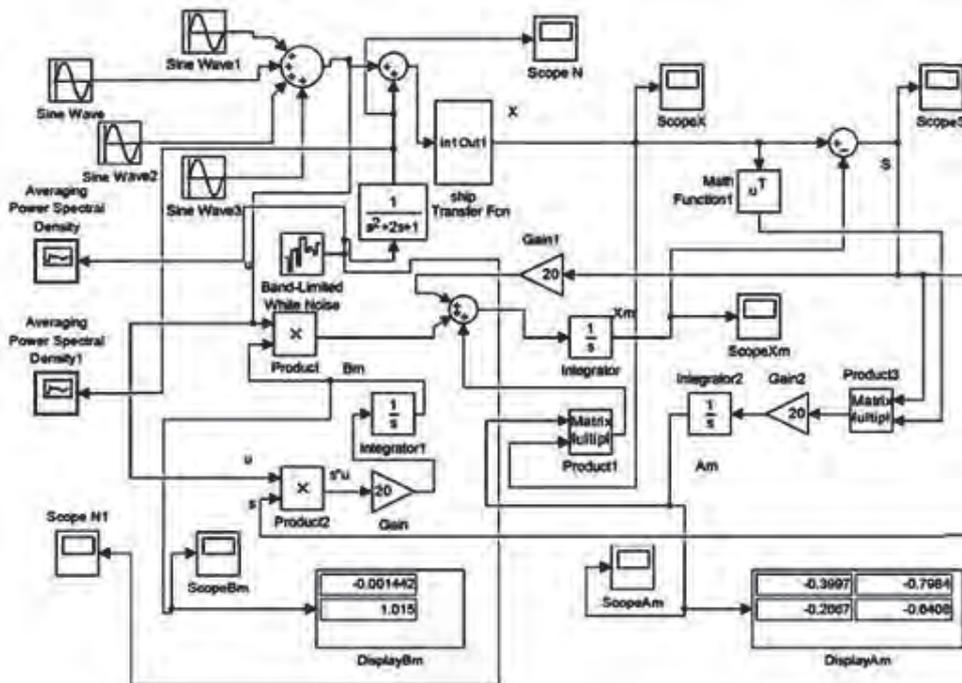


Рисунок 1 – Система адаптивной идентификации параметров

На рисунок 2, 3 показаны результаты моделирования. Как видно из приведённых осциллограмм, компоненты вектора s_1 и s_2 , описывающие отклонение динамики управляемого объекта и настраиваемой модели, стремятся к нулю (рисунок 2).

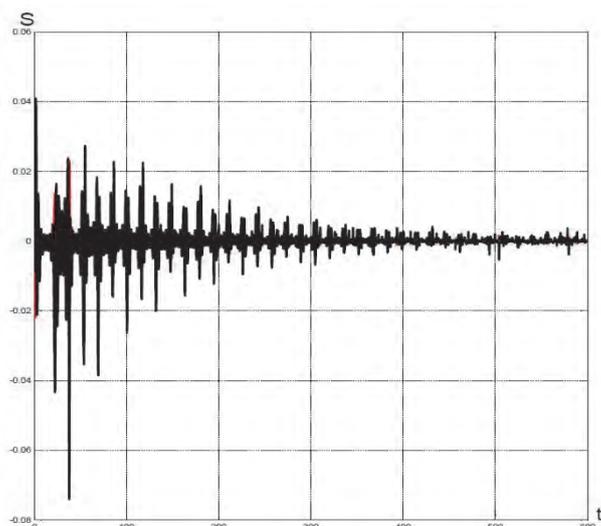


Рисунок 2 – Отклонение сигнала на выходе настраиваемой модели от сигнала на выходе объекта

Результаты моделирования подтвердили, что настраиваемые параметры A_m и B_m (рисунок 2), согласно идентификационному свойству модели, по величине стремятся к соответствующим коэффициентам, заданным для объекта управления:

$$A_{m11} \approx A_{11} = -0,4 ;$$

$$A_{m12} \approx A_{12} = -0,8 ;$$

$$A_{m21} \approx A_{21} = -0,2 ;$$

$$A_{m22} \approx A_{22} = -0,6 ;$$

$$B_{m11} \approx B_{11} = 0 ;$$

$$B_{m12} \approx B_{12} = 1 .$$

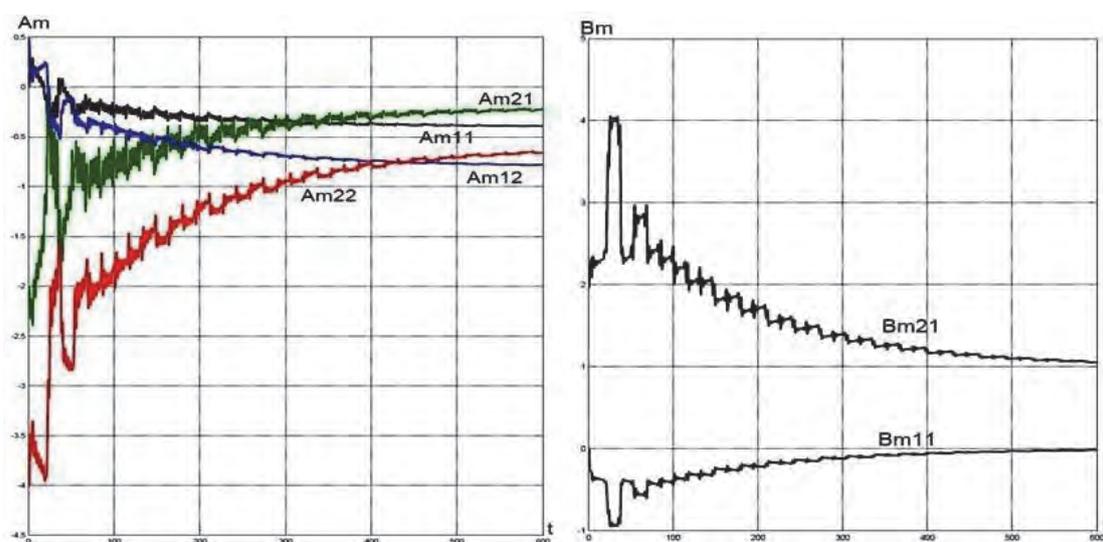


Рисунок 3 – A_m и B_m для линейной модели Номото 2-го порядка

В работе также исследовалось влияние возмущений на точность идентификации. В схеме моделирования был использован генератор внешнего возмущения, характерного для морских объектов и построенного на основе формирующего фильтра, который обеспечивает заданные спектральные характеристики [6, 7].

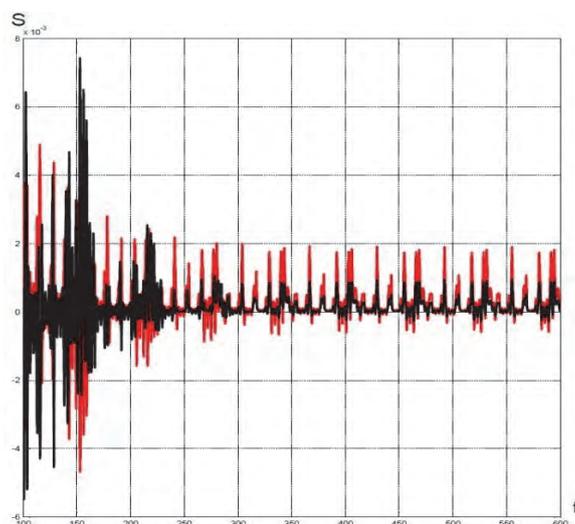


Рисунок 4 – Функции $s_1(t)$ и $s_2(t)$ при наличии внешних возмущений

Результаты моделирования с учётом заданных внешних возмущений показаны на рисунках 4 и 5.

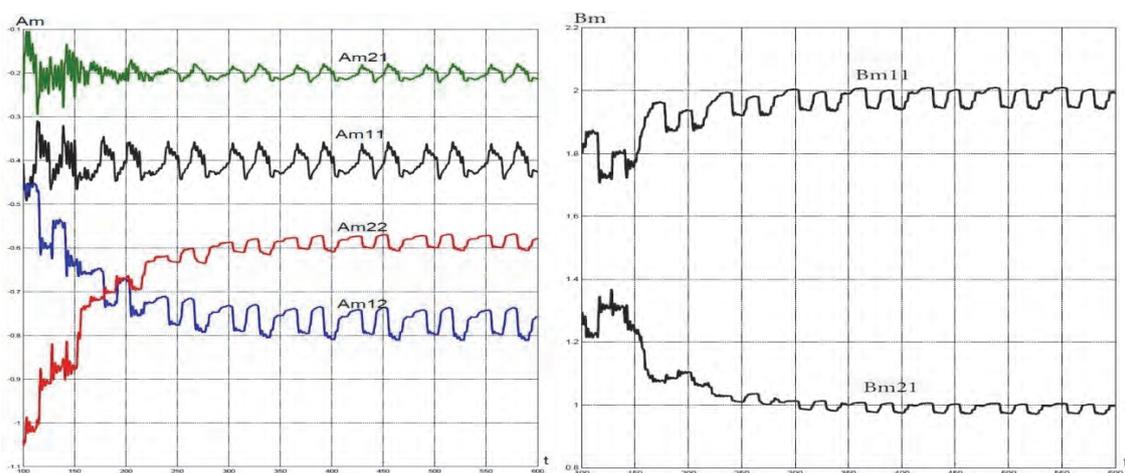


Рисунок 5 – A_m и B_m для линейной модели Номото 2-го порядка под влиянием внешнего возмущения

Построенная схема адаптивной идентификации параметров системы параметрической идентификации выполненная с использованием метода скоростного градиента на основе модели Номото 2-го порядка с учётом и без внешних возмущений подтвердила свою работоспособность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лукомский, Ю. А. Навигация и управление движением судов: учебник /Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов. – Санкт-Петербург: Элмор, 2002. – 360 с.
- 2 Вагущенко, Л. Л. Системы автоматического управления движением судна /Л. Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.
- 3 Amerongen, J. van. Adaptive Steering of Ship: PhD thesis of /J. van Amerongen. – Delft University of Technology, 2005. – 156 p.
- 4 Мирошник, И.В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами /И.В. Мирошник, В.О. Никифоров, А.В. Фрадков. – Санкт-Петербург: Наука, 2000. – 549 с.: ил.
- 5 Фрадков, А.Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры /А.Л. Фрадков. – Санкт-Петербург: Наука, 2003.
- 6 Суевалов, Л.Ф. Справочник по расчётам судовых автоматических систем /Л.Ф. Суевалов. – Ленинград: Судостроение, 1989. – 408 с.: ил.
- 7 Панферов, А.И. Компьютерный анализ и синтез систем ориентации, стабилизации и навигации: учеб. пособие /А. И. Панферов, А. В. Лопарев. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2008. – 81 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление судном, модель Номото 2-го порядка, параметрическая идентификация, метод скоростного градиента

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Осокина Елена Борисовна, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДКРЕПЛЕНИЯ ПО ПАТЕНТУ РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2094296 «СПОСОБ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЕННЫХ СВЯЗЕЙ»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимберекон

DESIGNING OF REINFORCEMENT ACCORDING TO RUSSIAN FEDERATION PATENT ON INVENTION №2094296 «METHOD OF DAMAGED CONNECTIONS REPAIR»

Siberian state university of water transport
P.A. Bimberekov

It was given algorithm for determination of parameters of longitudinal reinforcement of deformed frame girder got bulge of wall, it was made example of computation for side frame of barge-platform design №P-56.

Keywords: bulge of wall, repair by reinforcement

Дан алгоритм определения параметров продольного подкрепления деформированной рамной балки, получившей выпучивание стенки, приведён пример расчёта для рамного шпангоута баржи-площадки проекта №P-56.

Для восстановления работоспособности поврежденных перекрытий [1], рассмотрен способ ремонта, позволяющий снизить металлоемкость, частичное или полное восстановление ходовых качеств судов, путем устранения вмятин наружной обшивки. Кроме того, данный способ позволяет отказаться от слипования или докования судна или проведения вымороочных работ вследствие ухода от сварки стенки балки к обшивке при ремонте подводной части корпуса.

Способ осуществляется следующим образом. В деформированной судовой конструкции (рисунок 1) производят продольный разрез деформированной связи 1 в районе максимума выпучины. Причем для уменьшения деформаций, в случае тепловой резки, процесс ведется двумя резаками от середины балки к краям. После этого производят восстановление геометрических параметров деформированной связи, например, путем термосилового воздействия на отделенные элементы поврежденной связи, которое возможно ведут одновременно в разных плоскостях. После проведения частичного или полного восстановления геометрических параметров отделенных элементов деформированной связи 1 подправляют линию реза и вставляют в него подкрепляющую связь 4, которую жестко соединяют с разрезанными элементами связи 1 и по концам со связями 2. Причем в случае соединения сваркой ближний к присоединенному пояску элемент связи 1 соединяется со стороны, менее выступающей по ширине части подкрепляющей связи (подкрепляющая связь устанавливается так, чтобы ее большая часть по ширине находилась со стороны выпучины). Предлагаемый способ позволит снизить металлоемкость ремонта и позволит частично или полностью восстановить ходовые качества судна, путем восстановления наружных геометрических размеров перекрытий корпуса.

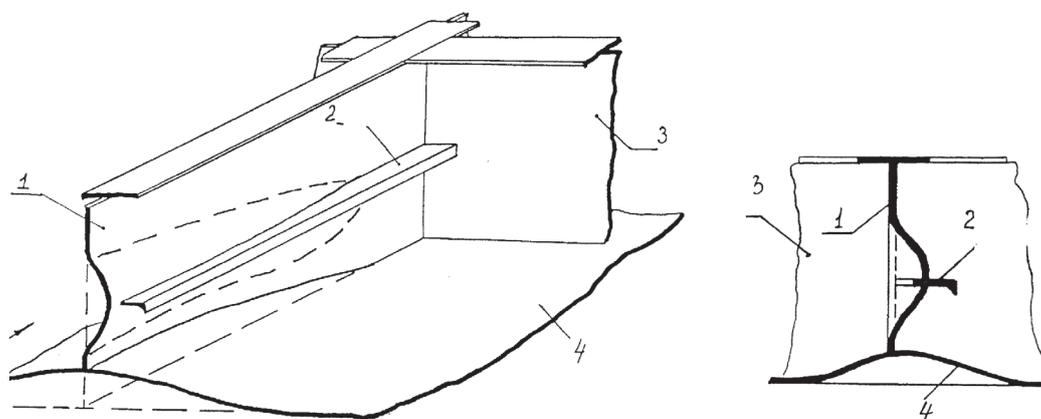


Рисунок 1 – Эскиз подкрепления деформированной связи

Протяженность выпучин часто достигает практически всей длины рамной балки. Выпучиной, для оценки с ошибкой расчёта в безопасную сторону, будем условно считать, частич-

но основываясь на [2], потерю устойчивости стенки балки, превосходящую по своей высоте высоту холостого набора. Измерения показывают, что визуально не фиксируемая деформация по всей высоте балки в действительности имеет место, чему подтверждением является визуально фиксируемая деформация свободного пояса, его кручение. Для определения параметров подкрепления рамной балки с выпученной произведем оценку параметров сечения такой деформированной стенки.

Величина стрелки прогиба выпучивания f_B исходя из допущения деформации стенки по окружности с некоторым радиусом r и распространением выпучивания по высоте балки h_B , высотой выпучивания $h_B - \omega$ (ω - вмятина наружной обшивки в месте крепления стенки балки) выразится зависимостью

$$f_B = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{h_B - \omega}{2}\right)^2}. \quad (1)$$

Тогда для r , имеем

$$r = f_B/2 + \frac{(h_B - \omega)^2}{8f_B}. \quad (2)$$

Будем производить расчет стенки балки как стержня единичной ширины, для этого произведем оценочный расчет кривизны получаемого стержня.

Примем во внимание, что высота рамного набора, как правило, превосходит 40 толщин (t) стенки балки, а высоту холостого набора с ошибкой в безопасную сторону оценим как не более 0,4 от высоты (ℓ) стенки. Тогда возможный размер минимального выпучивания стенки, которое необходимо учитывать при освидетельствовании, относительно толщины стенки определится неравенством

$$h_B \geq 0,4 \cdot 40t = 16t. \quad (3)$$

Предельно допустимая стрелка прогиба выпучины стенки рамной балки, при которой она выходит за норматив по [2], равна

$$f_B = 0,1h. \quad (4)$$

Для определения значения прогиба вмятины в районе деформированной стенки рассмотрим полученное автором выражение для стрелки прогиба выпучивания деформированной стенки рамной балки f_B в зависимости от величины вмятины в месте крепления балки ω [3]

$$\frac{f_B}{h_C} = 13 \frac{1 - \exp(-5,5\omega/h_C)}{40 + (m - 40)/2}. \quad (5)$$

Откуда получаем

$$\frac{\omega}{h_C} = -0,182 \ln \left[1 - \frac{(40 + m)(f_B/h_C)}{26} \right]. \quad (6)$$

Тогда имеем для относительной разности $(h_B - \omega)/h$ выражение

$$\frac{h_B - \omega}{h} = \frac{h_B}{h} + 0,182 \frac{h_C}{h} \cdot \ln \left[1 - \frac{40 + m}{26} \cdot \frac{f_B}{h_C} \right] \approx \frac{h_B}{h} + 0,182 \cdot 1 \cdot \ln \left[1 - \frac{40 + m}{26} \cdot \frac{f_B}{h} \right]. \quad (7)$$

Подставляя в (2) оценочные выражения (3), (4), (7), получаем

$$r \geq 14,6t > 5t. \quad (8)$$

Основываясь на оценке (8) [4] можно вести расчет деформированной стенки рамной балки по зависимостям прямого стержня.

Сделаем посылку, что деформированная балка, с учетом подкрепления, должна выдерживать нагрузку равную той, при которой стенка недеформированной балки теряет устойчивость.

Рассмотрим балку рамного судового набора с деформированной стенкой (рисунок 2)

Для оценки усилия потери устойчивости стенки балки примем допущение, что длина деформируемой пластины равна b_1 – протяженности по длине балки, деформируемой при единичном воздействии. Тогда интересующее нас усилие можно определить по зависимости

$$Q_s = q_s b_k = \frac{D\pi^2 b_k}{h^2} \left(1 + \frac{h^2}{b_1^2} \right)^2 \left/ \left[\frac{b_k}{b_1} + \frac{1}{\pi} \sin \left(\frac{\pi b_k}{b_1} \right) \right] \right., \quad (9)$$

где D – цилиндрическая жесткость пластины

$$D = \frac{Et^2}{12(1-\mu^2)};$$

E – модуль Юнга, для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;

μ – коэффициент Пуассона, $\mu = 0,3$;

h_c – высота стенки балки;

b_k – протяженность контакта балки с нагружающим телом (в нашем случае с привальным брусом).

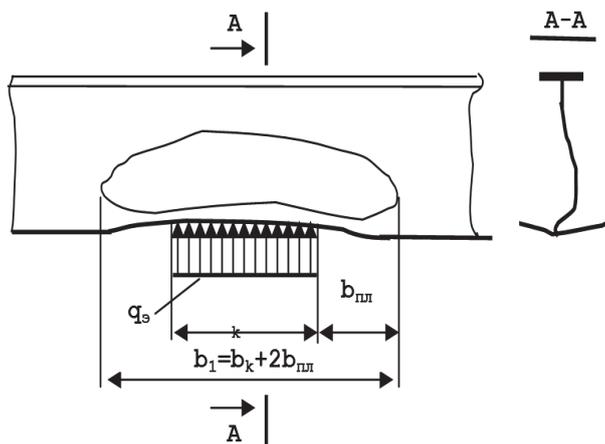


Рисунок 2 – Судовая рамная балка с деформированной стенкой

Для b_1 можно дать следующее выражение

$$b_1 = b_k + 2b_{пл}, \quad (10)$$

где $b_{пл}$ – длина участка плавного перехода выпучивания по длине балки от зоны контакта до неповрежденной части стенки, для нахождения которой можно использовать выражение для длины очага деформации при профилировании гнутых профилей по И.С. Тришевскому

$$b_{пл} = k_2 b_2^{1,4} + b_2 - (k_1 b_{пл}^{1,4} + b_{пл}); \quad (11)$$

$$k_i = (\alpha_i / t)^{2/5}; \quad b_2 = b_{пл} + l.$$

Область применения зависимости (9) ограничивается неравенством [5]

$$0 \leq h/b_1 \leq 1,45. \quad (12)$$

Так как в нашем случае можно считать $\alpha_1 \approx \alpha_2$ и полагая, что

$$b_2 = h_B / 2, \quad b_{пл} \approx 0,2b_2 = 0,1h_B, \quad (13)$$

то из (11) получим

$$b_{пл} = (\alpha/t)^{2/5} (0,339h_B^{1,4} + 0,4h_B). \quad (14)$$

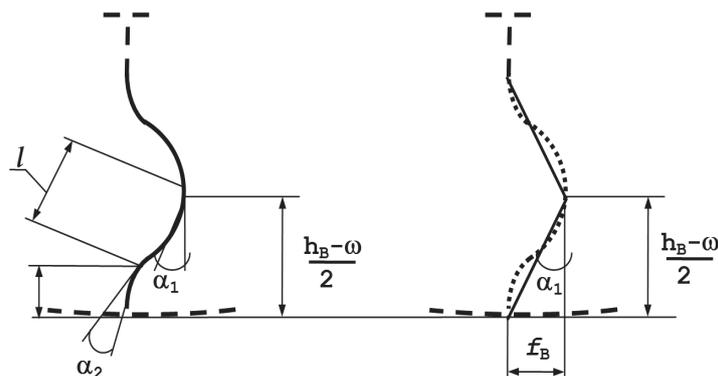


Рисунок 3 – Параметры сечения деформированной балки

Для случая представления выпучины в виде ломанной с максимальным значением в

середине высоты деформированной зоны стенки (что дает ошибку в безопасную сторону) угол α опишется выражением

$$\alpha = \text{arctg}\left[\frac{2f_B}{(h_B - \omega)}\right] = \text{arcsin}(2f_B/h_B). \quad (15)$$

Составим основную систему задачи (рисунок 4), исходя из того, что подкрепление должно обеспечивать жесткую опору в месте установки, хотя бы в поперечном направлении к стенке балки.

Из основной системы имеем следующие граничные условия

$$\sum_{X_H} = 0; \sum_{Z_H} = 0; \sum_{M_{X_2}} = 0; \partial U/\partial X_2 = 0; \partial U/\partial R_{X_2} = 0, \quad (16)$$

где U – потенциальная энергия, накопившаяся во всем стержне, выражаемая уравнением

$$U = \int_s \frac{M^2 ds}{2EI} + \int_s \frac{N^2 ds}{2EF}; \quad (17)$$

M, N – соответственно выражения изгибающих моментов и нормальных сил;

E – модуль Юнга;

I – момент инерции поперечного сечения стержня;

F – площадь поперечного сечения стержня.

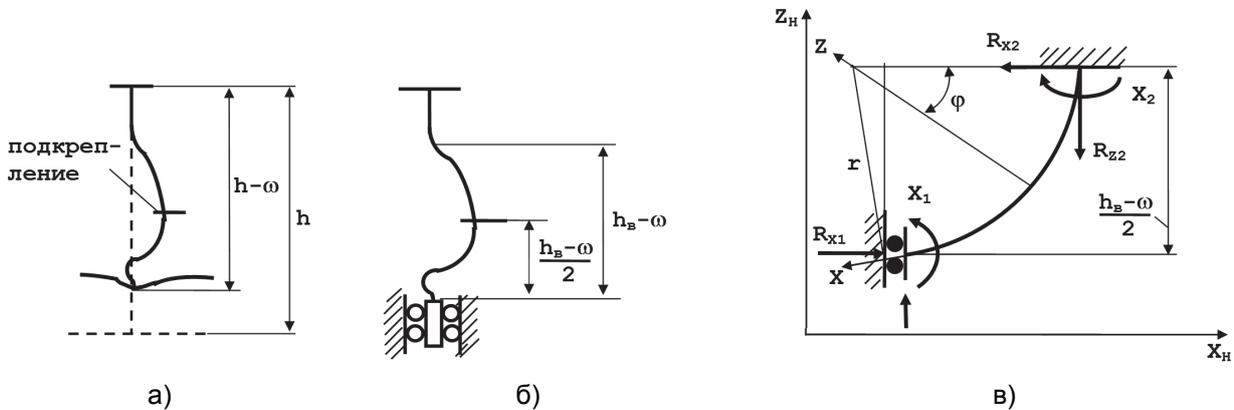


Рисунок 4 – Эскиз подкрепления деформированной судовой рамной балки: а)-эскиз сечения; б)-идеализированное схематичное представление присоединенного пояска обшивки катковой опорой; в)-основная система расчета подкрепления деформированной (с выпучиной) рамной балки

Принимая в рассмотрение элемент балки единичной длины, имеем соответственно для момента инерции и площади поперечного сечения

$$I = 1 \cdot t^3/12; F = 1 \cdot t. \quad (18)$$

Исходя из (16), (17) и (18), выражая R_{X_2} , получаем [6]

$$R_{X_2} = -2Pa/b, \quad (19)$$

где $a = 24r^2[-\cos \varphi_1 \sin \varphi_1 + \sin \varphi_1 - (0,5\varphi_1)(1 - \cos^2 \varphi_1)] + t^2 \varphi_1 (1 - \cos^2 \varphi_1);$

$$b = 24r^2[-2\cos^2 \varphi_1 + 4\cos \varphi_1 - 2 + \varphi_1^2 - 0,5\varphi_1 \sin(2\varphi_1)] + 2t^2 \varphi_1^2 - t^2 \varphi_1 \sin(2\varphi_1).$$

Знак минус в выражении (19) говорит о том, что сила направлена в противоположную сторону относительно первоначально выбранного направления (рисунок 4).

Для φ_1 , имеем формулу

$$\varphi_1 = \text{arcsin}[(h_s - \omega)/2r]. \quad (20)$$

Выражение (19) с учетом (2) и (20) дает возможность получить график зависимости R_{X_2} от величины f .

Если представить величину прогиба выпучивания зависимостью

$$f = C_s h_s, \quad (21)$$

тогда выражения (2) и (20) соответственно преобразуются к следующему виду

$$r = 0,5C_s (h_s - \omega) + (h_s - \omega)^2 / [8C_s (h_s - \omega)] = 0,5(h_s - \omega)(C_s + 0,25/C_s), \quad (22)$$

$$\varphi_1 = \text{arcsin}[C_s / (C_s^2 + 0,25)]. \quad (23)$$

График зависимости (19) при следующих диапазонах параметров $t \in [3;12]$ мм;

$h \in [100; 500]$; $C_e \in [0; 0,2]$ легко аппроксимируется линейной зависимостью

$$R_{X_2} = 2C_e P. \quad (24)$$

Коэффициент C_e не удобен для оценки величины R_{X_2} в связи с тем, что Речным Регистром нормируется величина стрелки прогиба выпучины в зависимости от высоты балки. Рассмотрим равенство

$$f = C_e (h_e - \omega) = C_x h. \quad (25)$$

Откуда, имеем

$$C_e = C_x h / (h_e - \omega). \quad (26)$$

Подставляя выражение для C_e в (24) с учётом выражения (7), получим

$$R_{X_2} = 2 \frac{C_x}{h_e/h - \bar{\omega}} P = 2C_x P / \left[\frac{h_e}{h} + 0,182 \cdot \ln \left(1 - \frac{40 + m f_B}{26 h} \right) \right]. \quad (27)$$

Для случая, когда не учитывается увеличение момента сопротивления подкрепляющего элемента от соединения со стенкой деформированной балки, момент сопротивления подкрепления определится по очевидной зависимости (концы подкрепляющего элемента жестко закреплены)

$$W_{\Pi} = R_{X_2} \ell / 8 \sigma_T, \quad (28)$$

где σ_T – предел текучести материала;

ℓ – длина пролета балки, м.

В случае учета влияния соединения подкрепляющей пластины со стенкой балки можно воспользоваться номограммой работы [7].

Произведем расчет подкрепления рамного шпангоута баржи площадки проекта Р-56, выполненного из стали обычной прочности, сечение: полка 6×100, стенка 5×290, присоединённый поясok обшивки 6×300. Примем величину стрелки прогиба выпучины (кромочной деформации) равной 0,1 высоты стенки и распространением выпучивания по высоте 200 мм (примерно 2/3 высоты стенки балки). Величина визуального фиксируемого распространения выпучивания по высоте стенки принята исходя из анализа повреждения барж проекта Р-56 [3]. Результаты расчёта сведены в таблице.

Таблица – Результаты расчёта

α	b_{Π} , м	D , кН·м	b_k , м	b_1 , м	$Q_3 = P$, кН	R_{X_2} , кН	W_{Π} , см ³
0,301	0,109	2,404	0,200	0,418	153,2	52,8	40,7

Произведём расчёт величин моментов сопротивления полос с присоединённым пояском $b \cdot t = 50 \times 5$ (площадью 2,5 см²) для ряда значений толщин подкрепляющей полосы и разных значениях отношения её ширины к толщине m результаты которого представим на рисунке 5.

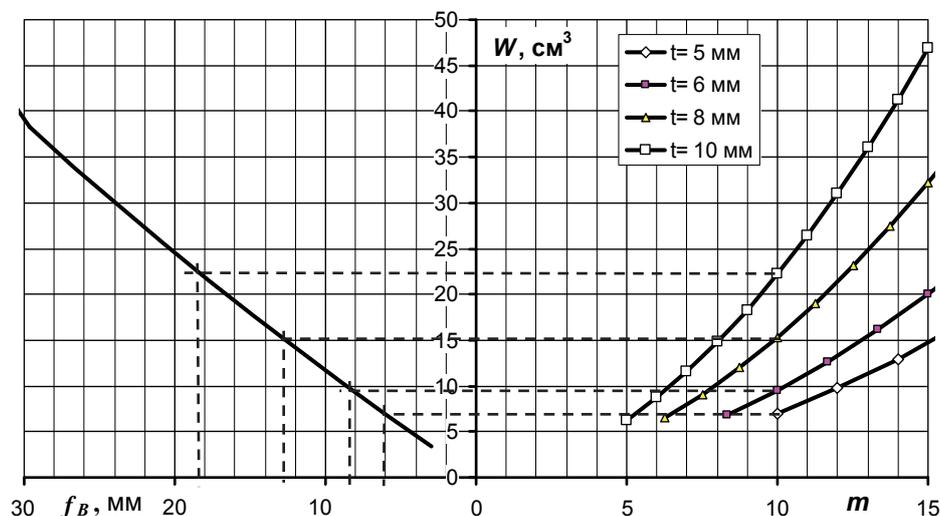


Рисунок 5 – Номограмма для определения параметров подкрепляющей полосы деформированной стенки рамного шпангоута баржи пр. №Р-56

Для подкрепления полосой возьмём в оценку следующие ограничения:

– толщина подкрепляющей полосы из условия свариваемости не должна превышать двух толщин подкрепляемой стенки, то есть 10 мм;

– отношение ширины подкрепляющей полосы к её толщине из условия сохранения плоской формы изгиба не должно быть более 10 (РРР допускает до 12).

Из рисунка 5 видно, что при допустимо наибольшей толщине пластины в 10 мм не удастся обеспечить подкрепление стенки при стрелках выпучивания более 18,5 мм, следовательно, обязательным этапом до подкрепления должна стать правка стенки. При этом имеем примерно следующие значения, до которых нужно выправить стенку при отношении u полосы $m = 10$: для 5 мм – 6 мм, для 6 мм – 8 мм, для 8 мм – 13 мм, для 10 мм – 18 мм.

Из полученных результатов делаем вывод, что для использования рассматриваемого способа при подкреплении полосой для стрелок выпучивания стенок шпангоутов более 19,5 мм требуется предварительно произвести правку стенки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пат. 2094296 Российская Федерация. Способ ремонта поврежденных связей / Бимбереков П.А., Чистов В.Б. – Оpubл. 1997, Бюл.№30.
- 2 Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.1. – М.: Тип. Новости, 2009. – 272 с.
- 3 Бимбереков, П.А. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования и дефектации корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания /П.А. Бимбереков. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. – 420 с.
- 4 Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. - Москва: Наука, 1976. – 608 с.
- 5 Ершов, Н.Ф. Повреждения и эксплуатационная прочность конструкций судов внутреннего плавания / Н.Ф. Ершов, О.И. Свечников. – Ленинград: Судостроение, 1977. – 312 с.
- 6 Бимбереков, П.А. Проектирование продольного подкрепления деформированной рамной балки судового набора / П.А. Бимбереков // Ресурсосберегающие технологии на транспорте: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. - Новосибирск, 2000. - С.88-98.
- 7 Бимбереков, П.А. Анализ и оптимизация размеров профилей и эквивалентного бруса корпуса судна / П.А. Бимбереков. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2004. – 272 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: выпучивание стенки, ремонт подкреплением
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ТЕРМОСИЛОВОЙ ПРАВКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАТЕНТА РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2094296 «СПОСОБ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЕННЫХ СВЯЗЕЙ»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков

DESIGNING OF PROCEDURE OF THERMO-POWER DRESSING DURING IMPLEMENTATION OF RUSSIAN FEDERATION PATENT ON INVENTION №2094296 «METHOD OF DAMAGED CONNECTIONS REPAIR»
 Siberian state university of water transport
 P.A. Bimberekov

It was made estimation of allowable forces on construction and number of heats in addition to repair of side frame of barge-platform design №P-56, it was suggested sequence of actions.

Keywords: thermo-power dressing, repair of damaged frame girders

Произведена оценка допустимых усилий на конструкции и число нагревов в приложении к ремонту рамного шпангоута баржи-площадки проекта №P-56, предложена последовательность действий

Способ ремонта рамных связей с деформированной стенкой [1] предусматривает продольный разрез стенки балки в месте выпучивания, правку разделенных элементов стенки балки и её подкрепление ребром жесткости (рисунок 1). В статье [2] было рассмотрено выбор подкрепления деформированной стенки, в настоящей статье производится определение параметров термосилового воздействия для этого случая.

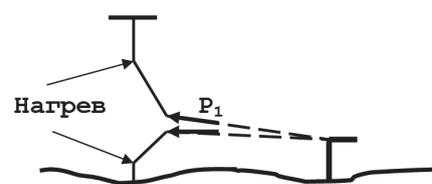


Рисунок 1 – Расчетная схема правки

Определению подлежат следующие факторы:

– усилие и параметры нагрева при правке деформированных участков стенки балки до

вертикального состояния;

– усилие и места нагрева при правке части стенки совместно с присоединенным пояском обшивки;

– допустимое усилие при оперании силового агрегата на часть балки со свободным пояском.

Определим предельно допускаемое усилие при правке деформированных зон стенки.

За предельно допускаемое усилие правки выпучивания рассечённой по длине стенки в зоне выпучивания примем такое, при котором в точке присоединения стенки с пояском возникает пластический шарнир. Расчетная схема приведена на рисунке 2. Данную оценку учитываем для случая недостаточного прогрева (по недосмотру) в плановых местахгиба.

Рассмотрим верхнюю часть балки (см. рисунок 1), как более слабый элемент (из-за большего плеча приложения силы). Примем с ошибкой в безопасную сторону, что в сечении свободного пояса имеем жесткую заделку. Тогда получим следующую основную систему для расчета предельного значения усилия правки P_1

Момент изгибающий у жесткой заделки, $M_{у.ж}$, согласно рисунку 2, будет иметь следующее выражение (примем допущение, что усилие P_1 направлено перпендикулярно плоскости недеформированной стенки)

$$M_{у.ж} = 0,6P_1h. \quad (1)$$

Учитывая, что момент сопротивления балки полоски выражается формулой

$$W_{б.п} = (1 \cdot t^2)/6, \quad (2)$$

получаем для предельно допустимого усилия для балки полоски, исходя из очевидных соображений, следующую зависимость

$$P_{б.п} = \sigma_T t^2 / (0,36h), \quad (3)$$

где σ_T – предел текучести материала рамной балки;

t, h – толщина и высота стенки выправляемой балки.

Для случай рамного шпангоута баржи пр.№Р-56 – стали обычной прочности, $\sigma_T = 235$ МПа, из (3) получаем

$$P_{б.п} = 55,1 \text{ кН/м}, \quad (4)$$

Исходя из (3) можно дать следующую формулу для определения предельного усилия

$$P_1 = P_{б.п} b_n = \sigma_T t^2 b_n / (0,36h), \quad (5)$$

где b_n – протяженность контакта нагружающего органа с балкой.

Так как опорой для силового органа (домкрата) может быть использована ближайшая балка холостого набора, то целесообразно оценить предельное усилие, при котором балка потеряет устойчивость плоской формы изгиба (завалится). Основная система расчета для данного усилия приведена на рисунок 3.

Из рисунка 3 видно, что на стенку профиля действует изгибающий момент в два раза превышающий соответственный на обшивку. Практика проектирования позволяет утверждать, что толщина стенки холостой балки, как правило, не превышает двух толщин обшивки. В связи с этим, можно говорить о том, что опасный изгибающий момент будет приложен к стенке балки в месте крепления её к обшивке. Тогда усилие создающее предельно допустимый изгибающий момент определится выражением аналогичным (5)

$$P_2 = P_{б.п.х} b_{нх} = \sigma_{Тх} t_x^2 b_{нх} / (6h_x). \quad (6)$$

где $P_{б.п.х}$ – значение допустимого усилия для балки полоски по выражению (ПМ1.40), но с параметрами холостой балки;

$\sigma_{Тх}$ – напряжения текучести материала холостой балки, $\sigma_{Тх} = \sigma_T$;

t_x, h_x – соответственно толщина стенки и высота холостой балки судового набора;

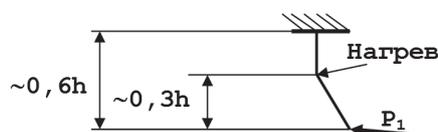


Рисунок 2 – Основная система расчета предельного усилия правки выпучившейся стенки

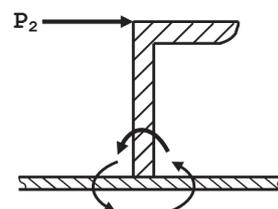


Рисунок 3 – Основная система расчета предельного усилия P

b_{hx} – протяжённость контакта нагружающего органа с холостой балкой.

Приравнявая усилия по выражениям (5) и (6) получаем соотношение

$$\frac{b_H}{b_{hx}} = \frac{\sigma_{Tx} t_x^2 0,6h}{\sigma_T t^2 h_x}. \quad (7)$$

Для рамного шпангоута баржи пр. № Р-56 из (ПМ1.44) имеем (размеры даны в метрах, предел текучести балок одинаковый)

$$\frac{b_H}{b_{hx}} = \frac{0,007^2 0,6 \cdot 0,296}{0,005^2 0,120} = 2,9. \quad (8)$$

Однако, в действительности усилие на холостую балку по выражению (5) не будет предельным, так как часть нагрузки возьмут на себя поперечные сечения холостой балки, находящиеся рядом (по длине балки) с нагружаемым. Возможно исключить из схемы рассмотрения оценку прочности холостой балки согласно рисунку 3, если предусмотреть разнесение нагрузки проставышами на соседние балки набора.

Рассмотрим схему правки части балки, включающую присоединенный пояс обшивки. Потеря устойчивости по длине балки может быть местной, а может быть распространена по всей длине. Причем максимальная стрелка прогиба обшивки, в месте установки балки может находиться в произвольном месте, иметь несколько максимумов рисунок 4.

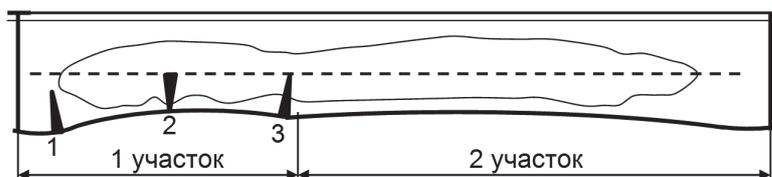


Рисунок 4 – Вариант деформации стенки балки по ее длине

Число максимумов определяет процесс правки разрезной части. В первую очередь производится правка по отдельным участкам, имеющая целью ликвидацию местных максимумов. Далее производится правка всей балки. Порядок правки по участкам, так и вмятины вдоль всей длины балки совпадает. Параметры термосилового воздействия для осуществления правки могут быть определены по методике профессора В.Б. Чистова [3].

Число серий нагревов может быть определено по зависимости

$$n \geq \frac{0,5(\omega/l_{np})(h_n/t)}{(Z_2/Z_1) \left\{ 1 - \frac{\sigma_{on}}{\sigma_T} \exp(\beta) \{ \exp(Z_1) - Z_1 [E_i(Z_1) - E_i(Z_2)] \} \right\}}, \quad (9)$$

где ω – стрелка вмятины в пределах пролета l_{np} , на котором производится правка;

h_n/t – отношение высоты стенки нижней (отрезанной) части балки к её толщине;

$$Z_1 = -(\beta - \ln \sigma_H + \sigma_{on}); \quad Z_2 = -\beta(T_0/T_{пл});$$

T_0 – максимальная температура;

$T_{пл}$ – температура плавления материала;

$$\beta = 6,92; \quad \sigma_{on} = 0,212e^c;$$

c – процентное содержание углерода в стали;

σ_H – начальное напряжение;

$E_i(Z)$ – интегральная показательная функция

$$E_i(Z) = \int_{-\infty}^Z \frac{e^t}{t} dt.$$

Для стрелки прогиба вмятины в месте расположения стенки балки имеем зависимость [2]

$$\omega/h_c = -0,182 \ln [1 - (40 + m)(f_B/h_c)/26]. \quad (10)$$

Для случая отношения стрелки прогиба выпучины стенки балки к её высоте для шпангоута баржи пр. № Р-56 имеем $\omega = 0,074$ м.

Оценку предельного усилия силового воздействия при величинах вмятины не превышающих высоту нижней части разрезанной балки (подавляющее большинство случаев) (см. рисунок 1) можно сделать по хорошо согласующейся с опытом формуле [3]

$$P_3 = 4F_{\perp} \sigma_T \omega / l_{np}, \quad (11)$$

где F_{\perp} – площадь сечения нижней (отрезанной) части балки (с присоединенным пояском обшивки);
 ω – стрелка прогиба выправляемой балки на длине пролёта l_{np} , на котором ведётся правка.

Оценим усилие, которое допустимо приложить к верхней части разделенной балки (включающей свободный поясок), для создания нагрузки, направленной на выправление нижней части балки (включающий присоединенный поясок обшивки). Данное предельное усилие определится по очевидной зависимости

$$P_4 = 4\sigma_T W_T / \ell, \quad (12)$$

где W_T – момент сопротивления верхней части разрезанной балки;
 ℓ – длина балки.

Кроме того, необходимо оценить допустимую нагрузку на свободный поясок обшивки, для недопущения его отрыва от стенки балки и загиба ветвей свободного пояска вверх. На рисунке 5 представлена расчетная схема для оценки указанного усилия.

Допустимое усилие на срез сварочных швов определится по [4], по которому коэффициент прочности при сварке стенок и их полок принимается не менее 0,35 от наиболее тонкого из соединяемых листов (в нашем случае стенки). Тогда имеем значение

$$2P_5 \leq 0,35 \sigma_T t \cdot 1 \cdot b_{н.п} = 0,35 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot b_{н.п} = 411,3 b_{н.п}, \quad (13)$$

где $b_{н.п}$ – протяжённость контакта нагружающего органа с полкой балки.

Предельно допустимое значение нагрузки, не приводящее к пластическому деформированию ветвей свободного пояска определится по очевидной зависимости

$$P_5 = P_{6.п.п} b_{н.п} = \sigma_T t_1^2 b_{н.п} / (b_1 / 2), \quad (14)$$

где $P_{6.п.п}$ – значение допустимого усилия для балки полоски по выражению (3), но с параметрами полки балки;

b_1, t_1 – ширина и толщина свободного пояска рассматриваемой балки

$$P_5 = \frac{235 \cdot 10^6 (6 \cdot 10^{-3})^2 b_{н.п}}{50 \cdot 10^{-3} / 2} = 846 b_{н.п}. \quad (15)$$

Из сопоставления значений по (13) и (15) делаем заключение, что напряжения на срез являются определяющими при выборе усилия правки. Однако очень часто из технологических соображений ведения сварки данные швы выполняются большей прочности, чем минимально допускаемые Российским Речным Регистром и данное усилие должно быть уточнено для каждого конкретного случая. В любом случае апробация позволит уточнить характеристики правки.

Оценка начального напряжения от действия силы определится очевидным выражением

$$\sigma_H = 0,25 \frac{P \ell}{W_{TH}}, \quad (16)$$

где P – принятое усилие правки;

W_{TH} – момент сопротивления поперечного сечения нижней части разрезанной балки с присоединённым пояском обшивки;

ℓ – длина пролёта балки, на котором расположен участок ℓ_{np} , в большинстве случаев можно принимать $\ell = \ell_{np}$.

Произведём расчёт числа нагревов по (9) для правки участка 1 (см. рисунок 4) в таблице.

На основании таблицы можно сделать заключение, что для правки участка 1 достаточно одной серии нагревов в местах, указанных на рисунке 4.

Использование предлагаемого «Способ ремонта поврежденных связей» при наиболее полной реализации позволяет восстановить геометрию наружной обшивки и удовлетворить



Рисунок 5 – Расчетная схема для оценки усилия P_5

требованиям прочности рамных балок. При отказе от восстановления геометрии наружной обшивки данный способ позволяет отказаться от таких подготовительных работ как подъем судна или ведение выморозочных работ. Подготовительные работы даже при усовершенствованных способах, например [5], все равно представляют собой затратные мероприятия. Таким образом, применение данного технического решения позволит как минимум экономить на затратах на указанные подготовительные работы.

Таблица – Расчёт числа нагревов

ω , м	l_{np} , м	t , см	h_n , см	W_T , см ³	t_1 , см	b_1 , см	F_{\perp} , см ²	σ_T , МПа	P_3 , кН	W_{TH} , см ³	ℓ , м	P_4 , кН
0,074	1,45	0,5	10	41	0,6	5,0	23,0	235	110	16,1	2,85	13,5
$b_{н.п}$, м	$2P_5$, кН	$2P_5$, кН	σ_H , МПа	c , %	$\sigma_{оп}$, МПа	Z_1	T_0 , С°	$T_{пл}$, С°	Z_2	$E(Z_1)$	$E(Z_2)$	n
0,020	8,23	8,23*	185	0,2	0,259	-0,35	700	1400	-3,46	-0,801	-0,0073	0,982

*-принятое значение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пат. 2094296 Российская Федерация. Способ ремонта поврежденных связей / Бимбереков П.А., Чистов В.Б. – Оpubл. 1997, Бюл. №30.
- 2 Бимбереков, П.А. Проектирование подкрепления по патенту РФ на изобретение №2094296 «Способ ремонта поврежденных связей» /П.А. Бимбереков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2015. - № 2.
- 3 Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.1. – М.: Тип. Новости, 2009. – 272 с.
- 4 Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. - Москва: Наука, 1976. – 608 с.
- 5 Пат. 2067141 Российская Федерация. Способ выполнения выморозочных работ / Бимбереков П.А. – Оpubл. 1996, Бюл. №27.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *термосиловая правка, ремонт повреждённых рамных балок*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАГРУЗКИ МАСС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

Н.А. Рехалова, В.Л. Этин

FEATURES OF OPTIMIZATION OF COMPONENTS OF MASSES OF THE SHIP AT DESIGNING OR MODERNIZATION OF SHIPS OF INLAND NAVIGATION

Volga state university of water transport
 N.A. Rekhhalova, V.L. Etin

Specifications to mathematical model of optimization of components of masses at designing or modernization in cases of its application for the different types of ships of inland navigation. Results of research of dependences of components of the masses of the ship at the identical level of the cost, from modules for pushers of inland navigation, are presented.

Keywords: ships of inland navigation, load masses, optimization

Представлены уточнения к математической модели для оптимизации составляющих нагрузки масс при проектировании или модернизации в случаях применения ее для разных типов судов внутреннего плавания. Представлены результаты исследования регрессионных зависимостей составляющих нагрузки масс, имеющих различные уровни стоимости, от соответствующих модулей для толкачей внутреннего плавания.

Одним из актуальных направлений в проектировании судов является реализация проектных решений с учетом затрат на поддержание годного технического состояния судна в период его жизненного цикла [1]. В этом случае процесс проектирования судна будет связан с оценкой стоимости постройки судна, которая в свою очередь зависит от оптимального состава нагрузки масс [2].

Оптимизация составляющих нагрузки масс может выполняться как при проектировании, так и при модернизации судна, при этом критерием оптимизации является минимум строительной себестоимости судна. В качестве ограничений применяются требования к величинам масс различных уровней стоимости и уровней качества. Распределение составляющих нагрузки масс по уровням стоимости показано в работе [3]. Уровни качества назначаются с учетом сценария дальнейшего жизненного цикла и рассчитываются по специальной методи-

ке [4]. При определении оптимального сочетания составляющих нагрузки масс необходимо исходить из того, что элементы и характеристики рассматриваемого судна, должны удовлетворять условиям, обеспечивающим его навигационные и эксплуатационные качества.

Оптимизация составляющих нагрузки масс судов внутреннего плавания выполняется линейным программированием, в этом случае целевая функция представлена в линейной форме, а ограничения по величине масс – в виде системы линейных неравенств [2].

Результаты обработки статистических данных по строительной себестоимости одной тонны расчетных единиц разных типов судов внутреннего плавания показали, что при одной и той же формулировке задачи оптимизации составляющих нагрузки масс при проектировании или модернизации судов, в математическую модель целесообразно внести уточнения с целью применения ее для разных типов судов. Уточнения касаются как функции цели, так и ограничений к модели.

Изменения в функции цели в зависимости от типа судна обусловлены, во-первых, разницей в количестве уровней стоимости составляющих нагрузки масс для разных типов судов (например, у грузовых судов – 6 уровней стоимости, у толкачей – 8 уровней стоимости) и, во-вторых, разницей в себестоимости одной тонны составляющих нагрузки масс каждого отдельного уровня стоимости, зависящей от типа судна и состава расчетных единиц в каждом уровне стоимости.

Изменения в ограничениях по величине масс связаны с тем, что расчетные единицы (разделы и группы нагрузки масс) относятся к разным уровням стоимости у разных типов судов.

Одним из ограничений к математической модели является необходимость того, что масса элементов нагрузки масс каждого уровня стоимости не должна выходить за пределы доверительного интервала прогноза среднего или индивидуального значения с вероятностью $(1-\alpha)$. В состав одного уровня стоимости могут входить массы, рассчитываемые с использованием разных модулей (M_s): N , D , $D^{2/3}$, LBH или $LBH^{2/3}$. Массы внутри каждого уровня стоимости объединены в зависимости от модулей пересчета масс и обозначены P_s . Сумма составляющих нагрузки масс j -го уровня стоимости определяется как

$$P_j = \sum (P_s)_j .$$

Таблица – Формулы для определения составляющих нагрузки масс толкачей класса «*О2,0»

Уровень стоимости	Составляющие нагрузки масс, имеющие различные уровни стоимости (P_s)	Расчетная формула
1	Электро- и радиооборудование	$P_{эл.,рад.} = 0,0307D$
2	Главные и вспомогательные двигатели	$P_{ГД,ВД} = 0,028N$
3	Палубные механизмы	$P_{п.м.} = 0,0148LBH$
4	Трубопроводы; оборудование помещений; снабжение	$P_{тр.,об.п.,сн.} = 0,14LBH^{2/3}$
	Вспомогательные механизмы МО, котлы	$P_{в.м.} = 0,03N$
5	Окраска, изоляция и отделка систем	$P_5 = 0,36LBH^{2/3}$
6	Движители и валопроводы; оборудование судовых мастерских	$P_{двиг.} = 0,0091N$
	Судовые устройства; дельные вещи	$P_{СУ,д.в.} = 0,408LBH^{2/3}$
7	Дерево в составе корпуса и надстройки	$P_{дер.} = 0,202D^{2/3}$
8	Металл в составе корпуса и надстройки	$P_{мет.} = 0,1427LBH$

Количество уровней стоимости и относящиеся к ним расчетные единицы у разных типов судов отличаются, поэтому ограничения к величине масс целесообразно разделять по типам и классам судов. Для этого было выполнено исследование регрессионных зависимостей составляющих нагрузки масс, имеющих различные уровни стоимости, от соответствующих модулей для:

– самоходных сухогрузных судов внутреннего плавания класса «*О2,0» грузоподъемностью от 300 до 5300 т с полным водоизмещением от 380 до 6729 т. Результаты исследований были получены ранее и показаны в работах [3, 5].

– толкачей внутреннего плавания класса «*О2,0» с полным водоизмещением от 126,3

до 1119 т, мощностью от 220,8 до 2944 кВт, кубическим модулем LBH от 414,9 до 2924 м³ ($LBH^{2/3}$ от 55,74 до 205,025 м²).

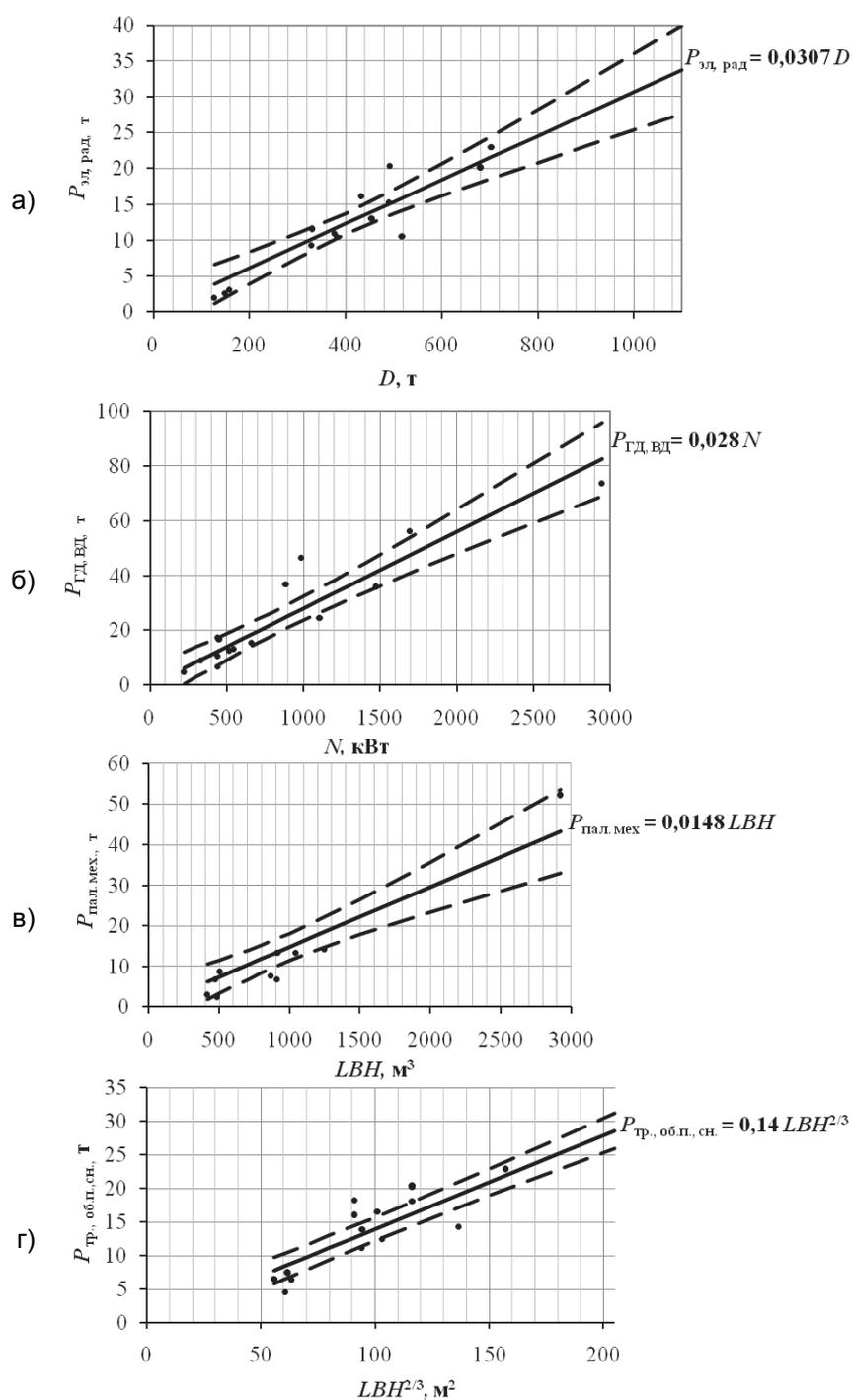


Рисунок – Регрессионные зависимости масс составляющих нагрузки масс толкачей класса «*O2,0», имеющих различные уровни стоимости, от модулей: а)-зависимость массы электро- и радиооборудования от водоизмещения судна; б)-зависимость массы главных и вспомогательных двигателей от мощности судна; в)-зависимость массы палубных механизмов от модуля LBH ; г)-зависимость массы трубопроводов, оборудования помещений и снабжения от модуля $LBH^{2/3}$; сплошная линия-парная линейная регрессионная зависимость массы составляющих нагрузки масс судна от модулей; штрих-пунктирная линия-доверительные границы для среднего значения массы составляющих нагрузки масс судна на уровне значимости 0,05

Уравнения парной линейной регрессии, то есть точечный прогноз зависимой переменной P_s при заданном значении независимой переменной – модуля M_s для толкачей внутреннего плавания класса «*O2,0» приведены в таблице. Исходные данные по массам P_s для анализа регрессионных моделей выбирались по справочным данным и по проектной

документации, всего было обследовано 16 толкачей класса «*O2,0».

Как указано выше, массы отдельных уровней стоимости, используемые в качестве ограничений к модели, должны быть представлены в линейной зависимости от модуля. Наличие линейной зависимости между P_s и модулем M_s установлено по схеме проверки гипотез о статистической значимости коэффициентов регрессии, проведена также оценка значимости регрессионных моделей на основе дисперсионного анализа. Окончательно модуль пересчета масс P_s каждого уровня стоимости выбран на основании проверки общего качества уравнений регрессии, суммарной мерой которого является коэффициент детерминации R^2 .

Определены также доверительные прогнозные интервалы средних и индивидуальных значений составляющих нагрузки масс P_s , имеющих один уровень стоимости, при ожидаемом значении модулей M_s . На рисунке в качестве примера, показаны 95%-ные доверительные прогнозные интервалы средних значений некоторых составляющих нагрузки масс P_s .

Прогнозы значений P_s по полученным уравнениям регрессии применяются для указанных выше диапазонов значений модулей по выборке. Для получения наиболее точного прогноза массы P_s рекомендуется не выходить за пределы 1/3 размаха вариации как минимального, так и максимального значения соответствующего модуля.

Таким образом, показано, что необходимо учитывать различия в математической модели для оптимизации составляющих нагрузки масс при проектировании или модернизации разных типов судов внутреннего плавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Caprace, Jean-David. Least weight and least cost optimisation of a passenger vessel [Electronic resource] / Jean-David Caprace, Frederic Bair, Philippe Rigo / Univ. of Liège // Sci. J. Ser. Math. Modelling in Civil Eng. -2010. -№2. -P. 17-26. -Режим доступа: http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/64865/1/CAPRACE_UTCB_10.pdf.

2 Рехалова, Н.А. Экономико-математическая модель процесса управления строительной стоимостью судов на ранних стадиях проектирования / Н.А. Рехалова, В.П. Лобастов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2010. -№2. -С. 44-46.

3 Рехалова, Н.А. Зависимость строительной стоимости судна от масс элементов разных уровней стоимости / Н.А. Рехалова // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. -Н. Новгород, 2010. -Вып. 28. -С. 79-82.

4 Рехалова, Н.А. Оценка уровней качества элементов судна при одном уровне стоимости / Н.А. Рехалова // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. -Н. Новгород, 2011. -Вып. 29. -С. 142-147.

5 Рехалова, Н.А. Оценка измерителей масс элементов судна, имеющих один уровень стоимости / Н.А. Рехалова, В.Л. Этин // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. -Н. Новгород, 2010. -Вып. 28. -С. 101-104.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: суда внутреннего плавания, нагрузка масс, оптимизация

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Рехалова Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Этин Владимир Львович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТОВ

ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Б.И. Олейников, В.А. Глушец

PROSPECTS USE OF CLOUD TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF TRAINING SPECIALISTS IN MARINE AND RIVER FLEETS

Admiral Makarov state university of maritime and Inland shipping

Siberian state university of water transport

B.I. Oleinikov, V.A. Glushets

One of the problems of training specialists for sea and river transport is the provision of a comprehensive simulator training. The complexity and hence the cost of modern equipment dictates the necessity of finding a way to reduce capital expenditure on their acquisition and modernization. One of the outputs is the use of cloud technology in fitness training.

Keywords: marine transport, river transport, simulator training, cloud computing

Одной из проблем современной подготовки специалистов морского и речного транспорта является обеспечение комплексной тренажерной подготовки. Сложность, а следовательно и стоимость современных тренажеров диктует необходимость поиска способа уменьшения капитальных затрат на

их приобретение и модернизацию. Один из выходов является применение облачных технологий в тренажерной подготовке.

Повышение энерговооруженности, сложности судов и совершенствование их функциональности предъявляют, соответственно, и повышенные требования к подготовке специалистов, обеспечивающих их безопасную и эффективную эксплуатацию. Одним из путей обеспечения безопасной и достаточно эффективной практической подготовки является использование специальных тренажеров, имитирующих технологический процесс в области формирования необходимых умений и навыков будущего специалиста.

Сами тренажеры, с момента своего появления до сегодняшних дней, находятся в состоянии постоянного развития, чему способствуют: рост мастерства преподавателей тренажерных практикумов; Международные и национальные требования к тренингу и сертификации мореплавателей и к оборудованию судов; совершенствование технологий производства тренажеров, требования рынка, совершенствование вычислительной техники.

Высокая сложность, высокая стоимость и, как следствие, малая пропускная способность современных тренажеров, применяемых при обучении специалистов плавсостава морских судов, создает условия, при которых учебные заведения используют эти тренажеры, практически только при обучении старших курсов, то есть уже достаточно подготовленных студентов. Данный факт не позволяет в полной мере реализовать преимущества тренажеров для наиболее эффективного формирования профессионально значимых качеств будущих специалистов и повышения эффективности их подготовки.

Для решения этой проблемы, необходимо изыскивать пути расширения использования тренажеров в учебном процессе, в первую очередь, за счет использования тренажеров на младших курсах и начальных стадиях обучения, а также расширения индивидуальной подготовки, дополнения тренажеров учебными программами и возможностью самостоятельной работы обучающегося с тренажером без прямой помощи инструктора.

Достаточно высокую эффективность при решении указанной проблемы может дать применение облачных технологий.

Облачные технологии или облачные вычисления находят все более широкое применение в различных сферах деятельности. Это объясняется, прежде всего, тем, что пользователю не нужно располагать программным обеспечением, платформами, на которых реализованы продукты, иметь сам продукт (например тренажер), но он получает возможность работать на тренажере через доступ к нему по Интернету посредством Интернет-браузера, который в настоящее время входит в любую операционную систему.

Кроме того, облачные технологии обладают рядом преимуществ, которые повышают эффективность их использования в решении рассматриваемой проблемы:

- малые капиталовложения и короткие сроки для выхода на новые образовательные ресурсы;
- экономия на оборудовании и обслуживании IT-инфраструктуры;
- часть расходов на IT-инфраструктуры переносится с капитальных затрат (CAPEX) на операционные (OPEX);
- возможность географической экспансии путём проведения удалённого обучения;
- оплата только за фактически полученные услуги;
- гибкая конфигурация: (число рабочих станций совпадает с числом обучаемых; роли рабочих мест могут меняться по ходу обучения в зависимости от его целей);
- возможность обмена информацией между учебными заведениями-пользователями (тренажерными центрами) или аренды обучающих программ;
- предоставляет возможность пользователю выбора материалов того тренажерного центра, которые в большей степени соответствуют потребностям пользователя.

Особенно привлекательно использование облачных технологий в образовании с целью реализации дистанционных форм обучения, и они находят все более широкое распространение в зарубежной практике.

Возможные пути использования облачных технологий для повышения эффективности подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов:

- организация предтренажной (или ознакомительной) подготовки;
- индивидуальная работа на тренажерах;
- лабораторные работы и другие виды учебной работы, основанные на доступе к имеющимся тренажерам;

- лабораторные работы, не «привязанные» к тренажерам, по различным дисциплинам;
- организация технической учебы на судах и в судоходных компаниях и т.д.

В случае использования облачных технологий появляется также возможность проводить занятия на младших курсах на примерах реального судового оборудования, схем судовых систем, поскольку пропускная способность тренажера равна количеству рабочих мест, подключенных к сети Интернет и ограничивается лишь финансовыми возможностями учебного заведения или стоимостью образовательной программы.

Кроме того, облачные технологии позволят широко использовать тренажеры для организации обучения на судах и предприятиях, что обусловлено простотой доступа к тренажеру.

Для реализации облачных технологий при организации подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов необходим комплекс мероприятий, в реализации которых должны участвовать учебные заведения, подразделения предприятий водного транспорта, а также организации-создатели тренажеров.

Роль учебных заведений, учебно-тренажерных центров, подразделений предприятий водного транспорта состоит в том, чтобы подготовить контент для создания базы данных (БД), пакетов обучения с учебно-методическими материалами (УММ).

В настоящее время к разработке контента привлечены ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова и Сибирский государственный университет водного транспорта, проявляет интерес Севастопольский государственный университет.

В качестве организации-разработчика «облачных» тренажеров и, самое важное, в качестве инициатора разработки такого эффективного подхода к обучению, выступает компания Транзас, тренажеры которой наиболее широко представлены в отрасли морского транспорта.

Роль компании Транзас в этом случае сводится к необходимости выполнения таких мероприятий:

- выполнение функций интегратора, объединяющего усилия заинтересованных в использовании облачных технологий;
- предоставление пользователям доступа к тренажерам;
- предоставление пользователям инструмента, с помощью которого создаются УММ, поддерживается процесс их внедрения в образовательный процесс;
- предоставление пользователям электронной системы управления обучением;
- администрирование системы, в том числе и установка обновлений;
- создание БД УММ для каждого учебного заведения (или единой БД) на основе разработанных учебными заведениями материалов;
- разработка интерфейсов доступа пользователей к БД в облаке;
- запуск продукта в облаке, доступ к которому осуществляется через Интернет.

Уже сегодня компания Транзас готова предоставить в облаке доступ к продуктам: ECDIS, ARPA/Radar, GMDSS, Engine Room and Cargo Handling components, и к «несимуляторным» продуктам. Доступ к продуктам в облаке может быть обеспечен по требованию пользователя со следующих устройств: персонального компьютера, iPad, планшета на базе Android.

При этом экран должен быть не менее 9" и иметь разрешение 1280×720 или более высокое. Работа в облаке возможна при подключении к Интернету со скоростью не ниже 1 Мбит и скоростью загрузки не ниже 200 Кбит.

Работа с продуктами может проходить как индивидуально, так и в обычном учебном классе – должен быть доступ в Интернет.

Разработанная в компании электронная система управления обучением (Learning Management System – LMS) позволяет в режиме онлайн создавать упражнения, осуществлять регистрацию обучаемых, вести журнал, формировать отчеты, сохранять архивы и т.п.

Важнейшей составной частью этой системы является электронный наставник (e-Tutor) – система управления обучением на тренажере и автоматизированной оценки компетентности. Продукт e-Tutor предназначен для создания и проведения автоматизированных комплексных обучающих и тестовых тренажерных упражнений, при этом роль инструктора сводится к разработке и сопровождению упражнения, а транслятором знаний является сам продукт.

Этот продукт повышает эффективность использования тренажера за счет автоматизации работы преподавателя:

- сокращает время, необходимое для создания и контроля сложного сценария, и количества ручных операций в ходе его выполнения;
- наглядно демонстрирует ход и предварительные результаты выполнения упражнения одним или несколькими обучаемыми;
- предоставляет возможность использования тренажера в режиме самостоятельного обучения с автоматизированной подсказкой преподавателя.

Преподавателю этот инструмент предоставляет набор возможностей, существенно облегчающих работу по подготовке упражнений, а также значительно повышающий насыщенность и разнообразие упражнений за счет создания специальных сценарных событий и критериев. А для обучаемого представляет сценарий упражнения с возможностью получения в специальном окне подсказки и оценку своих действий в ходе выполнения упражнения вне зависимости от доступности услуг преподавателя. Вся эта информация заранее готовится преподавателем и отображается в наглядном виде с предоставлением времени (паузы), достаточного для детального ознакомления с ее содержанием.

Таким образом, использование облачных технологий при организации тренажерной подготовки дает возможность улучшить как качество, так и эффективность образовательного процесса специалистов плавсостава морских судов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *морской транспорт, речной транспорт, тренажерная подготовка, облачные технологии*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Олейников Борис Иванович, канд. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «ГУМРФ им. адм.*

С.О. Макарова»

Глушец Виталий Алексеевич, канд. техн. наук, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, ФБОУ ВПО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова»
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СПУТНИКОВ СРНС НАВСТАР GPS НА РАБОТУ ТРЁХАНТЕННОГО СПУТНИКОВОГО КОМПАСА

НОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»

Ю.А. Комаровский

AN ADVERSE IMPACT OF SOME POSITIONS OF THE NAVSTAR GPS SATELLITES ON ACCURACY OF THREE ANTENNAS GPS-COMPASS

Far-Eastern institute of communications

Yu.A. Komarovskiy

When sailing a vessel near the tall banks or tall buildings, one loses tracking of signals from low-horizon satellites. Thus, in these conditions, one expects deterioration in the accuracy of determining the course with a three antennas GPS-compass. To test this hypothesis, we conducted an experiment with a GPS-compass JLR-20 on the moored vessel. After processing experimental data we proved that under the unfavorable positions of the satellites relative to the antenna system of the compass the absolute value of the course deviation reaches 1,99 degrees. A method for improving the accuracy of a tri-antennae GPS-compass JLR-20 has been offered.

Keywords: GPS-compass, error of heading, compass correction

При плавании судна вблизи высокого берега или высокого сооружения происходит потеря сопровождения сигналов спутников, находящихся у горизонта. Поэтому в таких условиях ожидается ухудшение точности определения курса трёхантенным GPS-компасом. Чтобы проверить такое предположение, был предпринят эксперимент с GPS-компасом JLR 20 на ошвартованном судне. После обработки экспериментальных данных оказалось, что при неблагоприятном расположении спутников относительно антенной системы компаса модуль отклонения курса достигает 1,99 градусов. Предложен способ повышения точности спутникового трёхантенного компаса JLR-20.

Послевоенное освоение Арктики сопровождалось осознанием необходимости разработки нового типа курсоуказателя, который по своим технико-эксплуатационным характеристикам превосходил бы существовавшие в то время судовые магнитные компасы и гирокомпасы. У традиционных магнитных компасов и гирокомпасов в высоких широтах значительно уменьшается модуль направляющих моментов. Из-за этого ухудшается их чувствительность, что приводит к увеличению дисперсии и размаха варьирования величин определяемых курсов. Для повышения точности отсчётов в высоких широтах гирокомпасы переводят в режим гироазимута. Но продолжительность этого режима довольно коротка, из-за чего эксплуатация гироазимута требует частой коррекции. Магнитные компасы зачастую теряют точность не только в Арктике. Магнитное поле Земли характеризуется крайней изменчиво-

стью в пространстве и во времени. Имеют место аномалии, а также присутствуют вековые, годовые и суточные изменения параметров поля [1]. Кроме того, наблюдаются внезапные флуктуации магнитного склонения, достигающие порой до 6° , во время геомагнитных возмущений. Происходят локальные изменения магнитного поля в районах с активной сейсмической деятельностью [2]. Нельзя забывать о неустраняемых полностью погрешностях магнитного компаса, вызываемых переменной намагниченностью ферромагнитного корпуса судна.

По этим причинам проводились исследования по созданию курсоуказателей, работа которых основывалась на измерении параметров искусственных и естественных электромагнитных полей. В основу их функционирования закладывался следующий алгоритм. Пусть известен истинный пеленг (ИП) на источник электромагнитного излучения и его курсовой угол (КУ). Тогда истинный курс (ИК) будет равен разности ИП и КУ, $ИК = ИП - КУ$. Когда судно или самолёт движется в направлении на источник, то $ИК = ИП$, так как КУ в таком случае равен 0. В отечественной авиации автоматический радиопеленгатор, чаще всего используемый для управления полётом самолёта в направлении на приводной радиомаяк по минимуму радиокурсового угла, получил не совсем корректное название автоматического радиоконспекта [3]. В своё время предлагался даже солнечный компас, в котором использовался поляризованный свет, идущий от Солнца [4].

Разработчикам новых курсоуказателей было понятно, что для получения ИП необходимо иметь точные текущие координаты судна (самолёта) и координаты источника электромагнитного излучения. Поэтому дальнейшие усилия по созданию судовых радиокурсоуказателей сосредотачивались на конструировании автоматических радиопеленгаторов, принимающих сигналы от радиомаяков, работающих в группе. По измеряемым радиокурсовым углам такие устройства сначала должны были получать обсервованные координаты судна (самолёта). По ним и по координатам радиомаяков предполагалось вычисление истинных пеленгов на радиомаяки, что затем в ходе усреднения должно было привести к получению ИК. Несмотря на простоту рассматриваемого алгоритма, технически он был трудно осуществим на элементной базе того времени. Этот алгоритм требовал приёма сигналов как минимум трёх радиомаяков, так как обсервованное место могло определяться по смежным горизонтальным углам. Поэтому такого рода курсоуказатель мог иметь локальное применение. В начале 50-х годов в практике судовождения стали доминировать радиолокационные технологии, которые заметно повысили безопасность судоходства, из-за чего надолго угас интерес к разработкам радиокурсоуказателей.

К ним вновь вернулся в 1968 году после того, как в США приступили к развёртыванию первой в мире глобальной наземной радионавигационной системы (РНС) Омега. В 1971 году уже действовали все её 8 передатчика, которые транслировали сигналы в диапазоне сверхдлинных радиоволн (СДВ). В новом радиоконспекте передатчики Омеги рассматривались как радиомаяки с известными координатами. По измеряемым отсчётам радиокурсовых углов определялись обсервованные координаты судна, а с их помощью вычислялись ИП на передатчики. Так как передатчики РНС Омега работали практически непрерывно, то ИК судна вычислялся в масштабе реального времени [5, 6]. Радиоконспект РНС Омега к производству не был принят по двум причинам. Первая из них заключалась в низкой точности измерения радиокурсовых углов в диапазоне СДВ [6]. Вторая причина была связана с развёртыванием СРНС Навстар GPS, которая предоставляла большое количество одновременно радиовидимых спутников и высокую точность измерения их КУ судовыми GPS-антеннами с малым расстоянием разнесения (базы). В настоящее время на суда поступают так называемые GPS-компасы с двумя и с тремя антеннами. Как показали предыдущие экспериментальные исследования, трёхантенные спутниковые компасы обладают более высокой точностью измерения курса судна по сравнению с двухантенными [7-10].

Трёхантенные компасы намного перспективнее с точки зрения их многофункциональности, так как способны определять не только курс судна и скорость его изменения, но и углы крена, дифферента и скорости их изменения, путевой угол, модуль абсолютной скорости судна, а также широту, долготу и возвышение над геоидом и референц-эллипсоидами. Тем не менее, эффективное применение таких компасов на судах невозможно без всестороннего изучения их эксплуатационных характеристик. К ним относятся не только характеристики точности, но и показатели быстродействия, чувствительности, надёжности, эргономичности. Важной характеристикой таких курсоуказателей, получивших устойчивое название спутниковых компасов, выступает их приспособленность к гибкому комплексованию с современными компьютеризированными навигационными приборами.

В наши дни GPS-компасы рассматриваются в качестве альтернативы традиционным компасам. В зависимости от того, насколько широко будут проведены экспериментальные исследования точности определения курса существующими GPS-компасами, будут зависеть сроки окончательного признания их основными судовыми курсоуказателями. В работе [9] была показана зависимость точности определения курса двухантенным GPS-компасом JLR-10 от расположения спутников относительно неподвижного судна. Так как трёхантенные GPS-компасы имеют три измерительные базы, то считается, что их точность будет заведомо выше двухантенных, и она будет слабо зависеть от числа и расположения спутников. В работе [7] это предположение было взято под сомнение. Поэтому было принято решение о продолжении экспериментальных наблюдений за работой трёхантенного GPS-компаса JLR-20. При этом необходимо было также проводить наблюдения в штилевую погоду на ошвартованном судне большего водоизмещения, нежели пассажирский теплоход «Владимир Родик», на котором выполнялся эксперимент, описанный в статье [7]. Соблюдение этих условий было обязательным, чтобы снизить влияние рыскания судна на показания GPS-компаса JLR-20. Следовало проводить эксперимент в том же месте бухты Золотой Рог, но при менее благоприятном расположении спутников СРНС Навстар GPS относительно судна. Цель нового эксперимента заключалась в подтверждении факта ухудшения точности курсоуказания GPS-компасом JLR-20 при таких условиях.

Выбор места проведения экспериментальных наблюдений пал на грузопассажирский паром «Бригадир Ришко», который в течение длительного периода времени был выведен из эксплуатации и стоял ошвартованным левым бортом к пассажирскому пирсу Чуркинской переправы в непосредственной близости от южного устоя моста через бухту Золотой Рог. Для наблюдений следовало определить такие интервалы времени в сутках, когда спутники располагались относительно парома неблагоприятным образом. Расчёты велись с помощью пакета программ «Augur». Ближе к полудню 3 июля 2014 года такой интервал времени совпал с почти штилевой погодой во Владивостоке. Наблюдения проводились в течение часа с 12 часов 16 минут Владивостокского времени (01:16 UTC). Стоял туман. Действовал непостоянный прижимной ветер со скоростью не более 1,5 м/с. Покачивание парома не ощущалось. Иногда наблюдались едва заметные крены от волн проходящих мимо судов.

Координаты видимых спутников СРНС Навстар GPS относительно парома на момент времени 1:20 UTC представлены в таблице 1.

Графическое представление о расположении спутников на начало наблюдений можно получить из рисунка 1, на котором паром располагается в центре окружностей.

На рисунке 1 видно, что во время эксперимента сигналы спутников PRN20, PRN23 и PRN16 не могли приниматься из-за рельефа берега. Приёму сигналов спутника PRN29 мешали конструкции моста через бухту Золотой Рог. По этим причинам ожидалась низкая точность определения курса по сравнению с экспериментами, описанными в работах [7, 10].

Для автоматической регистрации результатов наблюдений использовать ноутбук было невозможно. Поэтому текущие показания компаса GPS-компаса JLR-20 записывались с помощью цифровой видеокамеры. Затем показания визуально считывались на моменты обновления каждой секунды времени, заносились в бумажные протоколы и вручную оцифровывались.

Таблица 1 – Координаты спутников СРНС Навстар GPS в 1:20 UTC 3 июля 2014 года

Номер спутника	Азимут	Высота
14	158,9°	33,9°
16	237,2°	23,5°
20	292,7°	13,3°
23	318,9°	10,3°
25	53,6°	27,3°
29	84,9°	46,2°
31	1,8°	74,8°
32	253,9°	22,1°

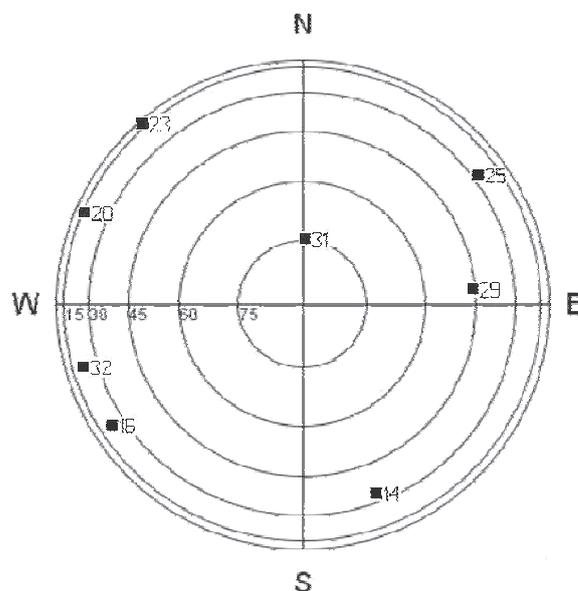


Рисунок 1 – Геометрия расположения спутников относительно парома

вывались. Текущий курс судна отображался на экране индикатора компаса с разрядностью 0,1 градуса. График изменения курса в ходе наблюдений можно видеть на рисунке 2.

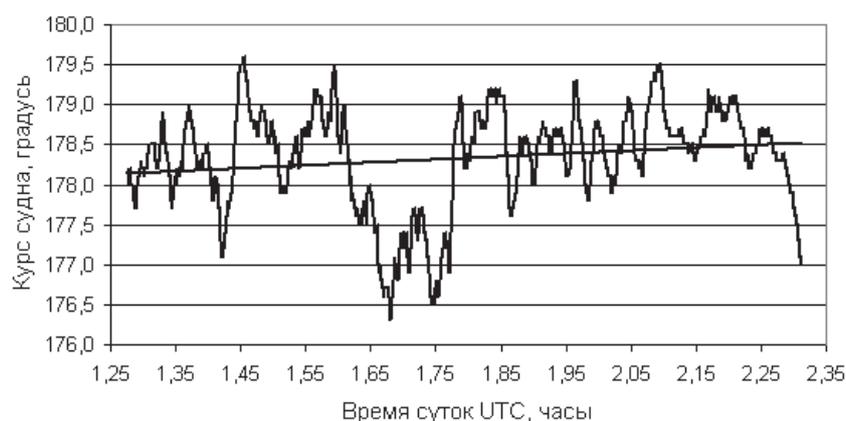


Рисунок 2 – Изменение курса неподвижного паромы 3 июля 2014 года

Затем были рассчитаны стандартными способами среднее значение курса, среднее квадратическое отклонение (СКО), размах варьирования, асимметрия и эксцесс. Результаты вычислений этих параметров сведены в таблицу 2.

Если сравнить величины параметров таблицы 2 с аналогичными величинами из [7], то можно установить следующие факты. Среднее значение курса в наблюдениях 3 июля 2014 года на неподвижном пароме «Бригадир Ришко» на $1,6^\circ$ меньше. Величина среднего квадратического отклонения в наблюдениях 3 июля больше, что является признаком более низкой точности определения курса. Значительным оказался размах варьирования. По величинам асимметрии и эксцесса можно предположить присутствие унимодального близкого к симметричному эмпирического закона распределения курса паромы.

Применение регрессионного анализа позволило обнаружить присутствие почти линейного тренда возрастания средней величины курса. Тренд изображён в виде прямой линии на рисунке 2. За время наблюдения среднее значение курса увеличилось на $0,3^\circ$. Помимо монотонного возрастающей средней величины курса на рисунке 2 видны её колебания. Можно видеть низкочастотную составляющую колебаний с максимальным отклонением в $3,2^\circ$ за 30 минут и высокочастотную составляющую со средним периодом в 2,7 минуты и со средним модулем отклонения от тренда $0,47^\circ$.

Экстремальные отклонения величин курса совпадали с изменениями обсервованных координат. Так как паром был неподвижен, то синхронность этих явлений позволяет выдвинуть предположение о том, что большие амплитуды отклонений курса вызваны переключением приёмников компаса на сигналы другого рабочего созвездия ИСЗ. В связи с этим обстоятельством возникает сомнение в эффективности работы в GPS-компасе JLR-20 алгоритма отбора спутников для режима курсоуказания. Скорее всего, для определения курса судна отбираются те же спутники, чьи сигналы используются для определения координат.

Во время экспериментальных наблюдений паром «Бригадир Ришко» стоял на туго обтянутых швартовых. Поэтому обнаруженный период высокочастотных отклонений курса не мог быть вызван рысканием судна на швартовых. Средний период высокочастотных колебаний курса 2,7 минуты совпадает со средним периодом мерцания ионосферы в средних широтах. Отсюда можно сделать заключение о влиянии медленно протекающих процессов в ионосфере на динамику систематической погрешности курса (тренда), а мерцание ионосферы – на высокочастотные случайные погрешности. Подобные явления имели место и в исходных данных работы [7].

Подводя итог, необходимо сделать следующие заключения.

Можно повысить точность работы трёхантенных GPS-компасов, устраняя медленно из-

Таблица 2 – Параметры распределения курса неподвижного паромы

Параметр	Величина
Среднее, градусы	178,33
СКО, градусы	0,634
Асимметрия	- 0,83
Эксцесс	0,45
Максимальное значение, градусы	179,6
Минимальное значение, градусы	176,3
Размах варьирования, градусы	3,3
Объём выборки	3736

меняющуюся систематическую погрешность.

При плавании судна вблизи объектов, создающих препятствие приёму сигналов спутников, следует ожидать ухудшение точности определения курса до $\pm 2^\circ$.

Для получения однозначного вывода о влиянии числа и расположения спутников на точность определения курса трёхантенным GPS-компасом необходимы продолжительные наблюдения на абсолютно неподвижном основании на местности без препятствий сигналам спутников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бурлацкая, С.П. Быстрые 360-, 600-летние колебания геомагнитного роля / С.П. Бурлацкая, С.Ф. Бурлацкий, А.Ф. Бурлацкий // -Физика Земли. -2004, -№1. -С. 23-36.
- 2 Гульельми, А.В. О магнитных возмущениях перед сильными землетрясениями / А.В. Гульельми, О.Д. Зотов // -Физика Земли. -2012. -№2. -С. 84-87.
- 3 Белавин, О.В. Основы радионавигации. -М.: Советское радио, 1967. -471 с.
- 4 Alton B. Moody. The Pfund Sky Compass. NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation (USA), Vol. 2. No. 7, 1950, pp. 234-239.
- 5 Petrov D., Lamontange J., Laganiere J.A Feasibility Study of a VLF Radio Compass for Arctic Navigation. NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation (USA), Vol. 31. No. 4, Winter 1984-85, pp. 338-358.
- 6 Birch I.D., Kemp J.F. Omega Compass Application. NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation (USA), Vol. 37. No. 2, Summer 1990, pp. 197-204.
- 7 Комаровский, Ю.А. Случайные погрешности трёхантенного GPS-компаса JLR-20 на ошвартованном малотоннажном судне / Ю.А. Комаровский // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№4. -С. 112-115.
- 8 Комаровский, Ю.А. Повторяемость погрешностей курса спутникового компаса JLR 10T / Ю.А. Комаровский // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№2. -С. 144-148.
- 9 Комаровский, Ю.А. Влияние расположения спутников на точность работы GPS-компаса JLR-10T // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Пленарные доклады восьмой междунар. науч.-практич. конф. (FEBRAT-09). 30 сентября -2 октября 2009 г. -Владивосток: ДВО Российской Академии транспорта, 2009. -С. 103-105.
- 10 Комаровский, Ю.А. Сравнительная оценка случайных погрешностей GPS-компасов // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Вып. IV-(4) / 2010. Сер. Науки о природе и технике. -Комсомольск-на-Амуре, 2010. -С. 26-33.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: GPS-компас, погрешность курса, поправка компаса
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НОУ ВПО «ДВИК»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690013, г.Владивосток, ул.Каплунова, 7, НОУ ВПО «ДВИК»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧИСЛА ВИДИМЫХ СПУТНИКОВ НА ТОЧНОСТЬ СУДОВОГО DGPS-ПРИЁМНИКА

НОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»
ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления»
Дальневосточного отделения РАН

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

ESTIMATION OF A DEGREE OF INFLUENCE OF THE NUMBER OF VISIBLE SATELLITES ON THE ACCURACY OF A SHIP DGPS RECEIVER

Far-Eastern institute of communications
Institute of automation and control processes
V.A. Katz, Yu.A. Komarovskiy

During the processing of the experimental data recorded at a distance of 2,5 miles from a DGPS station we discovered dependences of systematic and random errors of latitude and longitude on the number of satellites whose received signals are used to obtain the coordinates. We developed empirical models of such dependencies. These models can be used to improve the accuracy of determining the coordinates within areas covered by DGPS stations.

Keywords: differential GPS, position fixing, fixed error, random error

В ходе обработки экспериментальных данных, зафиксированных на расстоянии 2,5 мили от станции DGPS, обнаружены зависимости величин систематических и случайных погрешностей широт и долгот от количества спутников, сигналы которых принимались для получения координат. Получены эмпирические модели зависимостей, с помощью которых можно повысить точность определения координат в зонах действия станций DGPS.

Дифференциальные подсистемы спутниковой радионавигационной системы Навстар GPS (DGPS) создавались и внедрялись в практику судовождения с тем, чтобы устранить отрицательное влияние режима избирательной доступности. С 1-го мая 2000 года этот режим был отключён. Более того, правительство США обязалось больше не вводить режим избирательной доступности. Поэтому в наши дни эффективность использования DGPS в качестве радионавигационного средства повышения точности определения скорости и координат

судна несколько снизилось. Тем не менее, проблема оперативной оценки точности определения места судна (ОМС) с помощью DGPS окончательно не решена.

Применение горизонтального геометрического фактора (ГГФ) в качестве косвенной оценки точности ОМС затруднено по нескольким причинам. Во-первых, существуют несколько алгоритмов расчёта ГГФ, из-за чего установленные рядом приёмники разного типа могут одновременно отображать неодинаковые его величины. Во-вторых, DGPS-приёмники, изготовленные разными компаниями, вычисляют ГГФ с различной точностью. В-третьих, в последние годы из-за увеличения числа одновременно радиовидимых спутников и при плавании вблизи дифференциальных станций ГГФ теряет необходимую чувствительность. Поэтому есть смысл проанализировать применение в качестве косвенного критерия точности ОМС количество спутников, отбираемых в данный момент времени GPS-приёмником для обсервации. Совокупность таких спутников принято называть рабочим созвездием, а их количество – объёмом рабочего созвездия. Объём рабочего созвездия каждый GPS-приёмник каждую секунду отображает на экране индикатора и выводит через порт ввода/вывода на внешние цифровые устройства.

Предполагалось, что увеличение регистрируемого объёма рабочего созвездия приведёт к уменьшению средних квадратических отклонений (СКО) обсервованных координат. Цель данной статьи заключается в проверке этого предположения, а также в проверке отсутствия зависимости систематических погрешностей координат от объёма рабочего созвездия при плавании вблизи станции DGPS.

Проверка проводилась на основе статистической обработки данных, полученных Ю.А. Комаровским во время экспериментальных наблюдений за работой судового DGPS-приёмника GP-37 на расстоянии 2,48 миль (4593 м) от передающей антенны дифференциальной станции мыса Поворотный залива Находка. Наблюдения проводились непрерывно с 9 октября по 19 октября 2012 года. Приёмник GP-37, изготовленный японской компанией Furuno, всё время находился в режиме приёма дифференциальных поправок. К его выходу был подключён ноутбук, выполнявший роль автоматического регистратора данных. На его жёсткий диск каждую секунду заносился весь пакет предложений стандарта NMEA 0183, генерируемый приёмником. Всего за время наблюдений было зарегистрировано 931953 значений величин объёмов рабочих созвездий, соответствующих им признаков приёма дифференциальных поправок и величин обсервованных широт и долгот с разрядностью 0,0001 угловой минуты. Количество спутников, участвовавших в ОМС, и частоты их появлений занесены в таблицу.

Таблица – Частоты объёмов рабочих созвездий спутников

Объём созвездия	Частота
4	182
5	580
6	14074
7	143646
8	243885
9	295064
10	162401
11	56769
12	15352

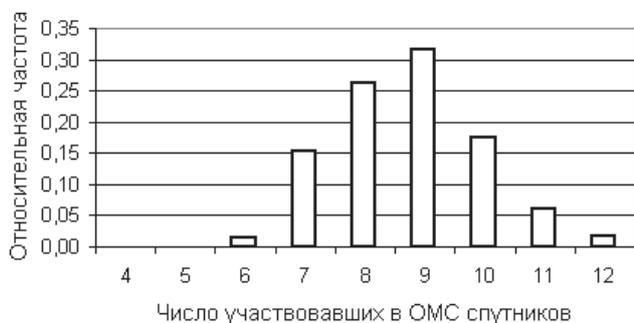


Рисунок 1 – Относительные частоты объёмов рабочих созвездий

Как следует из таблицы, минимальное число спутников, сигналы которых участвовали в определении места, было равно 4, а максимальное – 12. Из этого следует, что, несмотря на общее число действующих спутников 31 в созвездии СРНС Навстар GPS, в 0,02% случаев количество спутников в рабочем созвездии могут по разным причинам уменьшиться до предельно допустимого. Чаще всего, в 31,66% наблюдениях, рабочее созвездие содержало 9 спутников. Наглядное представление о том, как часто регистрировались объёмы

рабочих созвездий, даёт гистограмма относительных частот рисунка 1.

Из рисунка 1 следует, что на долю 4, 5, 6 и 12 спутников в рабочем созвездии приходится всего 3,24% от всех зафиксированных данных. Поэтому в дальнейших исследованиях они не рассматривались.

На следующем этапе обработки были сформированы 5 массивов, в каждый из которых входили обсервованные координаты, полученные при данном из пяти (7, 8, 9, 10 и 11) коли-

честве спутников в рабочих созвездиях. Так как изменения зарегистрированных координат происходили в дробных частях широт и долгот, то для упрощения дальнейших вычислений целые части координат были отброшены.

Чтобы обнаружить присутствие систематических погрешностей, по каждому из пяти массивов были рассчитаны величины средних широт φ_j и долгот λ_j следующим образом:

$$\varphi_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \varphi_{ji}; \quad \lambda_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \lambda_{ji},$$

где j – номер массива данных ($j = 7, 8, \dots, 11$);

i – текущее значение широты или долготы в массиве j ;

n_j – объём массива j .

Затем вычислялись размахи варьирования в метрах средних широт D_φ и средних долгот D_λ по формулам

$$D_\varphi = (\varphi_{\max} - \varphi_{\min}) \times I_m; \quad D_\lambda = (\lambda_{\max} - \lambda_{\min}) \times I_p,$$

где $\varphi_{\max}, \lambda_{\max}$ – максимальные величины средних широт и долгот соответственно, дробные части угловых минут;

$\varphi_{\min}, \lambda_{\min}$ – минимальные величины средних широт и долгот соответственно, дробные части угловых минут;

I_m, I_p – длины дуг одной минуты меридиана и одной минуты параллели в широте проведения наблюдений, м.

Величины I_m, I_p вычис-

лялись по формулам, полученным для референц-эллипсоида WGS-84 в работе [1]. В широте мыса Поворотного длины дуг получили такие значения: $I_m = 1851,4452$ м, $I_p = 1365,7927$ м. Отсюда размах варьирования средних широт составил 0,102 м, а размах варьирования средних долгот – 0,223 м. Характер рассеивания средних широт и средних долгот можно видеть на рисунке 2.

На рисунке 2 прослеживаются тенденции увеличения средней широты и уменьшения средней долготы в зависимости от объёмов рабочих созвездий. Иными словами, имеются систематические погрешности обсервованных широт и долгот, величины которых зависят от числа спутников, сигналы которых используются в ОМС вблизи дифференциальной станции. Следовательно, дифференциальные поправки полностью не устраняют систематические погрешности в обсервованных координатах. С увеличением числа спутников в рабочем созвездии средняя обсервованная широта смещается к северу, а средняя долгота – к западу.

В первом приближении можно задаться линейными моделями зависимостей систематических погрешностей. Коэффициенты линейных моделей были получены в ходе регрессионного анализа средних широт и долгот. С их участием эмпирические модели получили сле-

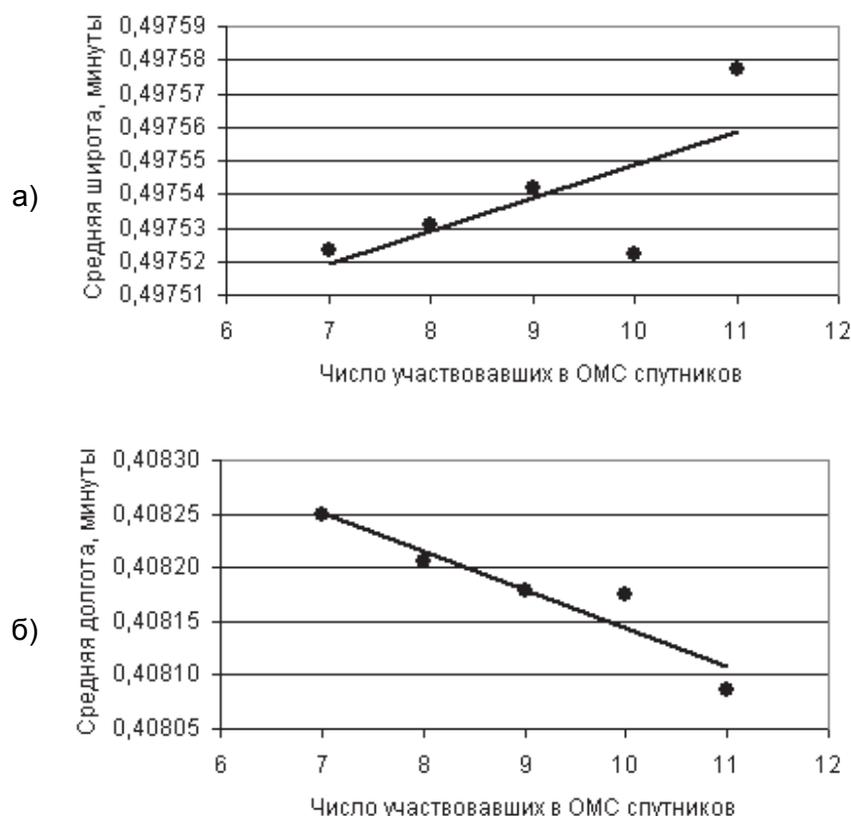


Рисунок 2 – Рассеивание средних широт (а) и долгот (б)

дующий вид:

$$\begin{cases} \varphi_{\text{mod}} = 0,49744 + 0,00001 \times j; \\ \lambda_{\text{mod}} = 0,4085 - 0,000036 \times j, \end{cases} \\ j = 7, 8, \dots, 11,$$

где $\varphi_{\text{mod}}, \lambda_{\text{mod}}$ – величины в угловых минутах средних широт и долгот, полученных на основе модели.

В качестве меры случайных погрешностей обсервованных широт и долгот были выбраны средние квадратические отклонения (СКО). СКО широты σ_{φ} и СКО долготы σ_{λ} в метрах для каждого j -го массива вычислялись стандартным способом

$$\sigma_{\varphi_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\varphi_{ji} - \varphi_j)^2}{n_j}} \times l_m; \quad \sigma_{\lambda_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\lambda_{ji} - \lambda_j)^2}{n_j}} \times l_p.$$

Результаты вычислений СКО представлены на рисунке 3.

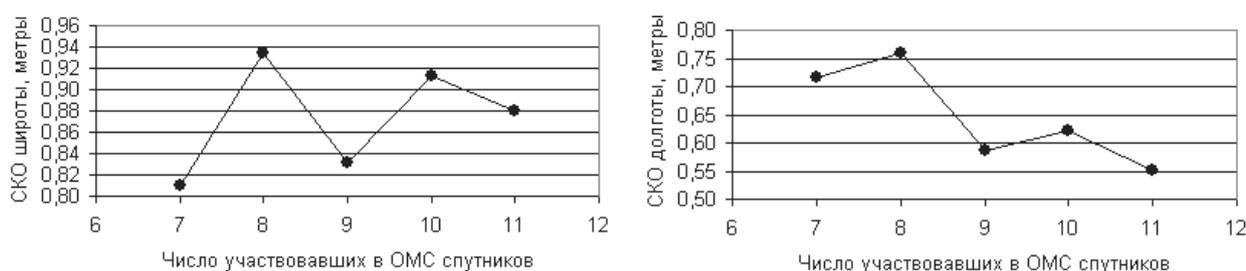


Рисунок 3 – Случайные погрешности широт и долгот

На рисунке 3 можно наблюдать тенденцию увеличения точности определения долготы с увеличением числа спутников в рабочем созвездии. Видно, что СКО долготы при 11 спутниках достигает $\pm 0,55$ м. По сравнению с СКО при 8 спутниках точность определения долготы возросла на 0,2 м.

Относительно тенденции зависимости СКО широты от числа спутников принять окончательное решение пока затруднительно. Здесь необходимы более продолжительные экспериментальные наблюдения.

Сравнение графиков рисунка 3 позволяет сделать вывод о существовании стохастической зависимости между СКО широты и СКО долготы. На рисунке 3 видно, как схожи изменения величин СКО в зависимости от числа спутников.

В практике судовождения для оценки точности ОМС зачастую используется радиальная средняя квадратическая погрешность (РСКП). Для каждого значения j РСКП вычислялась следующим образом

$$\text{РСКП}_j = \sqrt{\sigma_{\varphi_j}^2 + \sigma_{\lambda_j}^2}.$$

Результаты вычислений РСКП изображены на графике рисунка 4.

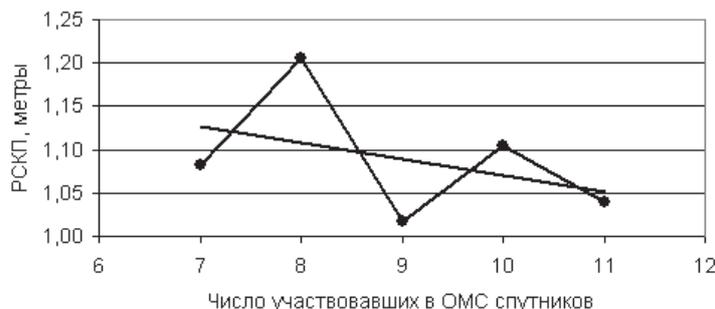


Рисунок 4 – Зависимость радиальной средней квадратической погрешности ОМС от числа спутников в рабочем созвездии

Анализ графика рисунка 4 позволяет сделать вывод о повышении точности ОМС в зоне действия станции DGPS при увеличении принимаемых к обсервации числа спутников. На

основе результатов обработки данных, полученных в ходе экспериментальных наблюдений вблизи дифференциальной станции мыса Поворотного, был принят следующий вид зависимости РСКП в метрах от числа спутников

$$РСКП_j = 1,25 - 0,0187 \times j.$$

В заключении необходимо остановиться на основных выводах.

Несмотря на близость к станции DGPS, обнаружено присутствие систематических и случайных погрешностей в обсервованных плановых координатах. Величины этих погрешностей зависят от количества спутников, сигналы которых наряду с сигналами передатчика DGPS использовались для определения места судна. Поэтому число задействованных для обсерваций спутников может служить косвенной оперативной оценкой точности ОМС.

Учёт полученных регрессионных моделей систематических погрешностей может послужить основой для дальнейшего повышения точности ОМС.

Минимальное значение РСКП составило 1,01 м. Это соответствует вероятности 0,67. ИМО рекомендует оценивать точность ОМС с вероятностью 0,95, что соответствует удвоенной РСКП, равной в нашем случае 2,02 м. Таким образом, точность ОМС, обеспечиваемая на расстоянии 2,5 мили от DGPS мыса Поворотного, пока не удовлетворяет международным требованиям к плаванию на акватории порта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Комаровский, Ю.А. Точные вычисления пройденных расстояний на земных эллипсоидах / Ю.А. Комаровский // Современные проблемы развития и методики преподавания естественных и точных наук. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. 16-18 декабря 2009 года. -Уссурийск: Изд-во УГПИ, 2009. -С. 154-161.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: станция DGPS, определение места судна, систематическая погрешность, случайная погрешность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, главный специалист-программист ИАПУ ДВО РАН
Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НОУ ВПО «ДВИК»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690013, г.Владивосток, ул.Каплунова, 7, НОУ ВПО «ДВИК»
690041, г.Владивосток, ул.Радио, 5, ИАПУ ДВО РАН

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ ДИСТИЛЛЯТНЫХ ТОПЛИВ НА ИХ СМАЗЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

А.В. Надежкин, К.Х. Лыу

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR ESTIMATION OF INFLUENCE THE CHARACTERISTICS OF MARINE DISTILLATE FUELS ON THEIR LUBRICITY

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

The article shows that when the ships are in the control emissions areas of sulfur oxides (SO_x) sulfur content in any fuel oil used on any ship must not exceed 0,1% by weight from 1 January 2015 years. The statistical data that show a significant reduction in resource of rotary fuel pumps vehicles using low-sulfur diesel fuel. Taken analysis showed that for marine distillate fuels, such studies have not been conducted. Developed and tested a method of desulfurization of marine distillate fuels in the laboratory for the preparation of the experimental samples that do not lead to a change in their other physical and chemical parameters. Evaluated lubricity of marine diesel fuel with different sulfur content and unchanged other parameters by means the four-ball friction machine. Established interrelation between lubricity diesel fuel and sulfur content in fuels for different values of its viscosity.

Keywords: oxidative desulfurization, distillate fuel, sulfur, viscosity, fuels pump high pressure, nozzle, wear, anti-wear properties

Показано, что при нахождении судов в пределах районов контроля выброса окислов серы (SO_x) содержание серы в любом жидком топливе, используемом на судне, не должно превышать 0,1% массы с 1 января 2015 года. Приведены статистические данные, которые показывают многократное уменьшение ресурса ротационных топливных насосов автомобилей при работе на малосернистом дизельном топливе. Сделанные анализы показали, что для судовых дистиллятных топлив подобные исследования не проводились. Разработана и апробирована методика обессеривания судовых дистиллятных топлив (ДТ) в лабораторных условиях для подготовки экспериментальных образцов, не приводящая к изменению других их физико-химических показателей. Выполнена оценка смазывающей способности с использованием четырехшариковой машины трения для судовых ДТ с различным содержанием серы и неизменными другими показателями. Установлена взаимосвязь между смазывающими свойствами ДТ и содержанием серы в топливе при различных значениях его вязкости.

В соответствии с требованиями Приложения VI конвенции МАРПОЛ 73/78 происходит планомерное ужесточение требований к содержанию оксидов серы (SO_x) в выпускных газах судовых энергетических установок (СЭУ). Наиболее жесткие требования выработаны для районов контроля вредных выбросов – SO_x Emission Control Areas (SECA), к которым сегодня относятся: Балтийское и Северное моря, прибрежные воды США и Канады, Средиземное море, побережье Японии и ряд других акваторий. С 1 января 2015 г. для всех судов при заходе в зонах SECA содержание SO_x в выхлопных газах не должны превышать 0,4 г/(кВт·ч).

В таблице 1 представлены количество выбросов при сгорании топлива по опыту среднеоборотных морских дизельных двигателей, выпущенных после 2000 г. [1]. Из представленных данных видно, что при эксплуатации судовых дизелей на традиционных топливах выполнить требования конвенции не представляется возможным. Для достижения в зонах контроля SO_x требуемой эмиссии выпускных газов в соответствии с Правилем 14.4 VI Приложения необходимо либо использовать топливо с содержанием серы менее 0,1%, либо устанавливать специальное оборудования (скрубберы) по очистке выпускных газов, которое сокращает выбросы серы до требуемого уровня [2].

Однако в настоящее время установка скрубберов – устройства для очистки дымовых газов от окислов серы, требует серьезных капитальных затрат на переоборудование судовой энергетической установки. Технология очистки до конца не отработана и поэтому они практически не используются.

Таблица 1 – Количество выбросов при сгорании различных видов топлив, г/(кВт·ч)

Тип топлива	SO _x	NO _x	CO ₂	Твердые частицы
Мазут (3,5% серы)	13,0	9-12	580-630	1,50
Морское дизельное топливо (0,5% серы)	2,0	8-11	580-630	0,25-0,50
Очищенное дизельное топливо (0,1% серы)	0,4	8-11	580-630	0,15-0,25

Остаточные тяжелые топлива с содержанием серы до 0,1% – вещь уникальная, встречаются редко, и рассчитывать на серьезные объемы производства такого продукта не при-

ходится. Произвести высоковязкое тяжелое топливо с серой до 0,1% из высокосернистого остаточного топлива воспользовавшись технологией гидроочистки дороже, чем произвести дистиллятное топливо (ДТ). Следовательно, из жидких топлив бункерный рынок в зонах SECA может рассчитывать только на ДТ с содержанием серы до 0,1%.

Дистиллятные топлива в судовых дизелях являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры. Надежная работа дизеля во многом зависит от степени износа узлов и агрегатов топливной аппаратуры. Наиболее подвержены износу прецизионные узлы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок. Многочисленные эксперименты и результаты эксплуатации двигателей с использованием малосернистых ДТ показали очень быстрое изнашивание ТНВД [3, 4].

На рисунке 1 представлены обобщенные литературные данные по влиянию на ресурс топливных насосов автомобильных и тракторных двигателей при использовании топлива с различным содержанием серы.

Таким образом, очевидно, что снижение сернистых соединений в топливе приведет к значительному ухудшению его смазывающих свойств, снижению ресурса топливной аппаратуры.

Однако выполненные до сих пор исследования касались только дизельных топлив для транспортных двигателей колесной техники. Для судовых ДТ такие исследования еще не проводились. Они, как правило, имеют более тяжелый фракционный состав и вязкость. Имеющейся информации недостаточно для принятия решений о том, когда и как следует использовать противоизносные присадки и требуется ли это делать вообще.

В данной работе выполнен обзор различных методов обессеривания судовых дистиллятных топлив и отработана методика уменьшения содержания серы в ДТ без изменения других их физико-химических характеристик для выявления непосредственного влияния содержания серы в ДТ на его триботехнические свойства.

Для исследования триботехнических свойств ДТ за рубежом разработано много методов. Один из самых используемых в мире метод испытания High Frequency Reciprocating Rig (HFRR) по ГОСТ Р ИСО 12156-1-2006 «Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR».

В России применяется четырехшариковая машина трения (ЧШМ) – метод исследований основных триботехнических характеристик смазочных материалов в соответствии с ГОСТ 9490-75. В качестве испытательных образцов используются шарики по ГОСТ 3722-81 из стали ШХ-15 по ГОСТ 801-78, которые образуют пирамиду из четырех шариков, контактирующих между собой.

Многочисленные эксперименты по определению триботехнических свойств ДТ доказывают, что существуют корреляционные зависимости величин диаметра пятна износа, полученные на ЧШМ и с помощью метода HFRR.

Исследование триботехнических свойств ДТ показало, что на противоизносные свойства топлив большое влияние оказывает не только, содержание серы, но и фракционный состав, а также его вязкость [5]. Для чистой оценки зависимости противоизносных свойств дистиллятных топлив от содержания серы в топливе предложена методика обессеривания, которая не изменяет другие физико-химические показатели ДТ.

В последние годы для обессеривания различных видов дизельных топлив было предложено большое количество методов: гидрообессеривание, щелочная очистка, селективная экстракция, обессеривание ионными жидкостями, адсорбционное и ректификационное, окислительное обессеривание и т. д.

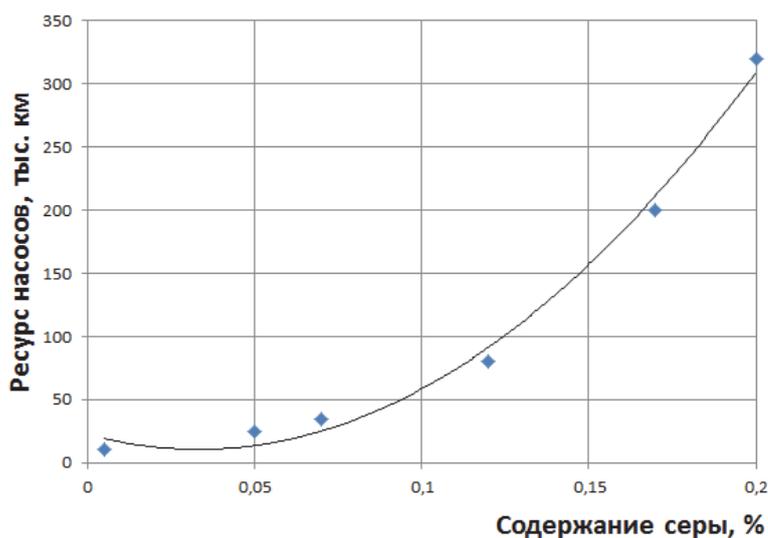


Рисунок 1 – Зависимость величины ресурса насосов ротационного типа от концентрации серы в ДТ

При производстве ДТ в промышленных масштабах обессеривание осуществляется методом гидроочистки. Этот процесс проходит при 350-450 °С и давлении водорода 3 МПа в присутствии нанесенных на оксид алюминия Со-Мо- или Ni-Мо- катализаторов. Гидроочистка является дорогостоящим процессом, требующим повышенного расхода водорода с высоким давлением и температурой, высококачественным оборудованием. Кроме того, в результате этого процесса изменяется групповой состав топлива и его вязкость [6].

Анализ всех остальных методов обессеривания показал, что в лабораторных условиях для удаления сернистых соединений из дистиллятных топлив наиболее рациональным является использование метода окислительного обессеривания. Процесс не требует серьезных энергетических затрат и дорогостоящих катализаторов и реактивов и, что немаловажно, процесс проходит при невысокой температуре. Это обеспечивает достаточно полное окисление сернистых соединений при незначительном окислении углеродов топлива, поэтому его фракционный состав и вязкость фактически не изменяется.

Сернистые соединения, которые необходимо удалить из фракций дистиллятного топлива, чтобы снизить содержание серы в них представлены в основном сульфидами, бензотиофеном, дибензотиофеном и их алкильными производными.

Окисление дизельной фракции смесью пероксида водорода (37% мас., ГОСТ 177-83) с муравьиной кислотой (85% мас., ГОСТ 5848-73) проводили по методике, подробно описанной в [7]. Ее схема представлена на рисунке 2. Суть методики заключается в следующем: смеси растворов пероксида водорода и муравьиной кислоты с ДТ перемешиваются в реакторе со скоростью 1000 мин⁻¹ при температуре 50 °С в течение 1-3 ч. При этом мольное соотношение общей серы к пероксиду водорода менялось от 1:1 до 1:6, а мольное отношение H₂O₂: HCOOH составляло 3:4.

Полнота и скорость окисления сернистых соединений в полученной гетерогенной системе (смесь растворов пероксида водорода и муравьиной кислоты с дизельной фракцией) в основном зависит от степени ее гомогенизации. Эффективная гомогенизация достигалась высокой частотой оборотов мешалки в реакторе (рисунок 3).

После окисления проводилась адсорбционная очистка (см. рисунок 2). В качестве адсорбента использовали: оксид кремния (ГОСТ 9428-73) и силикагель марки АСК (ГОСТ 3956-76). Силикагель предварительно высушивался при 200 °С в течение 4 ч. Отношение массы образца к массе сорбента составляло 3:1.

Эксперименты проводились при различных молярных соотношениях и времени окисления. В результате были установлены оптимальные характеристики этого процесса. Время окисления данного процесса должно быть не менее 60 минут. В качестве объекта исследований было выбрано судовое маловязкое топливо (ТУ 38.101567-2005). Изменение содержания серы на различных стадиях разработанного процесса окислительного обессеривания представлено на таблице 2. При этом, как видно из результатов эксперимента, кинематическая вязкость топлива фактически не меняется.

Эксперимент по определению трибологических свойств дистиллятных топлив с помощью ЧШМ осуществлялось при приложенной нагрузке 147 Н, время испытания составляло 60 мин, а частота вращения верхнего шарика 1460 мин⁻¹. Поскольку в машинном отделении температура меняется в широком диапазоне исследование проводили для двух температурных режимов: 20±5 °С и 70±5 °С. Тем самым, исследовали взаимосвязь вязкости ДТ и его



Рисунок 2 – Схема эксперимента окислительного обессеривания

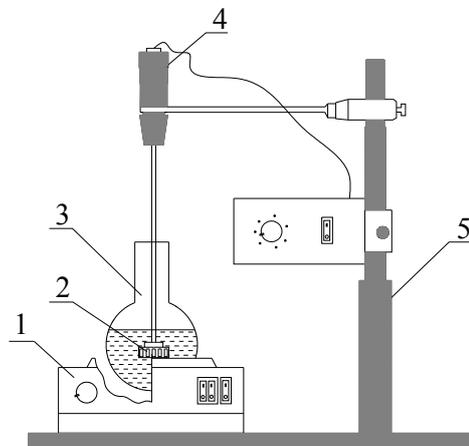


Рисунок 3 – Схема установки окисления пероксидом и муравьиной кислотой: 1-колбонагреватель; 2-мешалка; 3-реактор; 4-мешалка с регулятором скорости; 5-штатив

трибологических свойств. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Степень удаления серы после окисления фракции смесью $H_2O_2+HCOOH$ и адсорбционной очистки

ПП	Содержание серы, %	Степень удаления серы %	Кинематическая вязкость, сСт	
			при 20 °С	при 70 °С
1	0,426	0	6,17	2,2
2	0,349	18	–	–
3	0,272	36	–	–
4	0,22	48	6,19	2,2
5	0,098	77	–	–
6	0,045	90	6,20	2,2

Таблица 3 – Трибологические свойства топлив с различным содержанием серы

ПП	Сера, %	Диаметр пятна износа, мкм	
		При 20 °С	При 70 °С
1	0,426	433	483
2	0,349	512	590
3	0,272	576	–
4	0,22	593	606
5	0,098	605	–
6	0,045	610	616

Применение метода окислительного обессеривания позволило добиться 90% снижения содержания серы в ДТ. Ее концентрация уменьшилась с 0,426% мас. до 0,045% мас. Выполненное исследование трибологических характеристик одного и того же ДТ с различным содержанием серы на ЧШМ позволило зафиксировать значительное ухудшение противоизносных свойств дистиллятного топлива. Диаметр пятна износа (ДПИ) увеличивается на 41%. Причем происходит резкое возрастание этого показателя (на 18%) уже после первого цикла обессеривания, когда содержание серы в топливе еще достаточно высоко и составляет 0,349% мас. А при содержании серы 0,22% мас. величина ДПИ практически достигает своего максимального значения и дальнейшее снижение концентрации серы в топливе практически не вызывает увеличения износа пар трения.

Данное явление объясняется следующим. Исследование химического состава серы в ДТ показало, что основными сернистыми соединениями дизельных фракций являются сульфиды и тиофены [6, 7]. Зависимость смазывающей способности ДТ от содержания серы обусловлено ее способностью образовывать на поверхностях трения новые химические соединения в виде твердых пленок из оксидов и сульфидов металла. Эти твердые пленки играют огромную роль в процессах трения и износа: увеличивают износостойкость и уменьшают силу трения. В обессеренных ДТ по мере увеличения глубины очистки происходит изменение не только количества, но и состава сернистых соединений. В первую очередь удаляются сернистые соединения с наибольшей реакционной способностью (сульфиды), а остаются относительно стабильные вещества, в основном тиофены. Бензо- и дибензтиофены, обладают недостаточной хемосорбционной активностью для образования поверхностных пленок, препятствующих износу металла.

Влияние вязкости топлива сказывается на трибологических свойствах ДТ менее значительно. При уменьшении вязкости в 3 раза рост ДПИ составил 11% у исходного топлива. В обессеренном топливе вязкость на интенсивность изнашивания практически не влияет. При ее аналогичном уменьшении величина ДПИ возрастает всего на 1,15%. Следует предположить, что при удалении из топлива активных соединений серы (сульфидов) у маловязких судовых ДТ изменение вязкости уже не способно компенсировать отсутствие защитных поверхностных пленок.

Выводы:

– Разработана и апробирована методика окислительного обессеривания судовых дистиллятных топлив, позволяющая более чем на 90% снизить содержание серы в ДТ без изменения других его физико-химических характеристик.

– Установлено, что при снижении содержания серы в судовых ДТ менее 0,05% интенсивность изнашивания трущихся пар увеличивается на 41%.

– Изменение вязкости оказывает незначительное влияние на смазывающую способ-

ность ДТ. Определяющим фактором, оказывающим влияние на этот показатель, является концентрация серы в судовом дистиллятном топливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тимофеев, О. Я. Особенности внедрения новых требований к экологической безопасности судов и морских установок в северных морях и на арктическом шельфе [Электронный ресурс] / О. Я. Тимофеев, Н. А. Вальдман, М. И. Крыжевич. – Режим доступа : [http://www.ibrae.ac.ru/docs/3\(15\)/079_085_ARKTIKA_09](http://www.ibrae.ac.ru/docs/3(15)/079_085_ARKTIKA_09).
- 2 Руководство по применению положений международной конвенции МАРПОЛ 73/786 : НД N – 030101-026. – Санкт-Петербург, 2009.
- 3 Митусова, Т. Н. Исследование противозносных свойств дизельных топлив / Т. Н. Митусова, Е. В. Полина, М. В. Калинина // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998. – № 2. – С. 20–22.
- 4 Спиркин, В. Г. Методика оценки противозносных свойств дизельных топлив из газоконденсатного сырья / В. Г. Спиркин, О. М. Бельдид // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2000. – № 6. – С. 21–25.
- 5 Operation on low-sulfur fuel two-stroke engines /MAN B&W Diesel A/S. – Copenhagen; Denmark, 2005. – 14 p.
- 6 Анисимов, А.В. Окислительное обессеривание углеводородного сырья / А. В. Анисимов, А. В. Тараканова // Рос. хим. журн. – 2008. – Т. II, № 4.
- 7 Кривцов, Е. Б. Кинетика окислительного обессеривания дизельной фракции нефти смесью пероксид водорода – муравьиная кислота / Е. Б. Кривцов, А. К. Головки // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54, № 1. – С. 52–58.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *дистиллятное топливо, сера, вязкость, топливный насос высокого давления, форсунка, изнашивание, противозносные свойства, окислительное обессеривание*

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

Льву Куанг Хиеу, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕПАРИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА В КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ НА ИЗНАШИВАНИЕ ДИЗЕЛЯ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Н.К. Пак

MODELING OF INFLUENCE OF THE ENGINE OIL SEPARATION ON THE ENGINE WEARING IN THE COMBINED CLEANING SYSTEM

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

N.K. Pak

Experimental modeling results in the engine 9L28/32A-F have given with assessment of fuel quality and performance index of the centrifugal separator influence on the diesel wearing. Performance index of the separator was proved with low rate wearing during engine running on the different types of fuel. Recommendations on the choice of separator for providing of resource-saving oil using in the marine forced trunk-piston diesels were given.

Keywords: engine oil, separation, centrifugal separator, performance index of the separator

Представлены результаты экспериментального моделирования в двигателе 9L28/32A-F с оценкой влияния качества топлива и индекса производительности центробежного сепаратора на изнашивание дизеля. Обоснован индекс производительности сепаратора, при котором достигается изнашивание использующего разные топлива двигателя на низком уровне. Даны рекомендации по выбору сепаратора для обеспечения ресурсосберегающего маслоиспользования в судовых форсированных тронковых дизелях.

В тронковых судовых дизелях, особенно большой мощности, большое распространение получают комбинированные системы тонкой очистки масла (КСТОМ), включающие саморегенерирующийся фильтр (СРФ) и самоочищающийся сепаратор [1]. Такие системы чаще всего используют в энергетических установках на судах с классом автоматизации А1. В среднеоборотных дизелях и с повышенной частотой вращения ($n_d = 16,7 \text{ с}^{-1}$) полнопоточные масляные фильтры тонкой очистки довольно часто замещают на СРФ из-за соображений громоздкости маслоочистителя (МО) со сменными фильтрующими элементами (ФЭ). При этом глубокую очистку моторного масла (ММ), особенно в главных судовых дизелях, осуществляют сепараторами.

При модернизации КСТОМ возникает необходимость подбора центробежного сепаратора (ЦС), удовлетворяющего требованиям комплекса «дизель-топливо-масло-очистка» (ДТМО). В данной статье осуществлена попытка выдачи рекомендаций по обоснованию требований к подбору ЦС по его «мощности» (очистительной способности), удовлетворяющей условиям форсировки дизеля и качества применяемых горюче-смазочных материалов.

Предварительными исследованиями [1] выявлено, что с повышением индекса производительности ЦС количество вредных продуктов старения масла и его внешнего загрязнения в циркуляционной системе смазки снижается, что благоприятно сказывается на изнашивании дизеля. Однако до какой «глубины» необходимо очищать масло не ясно. Для выяснения как на этот процесс влияет применяемое топливо необходимо проведение специального эксперимента.

Подбор эффективности ЦС для очистки ММ предлагается осуществлять с учетом качества применяемого топлива при работе форсированных дизелей на унифицированных ММ, выпускаемых по ГОСТ 12337-78. Рассматриваются КСТОМ с полнопоточными СРФ, функционирующими в режиме периодической и непрерывной регенерации ФЭ. Рекомендации по выбору сепаратора получены для фильтров с номинальной тонкостью отсева 30-40 мкм. Они надежно защищают пары трения (подшипники) дизеля от попадания частиц, вызывающих повышенный абразивный износ. Глубокую очистку масла от мелкодисперсных продуктов его старения, внешнего загрязнения и срабатывания присадок предлагается осуществлять ЦС с индексом производительности, находящегося в диапазоне 3000-5000 м².

Экспериментальное моделирование по оценке влияния эффективности сепарирования ММ на изнашивание трибосопряжений двигателя осуществлялось на дизеле 9L28/32A-F (9ЧН28/32) ($P_{ен} = 2205$ кВт, $n_d = 16,7$ с⁻¹, $p_{ме} = 1,95$ МПа). В качестве полнопоточного фильтра использовался маслоочиститель СРФ-60. Байпасное сепарирование масла осуществлялось сепаратором СЦ-1,5 с переменным числом тарелок для возможности регулирования индекса производительности МО путем частичной замены его тарелок «глухими» вставками. Частота вращения ротора барабана ЦС составляла 6800 мин⁻¹. Номинальный индекс производительности составлял 3300 м². Отключение сепаратора и выводом из работы отдельных тарелок этот показатель регулировался в пределах 0-1200 м².

Испытание модернизированной КСТОМ проводили по ОСТ 24.060.09-89 при работе дизеля на масле М-14-Д₂(цл20). В качестве топлива использовались флотский Ф-12 и топочный мазуты М-100 (ГОСТ 10585-99). Часть этапов проводили при сжигании дизельного топлива Л-0,2-61 (ГОСТ 305-82). Продолжительность каждого этапа испытаний составляла 250 ч. Она была достаточна для определения достоверной с низкой дисперсией воспроизводимости фиксации изнашивания основных деталей ДВС, таких как цилиндрические втулки, поршневые кольца и вкладыши мотылевых подшипников.

Замер скорости изнашивания контролируемых деталей дизеля осуществляли взвешиванием по потере их веса за этап испытаний и с помощью метода искусственных баз (электронные весы ВЛА-200 и приборы УПОИ-6 и УПОИВ-2). Весомость износа каждой группы контролируемых деталей при формировании показателя *I* (скорости изнашивания деталей дизеля) была принята одинаковой.

Средняя эксплуатационная нагрузка на дизель на всех этапах испытаний составляла 86% номинальной мощности и была выдержана одинаковой. Угар масла составлял 1,2-1,5 г/(кВт·ч). Пробы масла на анализ и компенсацию его угара через каждые 50 ч.

Оценку качества применяемого топлива задавали обобщенным показателем K_T , который формировали согласно рекомендациям [2]

$$K_T = A_z \frac{z_T}{z_{TB}} + A_s \frac{S_T}{S_{TB}} + A_\phi \frac{\Phi}{\Phi_B} + A_\Gamma \frac{\Gamma}{\Gamma_B},$$

где A_i – коэффициент весомости каждого параметра (принят одинаковым для всех величин), $A_i = 0,25$;

z_T, z_{TB} – зольность топлива, %;

S_T, S_{TB} – содержание серы, %;

Φ, Φ_B – фракционный состав, отн. ед.;

Γ, Γ_B – групповой состав, отн. ед.

Индекс Б соответствовал базовому топливу с показателями: $z_{TB} = 0,1\%$, $S_{TB} = 2\%$, $\Phi_B = 0,4$ и $\Gamma_B = 0,5$. Характеристики Φ и Γ представлены в работе [2].

Уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1. В ней эффективность работы ЦС задана удельным индексом производительности центробежного МО, представляющим отношение Σ к средней нагрузке на дизель ($\sigma_c = \Sigma/P$). Значение $\sigma_c = 0$ соответствует отключению ЦС. В этом случае очистка масла осуществляется только полнопо-

точным фильтром СРФ-60.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Кодовое обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			нижний -1	основной 0	верхний +1
Удельный индекс производительности ЦС σ_c , м ² /кВт	x_1	0,3	0	0,3	0,6
Качество топлива K_T , отн. ед.	x_2	0,8	0,2	1	1,8

Функция отклика I представлена в относительных единицах (%), то есть скорость изнашивания выражена относительно результата, полученного в центре факторного пространства ($x_1 = x_2 = 0$). Каждый этап производился на свежем ММ. Вместимость картера (сточной цистерны) была уменьшена до 600 дм³, которая обеспечивала надежную прокачку его через дизель.

Для проведения экспериментов выбран ортогональный центральный композиционный план второго порядка. Достоинство его состоит в малом объеме вычислений, так как все коэффициенты регрессии определяются независимо друг от друга. Ортогонализация экспериментальных данных достигнута выбором «звездного» плана с преобразованием квадратичных членов уравнения по рекомендациям [3].

Число опытов в центре плана равнялось трем. Они в разработанном плане (таблица 2) для достижения ортогональности при величине «звездного» плана $\alpha = 1$ представлены одной строкой. Для ортогонализации всех столбцов матрицы осуществлена замена x_i^2 новой переменной x'_i и x'_2 , выражение для которой взято из работы [3].

Таблица 2 – Матрица ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для факторов K_T и σ_c

Содержание плана	№ опыта	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	$x_1^2 (x'_1)$	$x_2^2 (x'_2)$	y_{ij}	\hat{y}_{ij}	$(y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2$
План типа 22	1	+	+	+	+	+(+1/3)	+(+1/3)	124	128	16
	2	+	-	+	-	+(+1/3)	+(+1/3)	232	229	9
	3	+	+	-	-	+(+1/3)	+(+1/3)	82	84	4
	4	+	-	-	+	+(+1/3)	+(+1/3)	118	121	9
«Звездные» точки с плечом $\alpha = 1$	5	+	+	0	0	$\alpha 2(+1/3)$	$0(-2/3)$	79	75	16
	6	+	-	0	0	$\alpha 2(+1/3)$	$0(-2/3)$	151	149	4
	7	+	0	+	0	$0(-2/3)$	$\alpha 2(+1/3)$	163	159	16
	8	+	0	-	0	$0(-2/3)$	$\alpha 2(+1/3)$	85	89	16
Нулевая точка	9	+	0	0	0	$0(-2/3)$	$0(-2/3)$	99	100	14
								98		
								103		
Коэффициенты	y_{ii}	b_0^*	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}	$S_{EII} = \sum_{i=1}^3 (y_{i0i} - \bar{y}_{i0i})^2 = 14$;		
	y_{ii}	b_0						$S_{FII} = \sum_{j=1}^9 (y_{ij} - \bar{y}_{ij})^2 = 90$		
		126	-36	39	-18	15	24			
		100								

-значение b_0^ при представлении вместо x_1^2 и x_2^2 преобразованной переменной $x'_1 = x_1^2 - (2/3)$, $x'_2 = x_2^2 - (2/3)$. Переход к обычной форме записи осуществляется расчетом $b_0 = b_0^* - (2/3)(b_{11} + b_{22})$.

Функция отклика I , представленная в относительных единицах, приведена в качестве полинома второй степени

$$y = 100 - 36\sigma_c + 39K_T - 18\sigma_c K_T + 15\sigma_c^2 + 24K_T^2. \quad (1)$$

Расчет коэффициентов регрессии и их дисперсности велся по уравнениям [3].

По результатам опытов в центре плана была вычислена дисперсия $S_{y_{ii}}^2$ воспроизводимости эксперимента

$$S_{y_{ii}}^2 = \frac{S_{EII}}{n_0 - 1} = \frac{14}{3 - 1} = 7,$$

где n_0 – число опытов в нулевой точке. Через ее значение по выражению для $S^2\{b_i\}$ оп-

ределены дисперсии и доверительные интервалы коэффициентов регрессии.

Так как абсолютные величины коэффициентов оказались больше значений их доверительного интервала, то они все статистически значимы.

Дисперсию $S_{ад}^2$ находили по следующему выражению

$$S_{ади}^2 = \frac{S_{РИ}}{N' - (k + 1)} = \frac{90}{8 - (2 + 1)} = 18,$$

где N' – число опытов;

k – число факторов.

Проверку адекватности полученной модели проводили по F-критерию Фишера. Так как расчетный критерий $F_{РИ} = \frac{S_{ади}^2}{S_{уи}^2} = \frac{18}{7} = 2,57$ при 5%-ном уровне значимости и числе степени свободы $f_1 = 2$ и $f_2 = 5$ оказался ниже табличного ($F_T = 19,3$), то полученная модель адекватно описывает влияние факторов x_1 и x_2 на износ I дизеля.

Анализ коэффициентов уравнения (1) показывает, что наибольшее влияние на изнашивание дизеля оказывает фактор x_2 ($b_2 = 39$). Его влияние со снижением качества топлива усиливается, что видно по квадратичному эффекту при достаточно высоком значении коэффициента b_{22} , равного 24. Не менее важную роль в снижении изнашивания оказывает фактор x_1 (индекс производительности сепаратора). При росте σ_c его влияние на I ослабевает, что характеризуется весьма высоким значением коэффициента при σ_c^2 ($b_{11} = 15$).

Так как величина $b_{12} = 18$, то взаимодействие факторов K_T и σ_c при влиянии на I проявляется довольно значительно. Взаимодействие факторов проявляется в усилении роли ЦС в снижении изнашивания дизеля по мере ухудшения качества топлива (росте показателя K_T). Оно также значительно проявляется при очистке ММ только полнопоточным фильтрованием ($\sigma_c = -1$), когда увеличение КТ способствует интенсивному росту I .

Иллюстрация влияния рассматриваемых факторов на I (рисунок) подтверждает значительную роль, сепарирования в снижении изнашивания дизеля. Влияние этого процесса на I усиливается с ухудшением качества топлива. При этом особенности старения масла М-14-Д2(цл20) при работе дизеля на топливе Ф-12 показывают возможности приближения его ресурсных показателей к нормам, характерным при использовании дистиллятных топлив.

Перевод факторов в натуральное выражение через соотношение $x_1 = \frac{\sigma_c}{0,3}$ и $x_2 = \frac{K_T - 0,2}{0,8}$

позволил модель изнашивания дизеля представить в следующем виде

$$I = 91,7 - 105\sigma_c + 33,7K_T - 75,1\sigma_c K_T + 167\sigma_c^2 + 37,5K_T^2. \quad (2)$$

Особенности зависимости $I(\sigma_c)$ показывают наличие экстремальных точек (минимумы), что связано со спецификой аппроксимации экспериментальных зависимостей полиномами второй степени.

В точках перегиба кривых (две из них находятся за пределами факторного пространства) I находится на минимальном уровне. При дальнейшем увеличении σ_c за пределами I_{\min} , что подтверждено длительными наблюдениями за эксплуатацией комплекса ДТМО [1], скорость изнашивания двигателя стабилизируется. На этом отрезке σ_c интенсификация сепарирования по критерию I эффекта не дает.

На основании изложенного можно считать, что σ_{opt} , найденным путем исследования функции (1) на экстремум, характеризует минимальное значение удельного индекса производительности сепаратора, при котором достигается минимальное значение I . При приравнении производной $dI/d\sigma_c$ уравнения (1) нулю получено выражение для расчета σ_{opt} . Его зависимость имеет вид

$$\sigma_{opt} = 0,315 + 0,225K_T.$$

При использовании дизельного топлива удельный индекс производительности сепаратора, при котором достигается стабилизация скорость изнашивания двигатель на минимальном уровне, составляет $0,36 \text{ м}^2/\text{кВт}$. Для топлив уровня $K_T = 1$ она наступает при $\sigma_c = 0,54 \text{ м}^2/\text{кВт}$. Тяжелые остаточные топлива ($K_T = 1,8$) типа топочного мазута вызывают повышенное загрязнение ММ нерастворимыми продуктами и для условий форсированного

дизеля ($p_{me} = 1,2-2,0$ МПа) имеют ограничение $\sigma_c = 0,72$ м²/кВт. Характер зависимости $I(\sigma_c, K_T)$ указывает на пологость кривых в районе I_{min} , что подтверждает возможность использования следующих допустимых норм при выборе сепаратора в пределах $\sigma_{opt} = 0,3-0,4, 0,4-0,6$ и $0,6-0,9$ м²/кВт соответственно для топлив с уровнем эксплуатационных свойств по показателю $K_T = 0,2-0,4, 0,9-1,1$ и $1,6-1,8$. Выход за пределы σ_{opt} в сторону увеличения значителен снижает I не дает, однако может способствовать более длительному использованию ММ без смены и увеличивает периодичность работы СРФ между химическими чистками ФЭ.

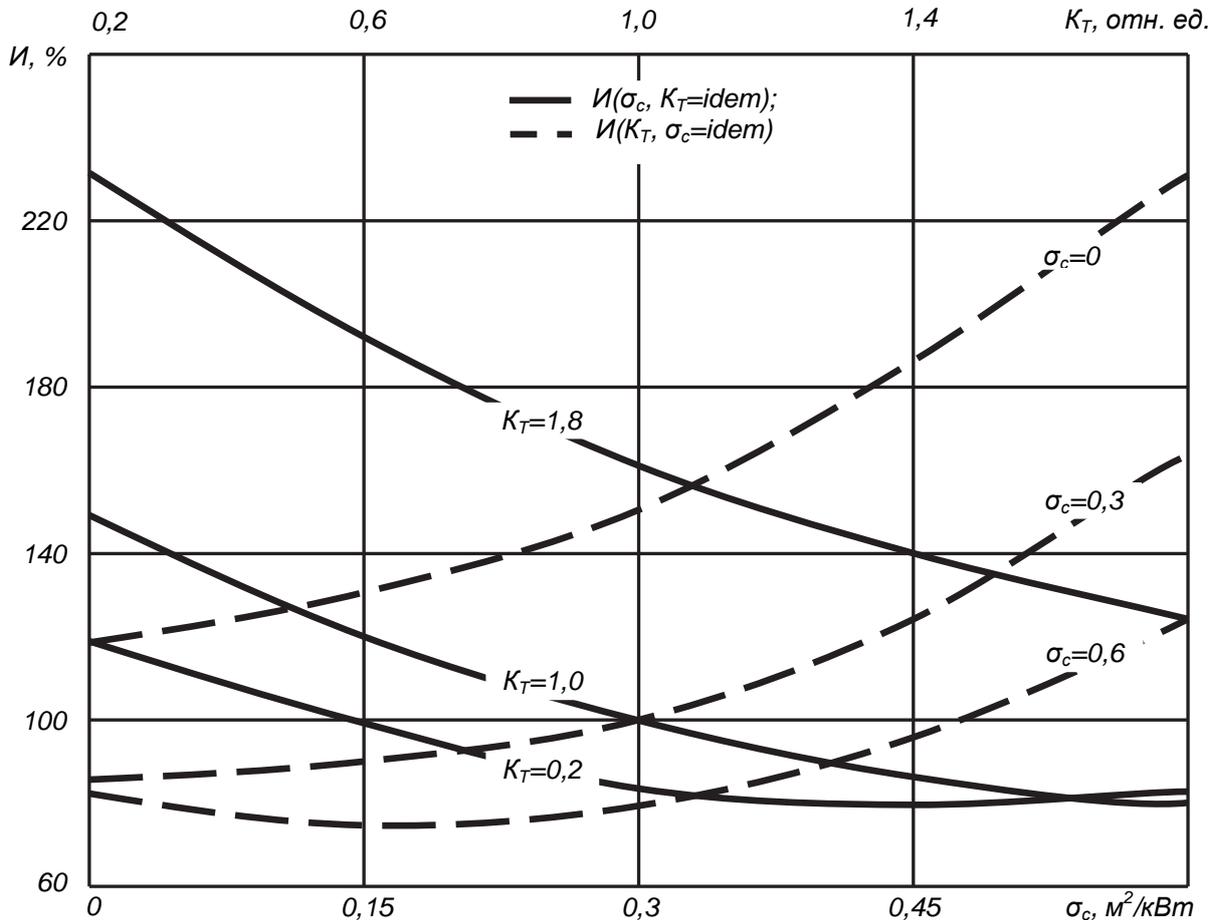


Рисунок – Влияние качества топлива и удельного индекса производительности ЦС на изнашивание дизеля

Выводы:

– Проведено экспериментальное моделирование изнашивания судового тронкового дизеля, система смазки которого оборудована саморегенерирующимся фильтром с номинальной тонкостью отсева 30-40 мкм и центробежным сепаратором с регулируемой эффективностью очистки, оцениваемой удельным индексом производительности. Доказано, что при интенсивности сепарирования по показателю σ_c в пределах $0,1-1,1$ м²/кВт в зависимости от качества применяемого топлива, скорость изнашивания в дизеле стабилизируется и при дальнейшем увеличении σ_c не снижается.

– Получены рекомендации по выбору сепаратора для глубокой очистки ММ от мелкодисперсных нерастворимых загрязнений. По критерию I (скорости изнашивания двигателя) установлены в зависимости от качества применяемого топлива границы нижних значений удельного индекса производительности сепаратора при очистке унифицированных масел в судовых форсированных тронковых дизелях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кича, Г.П. Автоматизированная очистка моторного масла на судах с использованием саморегенерирующихся фильтров / Г.П. Кича, Н.К. Пак, В.В. Степанов // Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Современные

проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. 2011», 20-27 дек. 2011 г. -Одесса, 2011. -Т. 1. - С. 3-9.

2 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. -372 с.

3 Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. - Москва: Машиностроение, 1981. -184 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *моторное масло, сепарирование, центробежный сепаратор, индекс производительности сепаратора*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Пак Николай Каптыгиевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

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

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет»

А.Г. Батухтин, С.Г. Батухтин, М.В. Кобылкин, П.Г. Сафронов

ENERGY-EFFICIENT HEATING SYSTEM. TASKS AND PROBLEMS OF MATHEMATICAL MODELING

Transbaikal State University

A.G. Batukhtin, S.G. Batukhtin, M.V. Kobylkin, P.G. Safronov

The article considers the energy-efficient heating system with a heat pump, designed to cover the hot water load in noheating period. It presents the mathematical model to determine the characteristics of the system with the identification of the main problems of modeling this type systems.

Keywords: energy saving, heat pump, domestic hot water, low-cost, modeling

Рассмотрена энергоэффективная система теплоснабжения с применением теплового насоса, предназначенная для покрытия нагрузки ГВС в неотапительный период. Представлена математическая модель для определения характеристик системы с выявлением основных проблем моделирования систем данного типа.

Одним из приоритетных направлений в развитии технологий энергосбережения, для ведущих стран мира, является разработка и внедрение технологических решений с использованием теплонасосных установок (ТНУ) [1]. Российская теплоэнергетика также уделяет значительное внимание ТНУ и способам их внедрения для различных областей отрасли, включая источники тепловой энергии, тепловые сети и потребителей, как индивидуальных, так и подключенных к системам централизованного теплоснабжения [2-8]. При этом в текущих экономических и политических условиях интерес исследователей и обычных потребителей в большей степени фокусируется на малозатратных и энергоэффективных системах теплоснабжения.

Перспективным направлением внедрения ТНУ, на начальном этапе и при условии минимальных капитальных затрат, может стать компенсация нагрузки горячего водоснабжения (ГВС) в неотапительный период [9]. Для реализации данной задачи разработан и запатентован способ перехода систем ГВС, в летний период времени, на источник тепла, доступ к которому не требует значительной реконструкции исходной схемы теплоснабжения, и реализуем для любого потребителя имеющего систему отопления.

Источником тепла в данном способе выступает замкнутый контур системы отопления здания, который не функционирует в летний период (рисунок 1). Замкнутый контур организуется при работающем циркуляционном насосе путем открытия запорной арматуры 9, закрытия запорной арматуры 8 и закрытия трехходового клапана по линии подачи. Также производится автоматизация арматуры 7 для сокращения, либо полного прекращения циркуляции теплоносителя через теплообменник ГВС. Система эффективно покрывает нагрузку ГВС за счет аккумулированного в здании тепла воспринятого отопительными приборами, и позволяет получить значительную экономию для потребителя. Способ характеризуется высокими значениями коэффициента преобразования, которые свойственны водяным ТНУ, при компактности и минимальных затратах на внедрение. Также способ позволяет утилизировать избыточное тепло помещений в летний период, сокращая затраты энергии на кондиционирование, что свойственно только дорогостоящим комплексным системам теплохладоснабжения и обладает перспективой дальнейшего развития до полноценной круглогодичной системы теплоснабжения [10].

Поскольку данный способ показал свою эффективность в условиях опытной эксплуатации на конкретном объекте [11], то возникает задача внедрения разработки для широкого круга потребителей, с возможностью выбора основных характеристик оборудования в зависимости от индивидуальных особенностей потребителя и при условии стабильной компенсации нагрузки ГВС. Решить поставленную задачу возможно путем создания обобщенной математической модели. Модель должна учитывать основную особенность способа – утилизацию избыточного тепла помещений, которое формируется за счет внешних тепловых возмущений со стороны окружающей среды, и внутренних возмущений со стороны аккумулирующей способности самого здания.

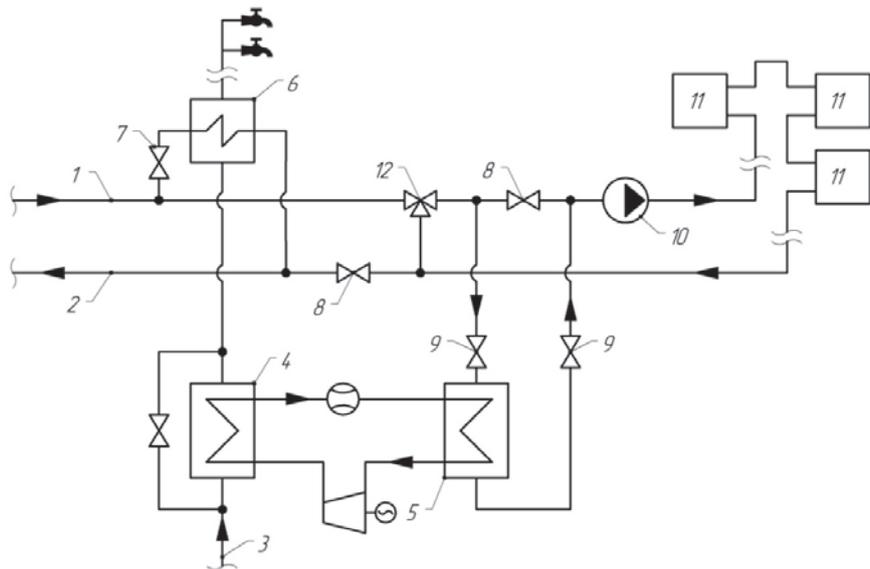


Рисунок 1 – Система горячего водоснабжения здания: 1-подающий трубопровод; 2-обратный трубопровод; 3-трубопровод воды идущей на горячее водоснабжение; 4-совмещенный с баком аккумулятором конденсатор теплонасосной установки; 5-испаритель теплонасосной установки; 6-теплообменник горячего водоснабжения; 7, 8, 9-запорная арматура; 10-циркуляционный насос; 11-отопительный прибор; 12-трехходовой клапан

Таким образом, в качестве основной характеристики здания принимается температура внутреннего воздуха в помещениях, как наиболее критичная величина для работы системы с точки зрения комфорта пребывания людей в здании, и предлагается смоделировать зависимость температуры воздуха от внешних и внутренних возмущений при работе ТНУ за конечный период времени.

В качестве основного уравнения, позволяющего смоделировать расчетный режим работы системы, используется уравнение, предложенное Е.Я. Соколовым для определения изменения температуры внутри здания при внешних и внутренних тепловых воздействиях [12]

$$\chi_0 V (t_g - t_n) d\tau = Q_C d\tau + F_{CT} S_{CT} \rho_{CT} c_{CT} dt_{CT},$$

где χ_0 – удельная отопительная характеристика зданий, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с} \cdot \text{°C})$;

V – наружный объем зданий, м^3 ;

F_{CT} – суммарная поверхность конструкций зданий, м^2 ;

S_{CT} – толщина стенки здания, м;

ρ_{CT} – плотность материала стен здания, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c_{CT} – теплоемкость материала стен здания, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$;

t_{CT} – средняя температура стенки здания, °C ;

t_g – температура внутреннего воздуха здания, °C ;

Q_C – теплопроизводительность отопительной системы, Дж/с.

В первом приближении принимается, что процессы нагрева и охлаждения протекают аналогично, тогда для описания работы системы отопления с ТНУ необходимо преобразовать исходное уравнение в следующий вид

$$\chi_0 V (t_n - t_g) d\tau = Q_{Т.В.} d\tau + F_{CT} S_{CT} \rho_{CT} c_{CT} dt_{CT},$$

где $Q_{Т.В.}$ – тепловосприятие отопительной системы, Дж/с.

Тепловосприятие системы представляет собой количество тепловой энергии, потребляемое тепловым насосом для поддержания нагрузки ГВС с учетом мощности компрессора ТНУ

$$Q_{Т.В.} = Q_{ГВС} - N = Q_{ГВС} - \frac{Q_{ГВС}}{\mu},$$

где $Q_{ГВС}$ – нагрузка ГВС, Дж/с;

N – мощность компрессора ТНУ, Дж/с;

μ – коэффициент преобразования ТНУ.

Температура внутреннего воздуха в предложенной системе также будет оказывать определенное влияние на коэффициент преобразования в зависимости от ряда заданных параметров системы, таких как тип ТНУ, нагрузка ГВС, тип и количество отопительных приборов. Следовательно, зависимость коэффициента преобразования ТНУ от температуры внутреннего воздуха $\mu = f(t_e)$ будет являться уникальной для каждой отопительной системы и наиболее рациональным способом ее описания является эмпирическая зависимость.

$$\frac{1}{\mu} = A + Bt_e,$$

где A, B – поправочные коэффициенты, которые учитывают заданные параметры системы.

Подставив полученные зависимости в преобразованное уравнение Е.Я. Соколова, и заменив комплекс $F_{CT} S_{CT} \rho_{CT} c_{CT} dt_{CT}$ на упрощенную форму θdt_e , с учетом зависимости аккумуляции от температуры внутреннего воздуха, получим уравнение

$$\chi_0 V (t_n - t_e) d\tau = [Q_{ГВС} - Q_{ГВС} (A + Bt_e)] d\tau + \theta dt_e.$$

Решением данного уравнения будет следующая зависимость

$$t_e = \frac{Q_{ГВС} (A - 1) + \chi_0 V t_n + [Q_{ГВС} - Q_{ГВС} (A + Bt_e^{нач}) - \chi_0 V t_n + \chi_0 V t_e^{нач}] \exp\left[\frac{\tau (Q_{ГВС} B - \chi_0 V)}{\theta}\right]}{\chi_0 V - Q_{ГВС} B},$$

где $t_e^{нач}$ – температура воздуха в начальный момент времени, °С.

Зависимость моделирует процесс стабилизации температуры внутреннего воздуха в здании, для которого планируется установка ТНУ за определенный период времени (рисунок 2). При помощи модели можно оценить необходимый минимальный объем задействованной системы отопления для поддержания допустимой температуры внутри помещений при стабильной компенсации нагрузки ГВС любым типом ТНУ, а также определить необходимость дополнительного подвода тепла в систему отопления от стороннего источника в случае недостаточного количества аккумулированного тепла.

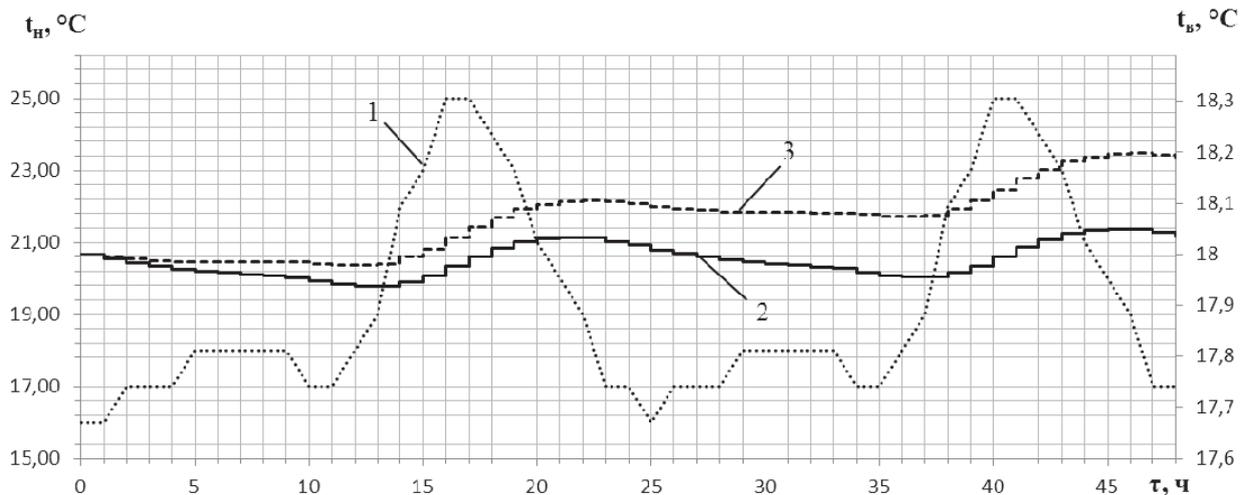


Рисунок 2 – Изменения температуры внутреннего воздуха при работе ТНУ: 1-температура наружного воздуха, 2-температура внутреннего воздуха, 3-температура внутреннего воздуха при отсутствии ТНУ (линия 1 относится к основной оси для температуры наружного воздуха t_n , линии 2 и 3 относятся к вспомогательной оси для температуры внутреннего воздуха t_e)

Однако, основной проблемой математической модели является сложность определения поправочных коэффициентов A и B , так как они рассчитываются исходя из индивидуальных особенностей потребителей, что требует создания новых методических указаний для

расчета систем отопления в режиме охлаждения, основанных на лабораторных испытаниях для различных типов отопительных приборов. В данном случае разработка указаний позволяющих достоверно определить коэффициенты станет необходимым условием для дальнейшего подтверждения валидности модели для широкого круга потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Берзан, В.П. Аспекты проблемы стимулирования внедрения тепловых насосов / В.П. Берзан, С.Г. Робу, М.Л. Шит // Проблемы регион. энергетики. – 2011. – № 1. – С. 91–94.
- 2 Аникина, И.Д. Применение тепловых насосов для повышения энергоэффективности паросиловых ТЭС / И.Д. Аникина, В.В. Сергеев // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. – 2013. – № 178. – С. 56–61.
- 3 Сафронов, П.Г. Использование теплового насоса в тепловых схемах тепловых электростанций / П.Г. Сафронов, А.Г. Батухтин, С.А. Иванов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2009. – №2. – С. 202–204.
- 4 Ефимов, Н.Н. Перспективы использования тепловых насосов в энергообеспечении промышленных и коммунальных предприятий / Н.Н. Ефимов, П.А. Малышев // Теплоэнергетика. – 2009. – №11. – С. 30–33.
- 5 Калугин, А.В. Применение технологии тепловых насосов для повышения эффективности методов оптимизации отпуска теплоты / А.В. Калугин, А.Г. Батухтин, С.Г. Батухтин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2011. – № 1. – С. 201–203.
- 6 Батухтин, А.Г. Использование тепловых насосов для повышения тепловой мощности и эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения / А.Г. Батухтин // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. – 2010. – №2. – С. 28–33.
- 7 Филиппов, С.П. Эффективность использования тепловых насосов для теплоснабжения малозэтажной застройки / С.П. Филиппов, М.Д. Дильман, М.С. Ионов // Теплоэнергетика. – 2011. – № 11. – С. 12–19.
- 8 Николаев, Ю.Е. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ / Ю.Е. Николаев, А.Ю. Бакшеев // Пром. энергетика. – 2007. – № 9. – С. 14–17.
- 9 Кобылкин, М.В. Перспективное направление внедрения тепловых насосов / М.В. Кобылкин, С.Г. Батухтин, К.А. Кубряков // Междунар. науч.-исслед. журн. – 2014. – № 5/1 (24). – С. 74–75.
- 10 Повышение эффективности современных систем теплоснабжения / А.Г. Батухтин, С.А. Иванов, М.В. Кобылкин, А.В. Миткус // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. – 2013. – № 9. – С. 112–120.
- 11 Батухтин, А.Г. Применение водяных теплонасосных установок с неклассическим источником низкопотенциальной энергии для компенсации нагрузки горячего водоснабжения / А.Г. Батухтин, С.А. Иванов, М.В. Кобылкин // Пром. энергетика. – 2015. – № 3. – С. 18–21.
- 12 Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для вузов. – 6-е изд., перераб. / Е. Я. Соколов. – Москва : Изд-во МЭИ, 1999. – 472 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *энергосбережение, тепловой насос, горячее водоснабжение, малозатратность, моделирование*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Батухтин Андрей Геннадьевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»*

Батухтин Сергей Геннадьевич, ведущий специалист ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»

Кобылкин Михаил Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»

Сафронов Павел Григорьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *672039, Забайкальский край, г. Чита, ул. Александрово-заводская, 30, ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ВЫПУСКНЫМИ ГАЗАМИ В АТМОСФЕРУ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

К.К. Телидис

PROMISING WAYS TO REDUCE EMISSIONS OF MARINE DIESEL ENGINES WITH THE EXHAUST GASES IN THE ATMOSPHERE

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

K.K. Telidis

The analysis of the methods for reducing emissions of marine diesel engines with exhaust gases in the atmosphere is given with an assessment of their advantages and disadvantages. The conclusion is made about the need for developing the new equipment to neutralize exhaust gases of marine diesel engines. Good prospects for using scrubbers for this purpose is proved.

Keywords: ship power plants, atmospheric pollution, gas emissions, exhaust gases, scrubber

Дан анализ методов снижения вредных выбросов судовых дизелей с выпускными газами в атмосферу с оценкой их преимуществ и недостатков. Сделан вывод о необходимости разработки и создании нового оборудования для обезвреживания выпускных газов судовых дизелей. Доказывается перспективность применения для этой цели скрубберов.

Интенсивное развитие судоходства на водных путях привело к строительству качественно нового флота: с мощными энергетическими установками, высокой грузоподъемностью и скоростью судов. Эксплуатация такого флота сопровождается сжиганием большого количества углеводородного топлива для выработки энергии главными и вспомогательными судовыми двигателями и значительными выбросами отработавших газов в атмосферу.

По требованию ГОСТ Р 51249-99 ограничены выбросы компонентов отработавших газов по удельным показателям: NO_x – до 9,43 г/(кВт·ч); CO – до 3,0 г/(кВт·ч); твердых частиц (ТЦ) – до 0,15 г/(кВт·ч) и углеводородов C_xH_y до 1,0 г/(кВт·ч). Свои ограничения накладывают международные требования ИМО «Технический Кодекс по выбросам окислов азота от судовых дизельных двигателей» (в составе приложения MARPOL 73/78).

Ужесточение норм выбросов оксидов азота с продуктами сгорания судового топлива и введение новой редакции Приложения VI Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL 73/78-2012 г.) требует немедленных мер для приведения токсичных выбросов с судов в соответствие с введенными нормами. Это может быть достигнуто в частности за счет внедрения новых технических решений в судовые системы очистки. С 1 июля 2010 г. Международная морская организация (ИМО) ужесточила нормы выбросов оксидов азота на 20% (уровень Tier II), а с 2016 г. запланировано ужесточение норм в зонах контроля эмиссии оксидов азота (NO_x Emission Control Area – NECA) на 80% (уровень Tier III) [1].

С 2015 г. начался третий этап программы по введению конвенцией MARPOL ограниченный содержания серы в бункерном топливе в зонах SECA (район Балтийского и Северного моря). Максимальное содержание серы ограничено в пределах 0,1%, кроме того, границы зоны SECA значительно расширены [1]. Вне зон контроля содержание серы в любом жидком топливе, используемом на судах, не должно превышать следующих пределов:

- 3,50% по массе 1 января 2012 г. и после этой даты;
- 0,50% по массе 1 января 2020 г. и после этой даты.

Постановлением Правительством РФ от 24 марта 2011 г. №203 Российская Федерация присоединилась к Международной Конвенции MARPOL 73/78 «О предотвращении загрязнения с судов». Приложение VI к Конвенции предусматривает ограничение выбросов в атмосферу оксидов азота (NO_x) главных и вспомогательных судовых двигателей на уровне ИМО Tier II с 01.07.2010 г. [2].

Проблема расширяется в случае постановки судов на рейды и входа в порты иностранных государств, где могут существовать свои санитарные нормы, предельно-допустимые концентрации компонентов, входящих в состав отработавших газов дизелей, в воздухе предъявляются отдельные требования к загрязнению воздуха в зоне акватории портов. Именно поэтому каждый из отдельных шагов, направленных на снижение вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания в атмосферу имеет определенную значимость и актуальность [2].

Целью проведенных исследований, изложенных в данной статье, стал поиск и выбор наиболее перспективного и приемлемого пути очистки выпускных газов судовых дизельных двигателей от токсичных компонентов в соответствии с международными требованиями конвенции MARPOL 73/78 «О предотвращении загрязнения с судов».

В настоящее время существует три возможных пути решения проблемы по снижению концентрации вредных, токсичных компонентов в выпускных газах судовых дизелей и котлов:

– применение низкосернистых видов топлив. Переход на альтернативные виды топлива. К таким топливам, уже прошедшим экспериментальную и эксплуатационную проверку, можно отнести газ, спирт и кислородосодержащие синтетические топлива, например, диметилэфир;

– усовершенствование рабочего процесса в топках котлов или камерах сгорания дизелей, за счет совершенствования конструкции и регулировки эксплуатационных параметров СДВС;

– снижение вредных выбросов, заключающиеся в обработке дымовых газов после котла или дизеля. Создание нового оборудования для обезвреживания выпускных газов.

Применение низкосернистых видов топлив. Переход на альтернативные виды топлива. Переход судов на газовое топливо – компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) и сжиженный природный газ (СПГ) – наиболее экономически выгодный метод обеспечения выполнения экологических требований. На судах преимущественно используют СПГ, что связано с требованиями пожаробезопасности и с ограничением объема и массы топливных емкостей. Есть опыт эксплуатации судов и на КПГ под давлением 20-25 МПа. Для КПГ на судне при той же суммарной энергоэффективности требуется в 5 раз больше объема, чем для дизельного топлива (ДТ), а для СПГ – только в 2. Масса топливных цистерн с топливом в 1,5 раза больше для СПГ, чем для ДТ, а для КПГ – в 4 раза. При хранении СПГ под давле-

нием уменьшается объем, но увеличивается масса топливных запасов и емкостей, поэтому рациональнее использовать на судах природный газ в сжиженном состоянии [3].

Природный газ (ПГ) в качестве моторного топлива имеет следующие преимущества:

- стоимость природного газа значительно ниже стоимости эквивалентного по тепло-творной способности количества нефтяного моторного топлива;
- использование природного газа позволяет уменьшить на 90-95% эмиссию NO_x , на 20-25% CO_2 , почти не образуются SO_x , твердые частицы и сажа;
- уменьшается абразивный износ топливной аппаратуры применение газа, не вызывает коррозии;
- в 2 раза снижается расход масла и благодаря уменьшению налета гари на деталях цилиндрико-поршневой группы, увеличивается межремонтный ресурс.

К недостаткам ПГ можно отнести:

- необходимость поддерживать низкую температуру либо высокое давление в топлив-ных емкостях;
- повышение тепловых нагрузок двигателя;
- увеличение трудоемкости технического обслуживания и ремонта двигателя;
- большее по сравнению с применением жидкого топлива значение коэффициента из-бытка воздуха;
- существенным недостатком газовых топлив, по сравнению с жидкими, является необ-ходимость создания более сложной инфраструктуры, обеспечивающей снабжение потреби-телей. Из этого следует, что двигатели, использующие газ, необходимо располагать непо-средственно вблизи мест его добычи или в местах, куда он доставляется в ходе транспор-тировки к другим потребителям.

Если учесть, что основу грузооборота российских портов Балтики составляют как раз контейнеры, балкерные грузы, нефть и нефтепродукты, то становится понятным, что для российской морской отрасли СПГ – не панацея. Для массового использования одного необ-ходимо строительство сжижающих установок на побережье, подводка газопроводов, строи-тельство специализированных судов-бункеровщиков. В тоже время, частные инвесторы должны быть уверены в стабильности спроса, а в условиях его отсутствия, это выгодно для таких стран, как Германия и Дания [4].

Использование газового топлива на судне, не являющемся газовозом, влечет за собой возникновение дополнительных опасностей, которые ранее не угрожали обычным судам. Перечень дополнительных опасностей, возникающих на конкретном судне, зависит от спо-соба хранения топлива, места его расположения на судне и способа использования (типа энергетической установки).

Следует отметить следующие специфические опасности, связанные с хранением газо-вого топлива на судне:

- объемный взрыв утечек газа в закрытое помещение от трубопроводов и самой цис-терны;
- возможное повреждение топливных цистерн и трубопроводов при внешнем механиче-ском повреждении судна или контейнера на верхней палубе.

Для обеспечения безопасности необходимо разработать требования по безопасности размещению на судне топливных емкостей. Можно рекомендовать на таких судах ужесто-чить требования к противопожарной защите в целом, а не только в помещении с газовым топливом.

Совместно с Российским морским регистром судоходства ОАО «Объединенная судо-строительная корпорация» ведется работа по уточнению правил использования СПГ на су-дах, не являющихся газовозами. В Северном конструкторском бюро разработан концепту-альный проект газовоза усиленного ледового класса на СПГ, оснащенного современными системами балластных вод и высокопрочным корпусом [5].

Усовершенствование рабочего процесса в топках котлов или камерах сгорания дизе-лей. Снижение вредных выбросов путем усовершенствования рабочего процесса в топках котлов или камерах сгорания дизелей имеет ряд особенностей. Так, например, на снижение окислов азота (NO_x) можно воздействовать охлаждением надувочного воздуха и использо-ванием турбонадува. Испытания показывают, что понижение температуры надувочного воздуха на 3 °С приводит к уменьшению выбросов NO_x примерно на 1%. Недостатками та-кой системы являются высокая стоимость и потери энергии заряда, а также повышение рас-хода топлива.

Использование наддува высокого давления и соответствующей регулировки впускных клапанов приводит к тому, что происходит расширение воздуха до сжатия и, как результат, охлаждение заряда воздуха в цилиндре. Испытания на двигателе Sulzer 9S20 показывают, что выбросы NO_x могут быть снижены до 15-20% без какого-либо увеличения расхода топлива.

На уменьшение выбросов NO_x можно воздействовать изменением давления и скорости впрыска топлива. Может быть применен поздний впрыск топлива. При этом методе достигается снижение выделения NO_x , однако, задержка впрыскивания ведет к уменьшению давления и температур в цилиндре, что в свою очередь приводит к уменьшению эффективности двигателя и повышению расхода топлива на 3 г/(кВт·ч). С помощью этого метода можно достигнуть уменьшения NO_x до 25%.

Снижение эффективности двигателя задержкой впрыскивания топлива может быть скомпенсировано увеличением степени сжатия, что также влияет на уменьшение выделения NO_x . Теоретически, максимальное уменьшение NO_x , которое может быть достигнуто этим способом – 25%, но с увеличением расхода топлива на 1%.

Рециркуляция части выпускных газов – эффективный метод снижения NO_x . Тенденция уменьшения образования NO_x путем рециркуляции выпускных газов базируется на трех основных фактах. Уменьшение содержания кислорода в воздухе увеличивает количество газа, который подогревает топливо для сгорания. В результате уменьшения адиабатической температуры пламени уменьшается образование NO_x . Применение охлаждения системы рециркуляции выпускных газов не влияет на диапазон температур и снижение эффективности двигателя, не учитывая негативные эффекты от низкого содержания кислорода в процессе сгорания.

Уменьшение содержания кислорода уменьшает реакции между азотом и кислородом, что в свою очередь приводит к уменьшению NO_x . Высокое содержание оксида серы и выхлопного газа может вызвать коррозию и проблемы, связанные с загрязнением. Фактически система рециркуляции выпускных газов может быть применена при сгорании чистого топлива, например, природный газ или легкое топливо. В этом отношении, некоторые результаты испытаний системы рециркуляции выпускных газов были проведены на двигателе ZA40S. Максимальное снижение NO_x составляет 85%, когда рециркулируется 45% выпускных газов. Избежать вышеупомянутых проблем загрязнения и коррозии может метод, при котором рециркуляция выпускных газов происходит совершенствованием процесса продувки двигателя. Испытания, проведенные на двигателе 4RTX54, показывают, что этот метод хорош для уменьшения образования NO_x . В результате испытаний снижение NO_x составляет 22%.

Достичь более высокого снижения NO_x , по сравнению с методами описанными выше, помогают такие технические приемы, как рециркуляция выхлопных газов, непосредственное впрыскивание аммония и добавление воды в рабочий процесс. В результате применения этих методов можно снизить NO_x в выпускных газах на 50%. Однако некоторые из этих приемов являются несовместимыми с использованием тяжелого топлива и могут привести к увеличению стоимости эксплуатации двигателей [5].

Снижение вредных выбросов, заключающиеся в обработке дымовых газов после котла или дизеля. Решение проблемы путем применения водотопливных эмульсий (ВТЭ), низкосернистых и альтернативных видов топлив, а также присадок к ним, совершенствования рабочих процессов дизелей, не исключает развития пути каталитической очистки отработавших газов, заключающийся в обработке дымовых газов после котла или дизеля. В последние десятилетия идет интенсивное использование в практике эксплуатации двигателей внутреннего сгорания метода каталитической нейтрализации отработавших газов. Появляются новые каталитические материалы для изготовления матриц нейтрализаторов.

Вопросы повышения эффективности каталитической очистки газов связаны в основном со следующими направлениями:

- разработкой конструкции нейтрализаторов и компоновкой в них каталитических блоков очистки;
- выбором типов и составов каталитических материалов для обеспечения эффективной очистки отработавших газов;
- обеспечением условий в каждой из ступеней очистки, температуры и состава газов для эффективной очистки отработавших газов.

В дополнение к традиционным технологиям, таким как селективное каталитическое восстановление NO_x аммиаком (SCR-процесс), продолжают развиваться новые технологии очи-

стки отработавших газов, обладающие лучшими эксплуатационными свойствами.

Самым простым способом удаления окислов серы из отработавших газов является метод скруббирования с использованием морской воды. В настоящее время вследствие естественной доступности реагентов ведутся интенсивные поиски использования этого метода в судостроении. На первом этапе в процессе контакта распыленной воды и отработавших газов в скруббере двуокись серы растворяется в морской воде; на втором – ионы сульфатов удаляются вместе с морской водой, а часть остальных продуктов сгорания в виде взвешенных частиц фильтруется и направляется в емкости для отходов с последующей очисткой и повторным использованием [2].

Положительные стороны применения скрубберов на судах:

- в качестве топлива можно использовать традиционный высокосернистый мазут;
- инфраструктура снабжения судов бункерным топливом не меняется;
- низкая стоимость топлива (дешевле дизельного топлива или СПГ).

К отрицательным сторонам использования скрубберов относится:

- необходимость разместить на судне оборудование скруббера с удельным весом 4,9 кг/кВт мощности судовых силовых установок;
- необходимо держать на судне значительный запас 50% раствора каустической соды для работы скруббера;
- необходимость производить очистку водного раствора сульфатов образующихся в результате работы скруббера от механических примесей и частиц несгоревшего топлива;
- необходим дополнительный штат обученного персонала для обслуживания скруббера;
- необходимо контролировать по четырем параметрам выбросы раствора соли за борт. Кроме того, нет гарантии, что следующий этап ограничений МАРПОЛ не запретит сбросы в воду этих химически нейтральных отходов;
- высокая стоимость переоборудования судна;
- технология использования скрубберов до конца не отработана, поэтому судно периодически вынуждено бункероваться конвенционным топливом.

Гибридные скрубберы, которые были разработаны специалистами компании Wärtsilä и могут работать как в морской, так и в пресной воде, прошли тестовые испытания на судне, принадлежащем судоходной компании Grimaldi Lines. Новая технология вызвала немалый коммерческий интерес, и руководство уже подписало соглашение о поставке серных скрубберов для их последующей установки на круизные суда. Компания также подала заявку на получение патента на новую технологию.

В независимости от типа судна его владелец или управляющая компания получают внушительную экономию. Служить скруббер будет практически столько же, сколько и само судно – примерно 25 лет, – заверил Арии Суоминен руководитель финского филиала Wärtsilä по вопросам развития экологических технологий [5]. Срок окупаемости инвестиций, вложенных в новое судно, будет сравнительно небольшим и составит от двух до трех лет.

Судьба проектов по использованию скрубберов на судах находится во власти инженеров, которые должны снизить вес оборудования и доработать систему очистки сбрасываемых за борт растворов солей. Не маловажным фактором для распространения скрубберов является фактор времени – сколько лет еще будет разрешено сбрасывать за борт отработанный раствор соли.

Оснащение судов специальными скрубберами – очень серьезный шаг на пути к очистке выхлопных газов, выбрасываемых в атмосферу в ходе морских перевозок [6].

По прогнозам Marine and Energy Consulting судовладельцы в массе своей предпочтут скрубберы в качестве наиболее дешевого и эффективного средства очистки газовых эмиссий с судов. Для судов возрастом более 15 лет они – просто идеальное средство решения проблемы. Стоимость скруббера зависит от размера судна, они устанавливаются на главных двигателях и выводят серу из судового топлива, позволяя судам работать в районах ЕСА. В качестве альтернативы установке скрубберов на судах выступает перевод судов на СПГ, что в текущий период влечет за собой ряд неудобств, не говоря уже о расходах. Они на 20-40% выше по сравнению с установкой скрубберов.

К 2025 г. в год при помощи скрубберов будут очищаться 28 млн. т судового топлива, а суммарные затраты судовладельцев на оборудование судов скрубберами составят 15 млрд. \$ США. На судах к 2025 г. будет установлена 6000 скрубберов [5].

Предприятия ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» ведут разработку

судов, оснащенных системами очистки топлива (скрубберами) и использующих альтернативные виды топлива. Об этом в ходе 5-го Международного форума «Экология», проходившего в Санкт-Петербурге, сообщил Борис Ионов, начальник отдела промышленной безопасности и охраны труда департамента инновационного развития и менеджмента качества ОАО «Объединенная судостроительная корпорация».

По его словам, в частности конструкторским бюро «Вымпел» был разработан ледокол проекта 21905, на котором предусмотрено использование скруббера, траулер проекта 00730 с двухтопливной системой и катализатором очистки окислов азота (NO_x), а также танкеры с системами замера и регистрации уровня выбросов.

Конструкторское бюро «Рубин» разрабатывает экологически чистую морскую технику для работы на морских месторождениях.

Указанные разработки ведутся на счет средств федеральной целевой программы развития гражданской и морской техники и собственных средств [5].

По рассмотренным исследованиям ведущих двигателестроительных фирм и анализу научно-технической литературы можно сделать вывод, что разработка и создание нового оборудования для обезвреживания выпускных газов судовых дизелей и выполнения требований международной конвенции МАРПОЛ 73/78 «О предотвращении загрязнения с судов», является наиболее перспективным и актуальным направлением в настоящее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов = International Convention for Prevention of Pollution from Ships: VFGJK/ Кн. III. -пересмотр. изд. -Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2012. -336 с.
- 2 Телидис, К.К. Перспективный метод очистки вредных выбросов в атмосферу из судовых дизелей с помощью гидрогазоочистителя / К.К. Телидис // Материалы IV межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России», 15-16 мая 2013 г. / ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. -Санкт-Петербург, 2013. -С. 223-228.
- 3 Воробей, К.А. Особенности применения газообразных топлив в судовых энергетических установках / К.А. Воробей // Материалы VI межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 14 мая 2015 г. / ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. -Санкт-Петербург, 2015. -С. 181-184.
- 4 Чернов, В. Дания сделала Балтике кислую мину. Газовая атака [Электронный ресурс] / В. Чернов. -Режим доступа: / <http://portnews.ru/comments/1588/>. -12.01.2015.
- 5 Безопасность мореплавания // Сборник МГУ им. адм. Г.И. Невельского. -2014. -№5 (май). -С. 26-27.
- 6 Новиков, Л. А. Основные направления создания малотоксичных транспортных двигателей / Л. А. Новиков // Двигателестроение. -2001. -№2/3. -С. 1-27, 32-34.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовые энергетические установки, загрязнение атмосферы, вредные выбросы газов, выпускные газы, скруббер

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Телидис Костас Константинович, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

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

НАТЯЖИТЕЛЬ ЦЕПНОГО ПРИВОДА СУДОВОГО МАЛОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»

Ю.А. Корнейчук

THE MARINE LOW SPEED DIESEL ENGINE CHAIN DRIVE TIGHTENER

Far Eastern state technical fisheries university

Yu.A. Korneychuk

The article is devoted to the MAN diesel low speed engine chain drive tightener. It is suggested to watch exactness of chain drive on the rejections of lever of tightener at turning of diesel. Chain drive technical maintenance recommendations are given.

Keywords: diesel engine, camshaft, chain, drive, tightener, vibrations

Описывается натяжитель цепного привода малооборотного дизеля фирмы MAN. Предлагается наблюдать за точностью цепного привода по отклонениям рычага натяжителя при проворачивании дизеля. Даны рекомендации по техническому обслуживанию цепного привода и натяжителя.

Цепной привод используют при большом расстоянии между осями коленчатого и распределительного валов, когда шестеренный привод получился бы громоздким и дорогим. Для создания оптимального натяжения цепи использовали тарированную пружину. По величине деформации пружины судили о натяжении цепи. После переноса натяжного устройства в нижнюю часть цепного контура от пружины отказались. Вместо нее натяжение цепи обеспечивается весом рычага натяжителя 6 (рисунок 1).

Звездочка 1 распределительного вала приводится в движение двумя одинарными цепями 3 от ведущей звездочки 7 коленчатого вала. Промежуточные звездочки 5 являются направляющими, и используются для привода компенсаторов неуравновешенных моментов инерции. Еще одна звездочка входит в состав натяжного устройства. Натяжение двух цепей осуществляется поворотом рычага натяжного устройства 6 вокруг неподвижной оси по часовой стрелке. Для гашения поперечных колебаний цепей 3 предусмотрены направляющие резиновые шины на металлическом каркасе. Оси всех звездочек и цепи смазываются маслом. Смазка цепей осуществляется маслом, подаваемым на них через направляющие сопла.

Между роликами цепей и шинами предусмотрен зазор около 5 мм во избежание дополнительного изнашивания в местах контакта роликов с втулками.

Для компенсации неуравновешенных моментов второго порядка часто промежуточные звездочки снабжены эксцентрично расположенными массами – балансирами. В этом случае цепь испытывает циклическое нагружение. Для снижения продольно-поперечных колебаний цепей применяют резинометаллические шины и демпфер натяжного устройства. Если эффективность резинометаллических шин для ограничения поперечных колебаний не вызывает сомнений, то эффективность гидравлического демпфера нуждается в исследовании.

Работу натяжного устройства рассмотрим на схеме (рисунок 2). Левая часть вильчатого рычага 2 шарнирно крепится к валу в корпусе цепного отсека. Натяжение цепи 4 происходит через звездочку 3 под действием веса натяжного устройства. Правая часть рычага 2 вместе с цилиндром 7 может перемещаться относительно неподвижного поршня 6 на штоке 5, соединенным шарнирно с корпусом цепного отсека.

Из рисунка 2 следует, что скорость перемещения цилиндра 7 относительно поршня 6 зависит от зазора между цилиндром и поршнем, от вязкости масла и от приложенного усилия. Если цилиндр 7 закрепить на штоке 5, то отключится демпфирующее устройство.

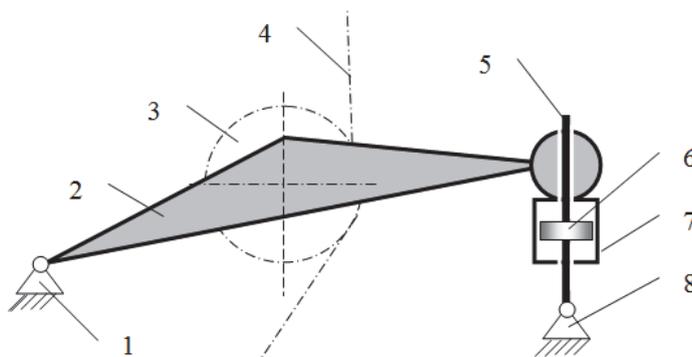


Рисунок 2 – Схема натяжителя цепей: 1-шарнир; 2-вильчатый рычаг; 3-звездочка; 4-цепь; 5-шток; 6-поршень; 7-цилиндр; 8-опора

Из описания дизеля следует, что устройство на рисунке 3 не является гидравлическим натяжителем. Гидравлический цилиндр 5 соединен с вильчатым рычагом 10 и свободно перемещается под действием радиальных биений звездочек, неравномерного удлинения цепи, поперечных и продольных колебаний цепей. В цилиндр 5 поступает масло из системы циркуляции дизеля. При работе дизеля поршень 12 закреплен на проставочной втулке 4 неподвижно относительно штока 3. При техническом обслуживании дизеля положение поршня на штоке 3 можно изменить, фиксируя втулку 4 в нужном

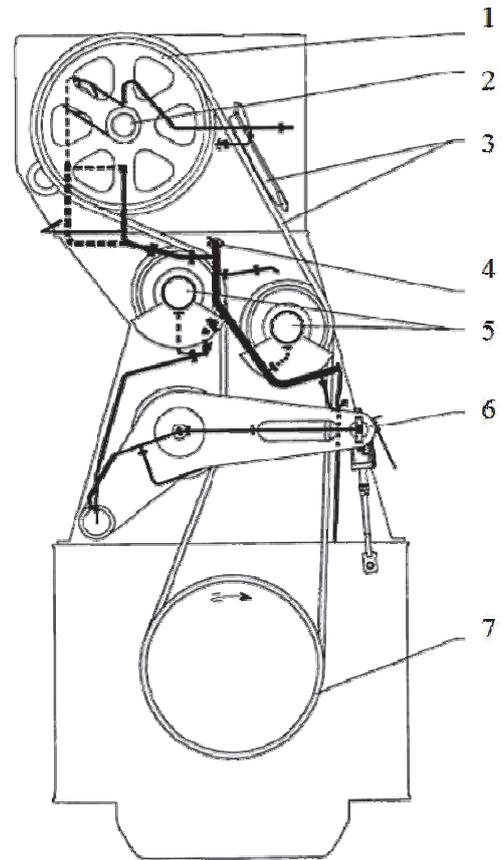


Рисунок 1 – Цепной привод распределительного вала дизеля MAN MC60: 1-ведомая звездочка; 2-распределительный вал; 3-цепь с направляющей шиной; 4-трубопровод смазочного масла; 5-промежуточные звездочки; 6-натяжитель; 7-ведущая звездочка

положении гайками 1, 2, 8 и 9. В поршне 12 имеются отверстия 7 для перетекания масла из одной полости в другую. Энергия колебаний частично преобразуется в тепловую энергию жидкостного трения.

Регулировку демпфера натяжителя цепи следует производить, когда стрелка индикатора достигает нижнего предела шкалы. Циркуляционное масло подается в верхнюю камеру демпфера (рисунок 3) и через отверстие в поршне попадает в нижнюю камеру. Так как давление масла одинаково в верхней и нижней камерах демпфера, то устройство не применяется в качестве гидравлического натяжителя цепей.

Регулировка демпфера натяжителя необходима при значительном удлинении цепей и представляет собой серию процедур:

– Открутите гайки 1, 2, 8 и 9. Заверните гайки 1 и 2, чтобы отрегулировать положение проставочной втулки 4 и закрепленного на ней поршня 12 демпфера.

– Проверните двигатель так, чтобы провисающая часть цепей была на стороне натяжного колеса.

– Если цепной привод, оборудован противовесами для уравнивания, проворачивание следует продолжать до тех пор, пока противовесы не будут висеть вертикально вниз.

– Удерживая противовесы в этом положении, затяните гайку 8 на болте натяжного устройства цепи, пока зазор между валом и гайкой не будет равным, указанному в формуляре дизеля.

– Затяните гайку 2 до упора с торцом штока поршня.

– Затяните гайку 1.

– Затем застопорите гайки 2 и 1 с помощью контршайбы.

– Затяните гайку 9.

– Затем застопорите гайки 9 и 8 с помощью контршайбы.

– Установите индикатор износа цепи на нулевую отметку шкалы.

Среди возможных причин обрывов цепей можно выделить: распрессовку элементов звеньев в результате фреттинг-коррозии и усталостное разрушение элементов цепи; слабое крепление пластины наружного звена в результате ошибок при расчеканке концов валиков и использования некондиционных пластин; продолжительную работу в зоне критических оборотов; высокие динамические нагрузки на привод при крутильных колебаниях валов; нарушение подачи смазки; износ и потеря подвижности роликов.

Перечень мероприятий направленных на снижение рисков связанных с отказами в ЦП:

– Проведение регулярных осмотров направленных на определение состояния ЦП в сроки, рекомендованные заводом изготовителем или судовладельцем.

– Проверка натяжения цепей.

– Во время работы ЦП проводить периодические проверки (на слух). В случае появления нехарактерных шумов при первой возможности произвести осмотр ЦП.

– Все элементы ЦП не должны иметь видимых повреждений, ролики звеньев должны быть подвижны.

– Во время проворачивания ГД для проверки состояния ЦП со стороны последнего не должно быть слышно посторонних звуков.

– Подозрительные звенья и другие элементы ЦП проверить на наличие трещин используя «Super Check».

На рисунке 4 приведен пример записи колебаний натяжителя цепей при проворачивании дизеля валоповоротным устройством.

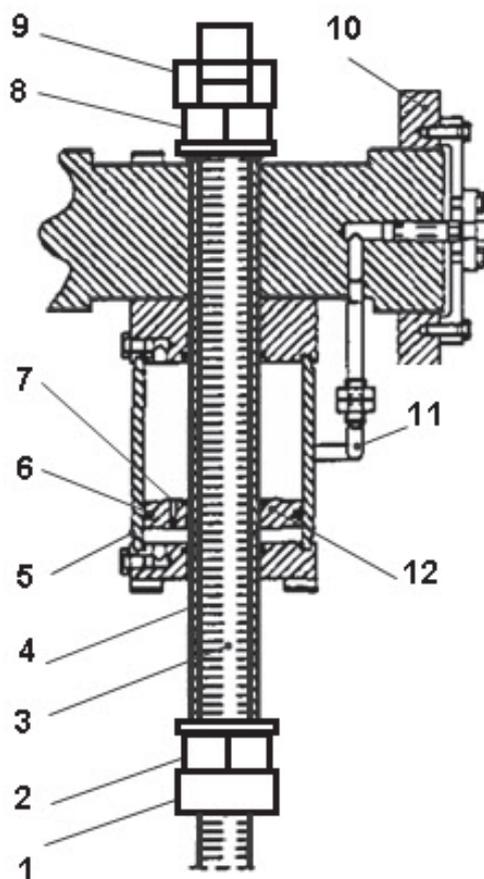


Рисунок 3 – Демпфер натяжителя цепей дизеля MAN MC60: 1, 2, 8, 9-гайки; 3-шток; 4-проставочная втулка; 5-гидравлический цилиндр демпфера; 6-уплотнительное кольцо; 7-дрозсельное отверстие; 10-вилчатый рычаг (кронштейн); 11-трубка подачи масла; 12-поршень

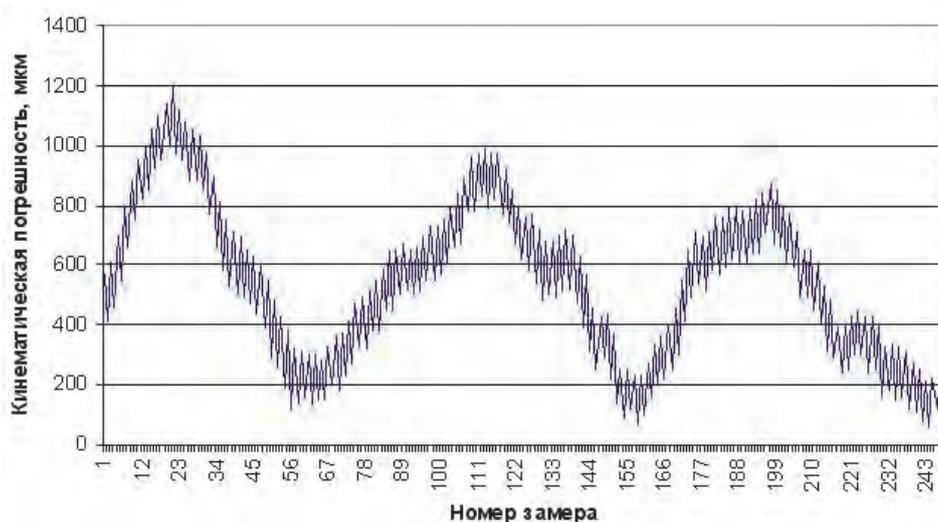


Рисунок 4 – Кинематическая погрешность цепного привода дизеля MAN MC60

В заключение следует отметить, что конструкция цепного отсека МОД МС-60 способствует диагностированию привода распределительного вала по колебаниям рычага натяжителя цепей без изменения конструкции и условий натяжения, проводимых ранее [1]. Размах колебаний не должен превышать 2 мм. Изменение величины колебаний при изменении направления вращения характеризует величину провисания холостой ветви цепи. В случае значительного превышения указанных величин следует провести детальный анализ кинематической погрешности [2] и произвести поиск дефектных звеньев [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соболенко, А.Н. Кинематическая погрешность приводной цепи малооборотного дизеля /А.Н. Соболенко, Ю.А. Корнейчук // Двигателестроение. – 2008. – № 4. – С. 32–36.
- 2 Корнейчук, Ю.А. Анализ Фурье кинематической погрешности механической передачи /Ю.А. Корнейчук // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2014. – №1/2. – С. 222–226.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизель, распределительный вал, цепь, привод, натяжитель, колебания
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Корнейчук Юрий Алексеевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690087, г.Владивосток, ул.Луговая, 52Б, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ КОРЕННОГО ОПОРНОГО УЗЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
 ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.С. Попович, А.Е. Свистула, В.В. Коновалов

EXPERIMENTAL METHODS OF INVESTIGATION OF STRESSED-DEFORMED STATE OF NATIVE SUPPORT ASSEMBLY INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Altai state technical university named I.I.Polzunova
 Siberian state university of water transport
 V.S. Popovich, A.E. Svistula, V.V. Konovalov

The advantages of the experimental strain measurement methods and measuring torsional vibration to determine the stress-strain state of the indigenous support assembly engine.

Keywords: strength, stress-strain state, experiment, crankshaft

Рассмотрены достоинства экспериментальных методов тензометрирования и торсиографирования для определения напряженно-деформируемого состояния коренного опорного узла ДВС.

Решение современных проблем прочности деталей машин и элементов конструкций, имеющих сложную геометрическую форму, тесно связано с анализом напряженно-

деформируемого состояния. Одним из этапов решения этих проблем является умение прогнозировать и определять возможные деформации, напряжения и усилия, вызываемые действующими нагрузками.

Источником достоверной информации о техническом состоянии узлов машин и механизмов является виброакустический сигнал, изменения свойств которого коррелированы с изменением параметров технического состояния, вызванного физическим износом узлов, изменением геометрических размеров деталей, уходом параметров регулировок. Методы виброакустической диагностики позволяют не только выявить уже развившуюся неисправность и предотвратить катастрофические разрушения коренного опорного узла двигателей внутреннего сгорания, но и обнаружить развивающийся дефект на очень ранней стадии, что дает возможность прогнозировать аварийную ситуацию и обоснованно планировать сроки и объем ремонта.

Известно, что коренной опорный узел «блок-картер-коленчатый вал-подшипники-крышка коренного подшипника» является наиболее нагруженным и работает в широком диапазоне климатических условий (большие перепады температур, влажности) при больших переменных нагрузках.

Решение проблемы раннего диагностирования коренного опорного узла позволит сократить объем ремонтных работ и, соответственно, снизить затраты на производство ТР и ТО на 25%, за счет повышения качества ремонта увеличить пробеги между ТР и ТО. Кроме того, снижаются затраты и на неплановые ремонты за счет обоснованного прогнозирования сроков безотказной работы оборудования и назначения их ресурса в соответствии с фактическим состоянием коренных опорных узлов.

В процессе эксплуатации ДВС разрушение материала коленчатого вала происходит в местах, где действующие напряжения равны или превышают предельные. Если вал испытывает симметричный цикл при заданном виде деформации, то в качестве предельного напряжения выступает предел усталости при симметричном цикле при этом виде деформации. В самом простом случае достаточно определить место, где напряжения наибольшие, и это место будет самым опасным с точки зрения прочности.

Попытки теоретического расчета при циклических нагрузках положения опасных мест и значений напряжений в этих местах дают результаты, обычно не совпадающие с реальными, так как методы расчетов крутильных и изгибных колебаний базируются на определенных допущениях, упрощающих расчетные модели. При этом точность оценки некоторых параметров систем, например, демпфирующих сил отдельных элементов при колебаниях, еще далеко неудовлетворительна.

Следует также отметить, что большинство параметров крутильно-колеблющихся систем являются случайными величинами с дисперсией отдельных их значений относительно математического ожидания. Поэтому особое значение приобретают экспериментальные исследования крутильных и изгибных колебаний коленчатых валов с целью определения развития этих колебаний в данной установке по мере наработки часов и для накопления статической информации, необходимой для уточнения расчетов еще на стадии проектирования.

Изменение упругой линии деформации коленчатого вала при работе двигателя вызывает повышенную нагруженность элементов многоопорного коленчатого вала и подшипников скольжения. Чтобы учесть, каким образом это изменение влияет на напряженно-деформируемое состояние, необходимо знать упругие характеристики (жесткость и податливость) деталей коренного опорного узла, а также амплитуды крутильных и изгибных колебаний.

В результате экспериментальных исследований деталей коренного опорного узла двигателя внутреннего сгорания [1] методом тензометрирования получены следующие значения жесткостей коренных опор дизеля 6Ч13/14 : 2-я опора – $0,75 \cdot 10^9$ Н/м; 3-я опора – $0,82 \cdot 10^9$ Н/м; 4-я опора – $0,94 \cdot 10^9$ Н/м; 5-я опора – $0,86 \cdot 10^9$ Н/м. Для коленчатого вала экспериментально получены значения крутильной жесткости, которые лежат в пределах $(0,321-0,296) \cdot 10^9$ Нм и значения изгибной жесткости $(0,57-0,75) \cdot 10^9$ Нм.

По результатам предварительного расчета частот и амплитуд свободных крутильно-колебательных систем, выбирают места установки датчиков измерительной аппаратуры. Датчики и измерительные приборы устанавливают на доступных участках системы, где ожидаются наибольшие значения измеряемых амплитуд. Очевидно, чтобы правильно оценить напряженное состояние валовой линии необходимо как минимум в двух местах измерять наибольшие амплитудные значения [2]. Современным инструментом вибродиагностики та-

кой системы является компьютеризированный виброизмерительный комплекс со специализированным программным обеспечением для регистрации, обработки и визуализации данных: БАГС-4 [3]. Аппаратно-программное обеспечение вычислительной системы обеспечивает 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.

Классическое преобразование Фурье является традиционным математическим аппаратом для анализа стационарных колебательных процессов элементов оборудования [4]. При этом сигналы разлагаются в базисе косинусов и синусов или комплексных экспонент. Эти базисные функции простираются вдоль всей оси времени.

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 обобщённым 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 обладает 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.

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.

Исследуя стационарные сигналы, тогда достаточно применять спектральный анализ на основе быстрого преобразования Фурье. Основные проблемы возникают при: увеличении 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. Определённое число участков разбиения (число спектров) ограничивает разрешающую способность анализа во временной области.

Оконное преобразование Фурье имеет вид

$$f(\omega, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) w(t-b) e(-j\omega t) dt,$$

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 1) для вычисления преобразования Фурье в разных позициях b . В результате получается час-

точно–временное описание сигнала.

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. 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.

При торсиографировании амплитуду колебаний измеряют на свободном конце коленчатого вала и на валу валопровода в доступном месте за маховиком. Масштабы записи определяются программным методом при тарировке датчика ТНК-4 на стенде. Отметчик времени работает от часов переносного компьютера и дает отметки от 0,001 до 20 с. Отметчик оборотов работает от бесконтактного датчика, установленного на валу.

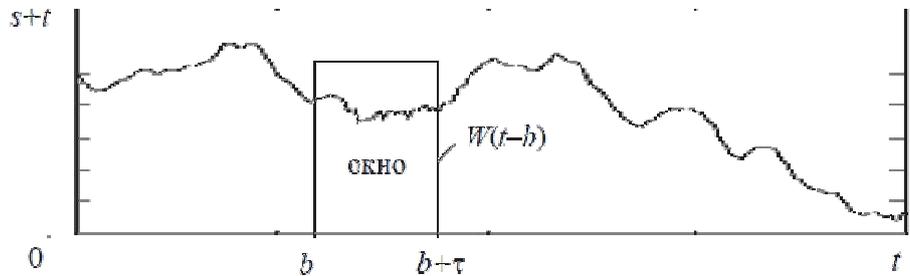


Рисунок 1 – Представление оконного преобразования Фурье

На рисунке 2 приведена запись спектрограммы. Ось абсцисс показывает амплитуду колебаний в раз, по оси ординат показана частота в Гц.

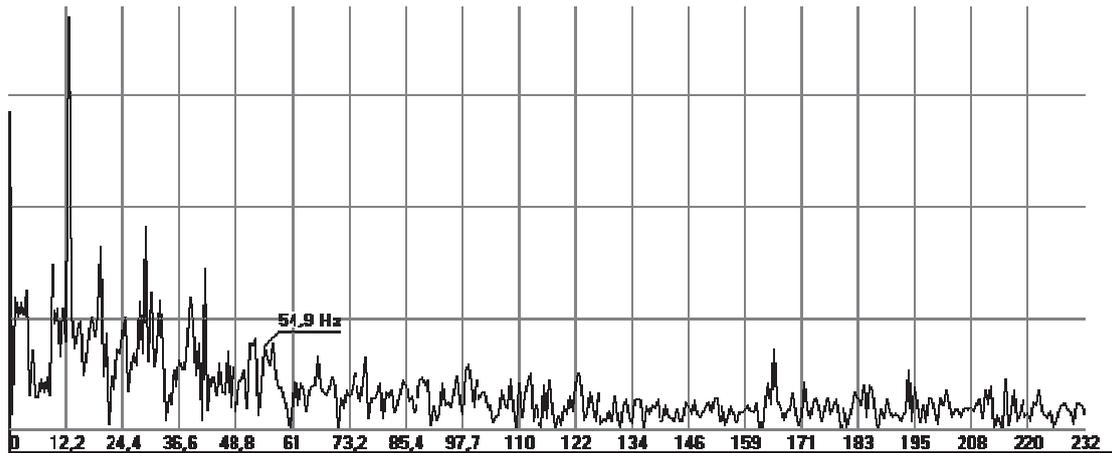


Рисунок 2 – Спектрограмма при частоте вращения коленчатого вала 600 мин⁻¹

Таким образом, экспериментальные исследования коренного опорного узла «блок-картер-коленчатый вал-подшипники-крышка коренного подшипника» методами тензометрирования и торсиографирования позволяют более полно определить напряженно-деформируемое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Попович, В.С. Экспериментальные исследования напряженного и деформируемого состояния деталей машин: учеб. пособие / В.С. Попович; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. -2-е изд., перераб. и доп. -Барнаул: Изд. АлтГТУ, 2009. -108 с.
- 2 Динамические характеристики ДВС / С.П. Глушков, С.С. Глушков, С.С. Савельев, А.В. Ярославцева // Сиб. науч. вестн. - 2007. -Вып. X. -С. 164.
- 3 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. IX. -С. 109.
- 4 Глушков, С.П. Идентификация изменения технического состояния транспортного подвижного состава / С.П. Глушков, В.В. Коновалов //Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2014. -№3. -С. 139-147.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прочность, напряженно-деформированное состояние, эксперимент, коленчатый вал
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Попович Валерий Степанович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»
 Свищула Андрей Евгеньевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»
 Коновалов Валерий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 656038, г.Барнаул, пр.Ленина, 46, ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ ДЛЯ УЧЕТА МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»
Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет водного транспорта»

Г.В. Шувалов, В.Г. Селятицкий, Т.В. Васильева, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова

DEVELOPMENT OF INSTRUMENTS TO ACCOUNT FOR THE WEIGHT OF OIL PRODUCTS

Siberian research institute of metrology

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport

G.V. Shuvalov, V.G. Selyatitskiy, T.V. Vasil'eva, M.G. Klekovkina, O.A. Yasyrova

The results of the development of devices that can be used to take the weight of petroleum products.

Keywords: oil products, temperature, device

Приведены результаты разработки приборов, которые могут быть использованы при учете массы нефтепродуктов.

Вопросы учёта и экономии энергетических ресурсов – нефти и нефтепродуктов – являются во многом определяющими для нашей страны, особенно с учётом того, что энергоёмкость российской промышленности существенно превосходит аналогичный показатель развитых зарубежных стран. Процесс энергосбережения будет эффективен только при фактическом учёте энергоресурсов, в том числе нефтепродуктов, обеспечить который могут только достоверные измерения при условии их единообразия.

Учет нефтепродуктов на практике принято вести в массовых единицах, что связано с физическими свойствами жидкостей, а именно, способностью изменения объема при изменении температуры. Масса же, при изменении объема остается неизменной. В связи с тем, что в производственных условиях не имеется технической возможности осуществить взвешивание нефтепродуктов, находящихся в стационарных резервуарах, вес определяется объемно-массовым способом.

Сущность объемно-массового способа определения массы нефтепродуктов представлена в формуле

$$m = \nu \rho, \quad (1)$$

где m – масса нефтепродукта;

ν – объем нефтепродукта при температуре хранения;

ρ – плотность нефтепродукта при температуре хранения.

Объем нефтепродукта определяется по калибровочным таблицам соответствующего резервуара, на основании данных полученных при замере уровня налива нефтепродуктов в резервуаре метрштоком.

Плотность нефтепродукта может быть определена двумя способами:

– измерение плотности ареометром с соответствующей шкалой измерений при температуре хранения нефтепродукта;

– измерение плотности в лабораторных условиях с последующим пересчетом измеренной плотности на плотность при температуре хранения нефтепродукта.

В России значительный объем нефтепродуктов транспортируется и используется в условиях Сибири и Дальнего Востока, где температурный фон в зимнее время в этих районах достигает минус (50-60) °С. В этих условиях произвести точный учет массы нефтепродуктов зачастую становится невозможным, так как необходимо определять плотность нефтепродуктов при указанных температурах или знать температурный коэффициент объемного расширения. Достоверных методов для определения плотности при температурах ниже минус 25 °С в настоящее время не существует, а процедуры пересчета плотности нефтепродукта с температуры 20 °С на температуру, при которой измеряется фактический объем нефтепродукта не всегда возможен из-за ограничений таблиц пересчета межгосударственного стандарта ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» (нижняя температура минус 25 °С). Кроме того, ГОСТ 3900-85 не учитывает влияние сортности нефтепродуктов, вследствие чего нефти из разных месторождений существенно отличаются по своим теплофизическим свойствам, что вносит значительную погрешность в результат определения массы нефтепродукта.

Для решения этой задачи в Сибирском научно-исследовательском институте метроло-

гии был разработан прибор для определения температурного коэффициента объемного расширения, который позволят определять плотность нефтепродуктов при отрицательных температурах вплоть до минус 60 °С на основе данных по коэффициенту их объемного расширения и плотности, определенной в лабораторных условиях.

В основу измерений температурного коэффициента объемного расширения положен метод измерения объемного расширения с помощью емкостного низкотемпературного dilatометра. При этом, дополнительный объем расширенного нефтепродукта измеряется путем измерения емкости эталонного конденсатора, между электродами которого находится измеряемый нефтепродукт. Конструкция такого dilatометра показана на рисунке 1.

Для практической реализации предложенного метода [1] была разработана конструкция измерительной ячейки прибора для определения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов. Измерительная ячейка представляет собой систему, состоящую из резервуара с испытуемым нефтепродуктом и датчика прецизионного уровнемера. Вся система установлена в вертикальном положении на массивном основании и помещается в климатическую камеру с регулируемым и контролируемым температурным режимом. Внешний вид измерительной ячейки показан на рисунке 2. Ёмкостный датчик уровнемера представляет собой отрезок однородной в сечении коаксиальной линии, состоящей из трёх электродов – основных и вспомогательного. Основные электроды обеспечивают измерение уровня подъёма нефтепродукта, а вспомогательный – измерение температурной зависимости его диэлектрической проницаемости.

Основные электроды с целью уменьшения температурной зависимости начальной ёмкости датчика выполнены из материалов с разными температурными коэффициентами линейного расширения. Все электроды изолированы друг от друга с помощью фторопластовых изоляторов. Подключение ёмкостного датчика к внешнему измерителю ёмкости осуществляется через коммутатор с помощью коаксиальных кабелей, соединяемых с разъёмами датчика.

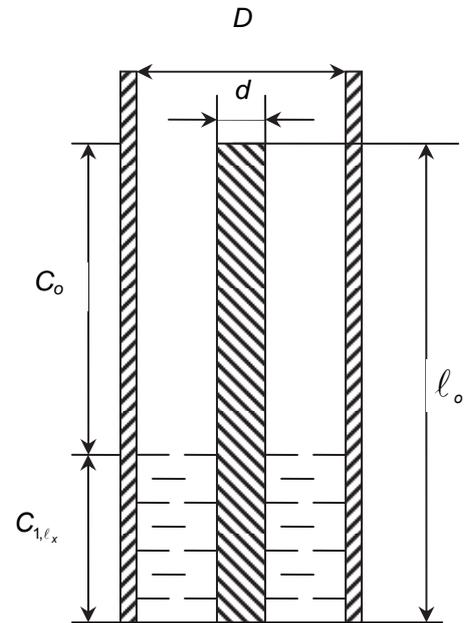


Рисунок 1 – Конструкция низкотемпературного dilatометра



Рисунок 2 – Прибор для определения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов

По показаниям температурного датчика и значениям ёмкости основного и вспомогательного электродов рассчитывают температурный коэффициент объёмного расширения нефтепродукта.

С помощью разработанного прибора для определения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов было проведено исследование температурной зависимости относительной диэлектрической проницаемости зимнего дизельного топлива. Результаты приведены в таблице.

Из данной таблицы следует, что для дизельного топлива имеет место довольно значительный температурный коэффициент диэлектрической проницаемости дизельного топлива $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, что необходимо учитывать при проведении измерений температурных коэффициентов объёмного расширения нефтепродуктов.

Измерение массы нефти и нефтепродуктов в резервуарах включает измерение средней температуры продукта, однако, исполь-

зование электронной аппаратуры в районах крайнего севера осложнено режимом эксплуатации. Значения температуры зимой достигают минус 50-60 °С.

Таблица – Температурная зависимость относительной диэлектрической проницаемости зимнего дизельного топлива

$T, ^\circ\text{C}$	ε
-40	2,2527
-30	2,2370
-20	2,2213
-10	2,2096
0	2,1962
20	2,1658
30	2,1489
40	2,1381

использованием светодиодных индикаторов и никель-кадмиевых элементов в аккумуляторной батарее.

Принцип действия измерителя основан на измерении падения напряжения в цепи постоянного тока установленного значения на включенном в нее термозависимом сопротивлении.

Функциональная схема измерителя приведена на рисунке 4. Платиновый термоэлемент $R(t)$ включен в цепь источника постоянного тока 2 с калиброванным значением 1 мА. Масштабный преобразователь 3, включен по схеме инвертирующего усилителя, осуществляет компенсацию падения напряжения на термоэлементе $R(t)$ при температуре 0 °С, а также масштабное преобразование полезного сигнала до уровня работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

АЦП расположен в схеме процессора 4, осуществляющего общую синхронизацию и работу блока индикации.

Процессор обеспечивает организацию калиброванного значения постоянного тока в источнике 2 путем подачи на него опорного напряжения U_0 , равного 2,5 В через резистор R2.

В качестве цифрового индикатора 6 использован четырехдекадный светодиодный индикатор, обеспечивающий нормальную работу блока индикации при температуре окружающего воздуха минус 50 °С. Управление цифровым индикатором осуществляет процессор 4 через усилитель 5. Питание измерителя осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи A_k напряжением 3,6 В. Заряд аккумуляторной батареи напряжением 12 В осуществляется через дополнительный источник питания.

Разработанный в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии цифровой измеритель температуры СИМ-15 «Термо», работоспособен в широком диапазоне температур окружающей среды от плюс 60 до минус 50 °С.

Измеритель относится к взрывобезопасному электрооборудованию с маркировкой взрывозащиты 0ExialIBT4X. Структурная схема измерителя приведена на рисунке 3.

Датчик измерителя выполнен на платиновом сопротивлении типа HEL-705, помещенном в изолированную трубку с грузом и соединенным кабелем с блоком индикации. Кабель намотан на держатель, выполненный в виде пластины, и может достигать длины 15 м. Расширенный температурный режим измерителей обеспечен

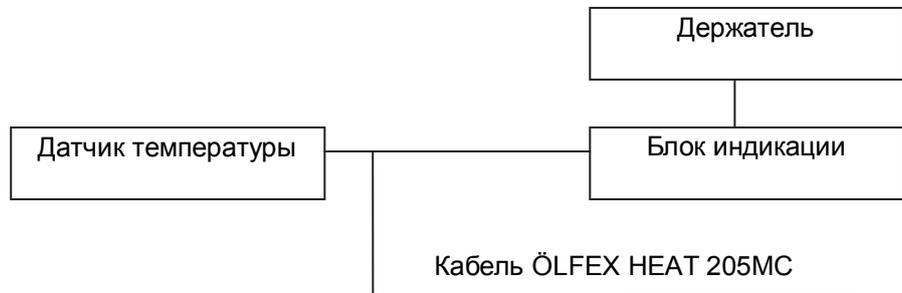


Рисунок 3 – Структурная схема измерителя температуры

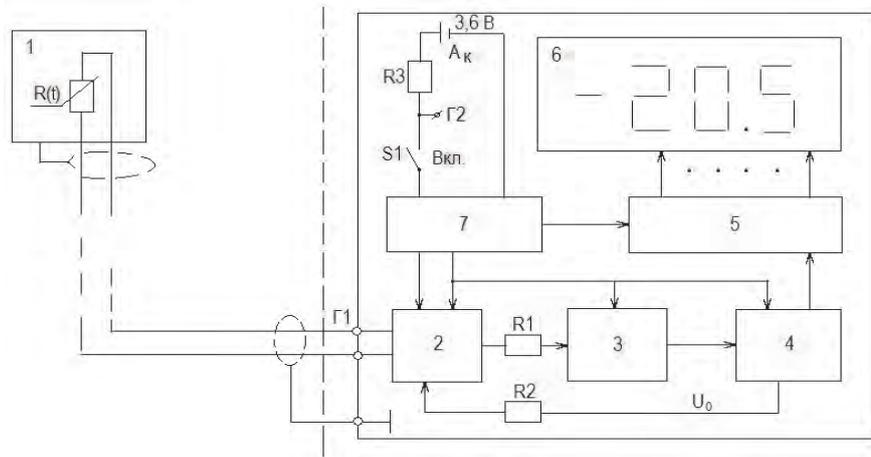


Рисунок 4 – Функциональная схема измерителя

Общий вид измерителя СИМ-15 «Термо» представлен на рисунке 5.

Основные технические характеристики измерителя:

– динамический диапазон измерения от минус 50 до плюс 60 °С;

– дискретность показаний 0,1 °С;

– предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,2$ °С;

– рабочие условия применения в диапазоне температур окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С;

– время непрерывной работы в диапазоне температур от минус 40 до плюс 60 °С не менее 3 ч;

– время непрерывной работы при температуре от минус 40 до минус 50 °С не менее 1 ч.

Таким образом, в результате проведенных исследований в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии были разработаны прибор для определения температурного коэффициента объемного расширения и измеритель температуры СИМ-15 «Термо», которые могут быть использованы при учете массы нефтепродуктов вплоть до температур минус 60 °С.



Рисунок 5 – Измеритель СИМ-15 «Термо»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шувалов, Г.В. Образцовые средства измерений коэффициентов объемного расширения и плотности нефтепродуктов / А.А. Мамонов, О.А. Ясырова // Датчики и системы. -2012. -№11. -С. 27-29.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтепродукты, температура, прибор

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

Селятицкий Владимир Георгиевич, научный сотрудник ФГУП «СНИИМ»

Васильева Татьяна Владимировна, инженер ФГУП «СНИИМ»

Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»

Ясырова Ольга Александровна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

В.В. Тарасов, П.В. Кулямов

THE BASIC SCHEME OF INSTALLATION ON REGENERATION OF THE WORKED OUT ENGINE OIL IN SHIP CONDITIONS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

V.V. Tarasov, P.V. Kulyamov

The original design cyclonic vacuum-thermal of the evaporator with an estimation of its advantages and lacks is presented. The conclusion is drawn on necessity of working out and creation of the new equipment for regeneration of the fulfilled engine oil in ship conditions. Perspectivity of application for this purpose of the given installation and a way of regeneration is proved.

Keywords: regeneration of the worked out oils, installation on regenerations, way of regeneration, water-fuel fractions

Представлена оригинальная конструкция циклонного вакуум-термического испарителя с оценкой его преимуществ и недостатков. Сделан вывод о необходимости разработки и создании нового оборудования для регенерации отработанного моторного масла в судовых условиях. Доказывается перспективность применения для этой цели разработанной установки и способа регенерации.

Анализ эффективности существующих установок по регенерации отработанного моторного масла (ОММ) показывает, что в диапазоне производительности от 0,3 до 3 т/ч отсутст-

вуют малогабаритные установки рассматриваемого назначения [1, 2]. При низкотоннажной регенерации наиболее эффективными являются комбинированные методы с преобладанием физических способов регенерации [3].

На морском транспорте целесообразно использовать для судовых условий малогабаритные и мобильные установки, а для береговых предприятий – многофункциональные передвижные и стационарные регенерационные установки, реализующие единую концепцию сбора и переработки отработанных смазочных материалов. Считается, что при годовом объеме потребления масел более 10 т капитальные вложения в очистку и регенерацию ОММ на месте потребления полностью окупаются при наличии стационарной малогабаритной установки. Однако, проведение очистки и регенерации в судовых условиях невозможно из-за отсутствия необходимых компактных устройств.

Основной частью существующих установок регенерации ОММ является тонкопленочный испаритель (ТПИ) – это высокая колонна круглого сечения, в которую подается подогретое до 80-120 °С ОММ [2, 4]. В колонне вакуумным насосом создается разрежение 400-200 мм рт. ст. В центре колонны располагается ось с лопатками прямоугольной формы, которые при вращении размазывают ОММ по стенкам колонны, создавая тонкую масляную пленку. Стенки колонны подогреваются до температуры 200 °С. Масляная пленка должна контактировать со стенками колонны очень короткое время, чтобы не было крекинга, выгорания масла и удаления масляных фракций вместе с испаряющейся водой и легкими фракциями топлива. За счет вакуума и повышенной температуры из ОММ водо-топливные фракции (ВТФ) удаляются эффективно [3].

В процессе эксплуатации механизмов, двигателей, транспортировании и хранения смазочных масел происходит их загрязнение топливом, водой и хладагентами. Для судовых условий эксплуатации в результате загрязнения смазочных масел жидкими загрязнителями бракуется от 50 до 70% масел [4, 5].

На кафедре судовых двигателей внутреннего сгорания Морского государственного университета разработана установка РУМС-1 (регенерационная установка для масел, судовая-1) и способ регенерации ОММ для интенсификации процесса дистилляции жидких загрязнителей – удаления ВТФ из ОММ, повышения экономичности ее работы за счет утилизации теплоты судовой энергетической установки и вакуумирования циклонного вакуум-термического испарителя (ЦТВИ), с использованием судовых систем и механизмов.

Способ регенерации ОММ при применении созданной установки РУМС-1 уникален тем, что для очистки ОММ от ВТФ, после удаления механических примесей путем нагрева и фильтрования, используется термо-вакуумное испарение. При последовательном двухэтапном процессе отгона ВТФ сначала происходит капельно-пленочная дистилляция в объемном линейном цилиндрическом испарителе после прохождением ОММ форсунки – эжектора. Затем в ЦТВИ за счет конструктивных особенностей установки реализуется эффект РАНКА-ХИЛША. На этапе капельного испарения из масла удаляется вся вода и большая часть легких топливных фракций. Наличие в масле диспергированной воды увеличивает эффективность капельного испарения за счет вторичного распыла глобул масла и местной турбулизации факела путем кавитации, вызывающей микровзрывы перегретых капель воды в насадке форсунки.

Стабилизация этапа капельного испарения обеспечивается формой цилиндрической камеры и высокой скоростью факела (обеспечивается конструкцией форсунки – эжектора). Одновременно с дистилляцией, в камере капельного испарения из распыленного обезвоженного масла, паров воды и топлива формируется двухфазный узкий парожидкостный факел с высокой линейной скоростью, который непосредственно из цилиндрической камеры капельного испарения тангенциально подводится на внутреннюю неподвижную поверхность в верхней части циклона ЦТВИ.

Форма и размерные характеристики циклона выбираются такими, чтобы обеспечить интенсивное движение пленки масла – на начальном участке с высокой линейной и угловой скоростью по спирали сверху вниз и безотрывное течение пленки на всей поверхности циклона. Для исключения разбрызгивания пленки масла факелом движение паровой фазы в объеме циклона организовано с высокой угловой скоростью по двойной спирали: внешний вихрь сверху вниз попутно движению пленки масла и внутренний вихрь снизу вверх, с противоположным вращением. Такое движение пленки масла характеризуется интенсивным тепло- и массообменом.

Общая схема установки регенерации масла, реализующей способ удаления ВТФ из

ОММ, представлена на рисунке 1.

Установка работает следующим образом. Загрязненное масло через фильтр грубой очистки 12, теплообменник 17 насосом 10 подается на подогреватель масла 11. От подогревателя 11 через фильтр тонкой очистки 13 масло с параметрами давления от 1 до 2,5 МПа и температурой от 30 до 170 °С подается на форсунку 2. Из форсунки 2 линейный факел без крутки распыленного масла в виде узкого полого конуса через камеру всасывания 3 со скоростью 25-40м/с подается в камеру объемного капельного испарения 1, где за счет вакуума перегретые капли диспергированной в масле воды мгновенно испаряются.

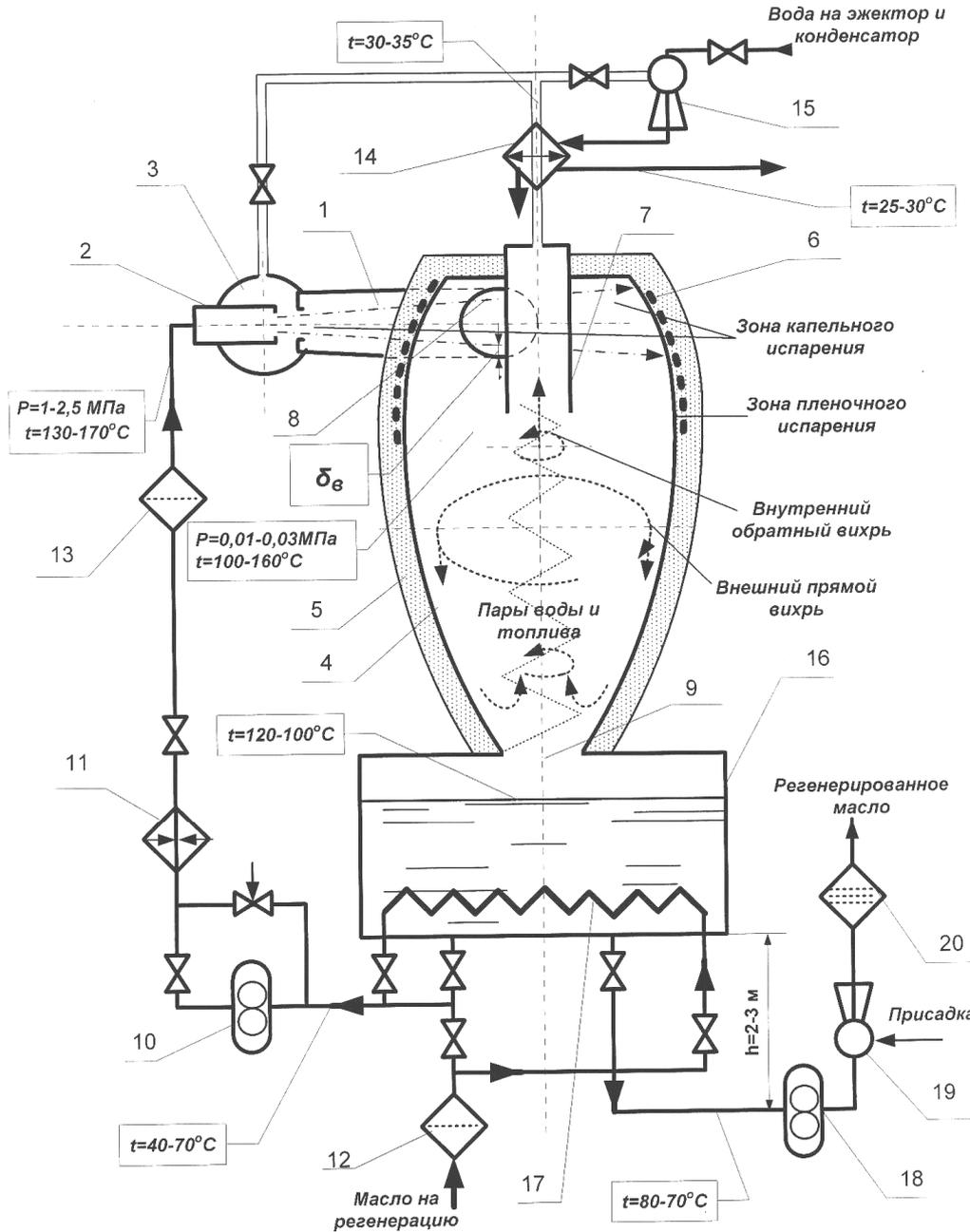


Рисунок 1 – Общая схема установки для регенерации масел: 1-камера капельного испарения; 2-форсунка; 3-всасывающая камера; 4-циклон; 5-теплоизоляция циклона; 6-подогреватель; 7-приемник пара; 8-входное отверстие циклона; 9-выходное отверстие; 10-подающий масляный насос; 11-основной подогреватель масла; 12-фильтр грубой очистки; 13-фильтр тонкой очистки; 14-конденсатор; 15-водяной эжектор; 16-маслосборник; 17-теплообменник; 18-откачивающий масляный насос; 19-диспергатор-дозатор присадки; 20-фильтр тонкой очистки

«Микровзрывы», разрывая частицы распыленного форсункой 2 масла на десятки более мелких частиц, в сотни раз увеличивают поверхность испарения масла. Одновременно рас-

тет внутренняя турбулизация и поперечное сечение факела. Здесь из масла испаряется вся вода и часть легких топливных фракций. Разрежение в камере 3 используется для формирования факела распыленного масла и вакууммирования конденсатора 14. Давление (абсолютное) в камере капельного испарения и в циклоне 4 поддерживается в диапазоне от 0,01 до 0,03 МПа при температуре от 100 до 160 °С.

Камера капельного испарения 1 представляет собой ступенчатый цилиндр или конус, соосный с форсункой с небольшим углом конусности, например от 5 до 10°, расширяющийся по движению факела. Поперечное сечение камеры капельного испарения 1 выбрано таким, чтобы скорости движения паровой и жидкой фракций факела были примерно равными. Длина камеры и диаметр выходного отверстия должны соотноситься так, чтобы при заданных динамических линейных и угловых движениях установки перемещение оси факела на выходе за время прохождения масла от среза форсунки до выходного отверстия камеры 11 было меньше зазора δ_0 между внешним диаметром факела на входе в циклон 4 из камеры 1 и диаметром входного отверстия циклона 8 (см. рисунок 1).

За счет суммарного взаимодействия в пленке сил инерции движущегося масла, сил трения между маслом и стенкой циклона, внутренних сил трения в масле и центробежных сил движение пленки масла по стенке циклона осуществляется волнообразно попеременными вихрями, перекатывающимися по стенке циклона по спирали вниз, обеспечивая высокую интенсивность массо- и теплообмена в пленке и высокую интенсивность и полноту испарения топливных фракций из пленки.

Пары воды и топлива, испарившиеся в камере капельного испарения 1 и отсепарированные в циклоне 4 за счет формы циклона и инерционных сил движутся в циклоне по двум вихрям: внешнему, движущемуся попутно перемещению пленки масла по спирали сверху вниз, и внутреннему, поднимающемуся снизу циклона вверх к выходному парубку циклона 7 по спирали с обратным вращением. За счет эффекта Ранка-Хилша температура внешнего вихря выше температуры внутреннего парового вихря, что способствует интенсификации процесса пленочного испарения.

Из выходного патрубка 7 пары воды и топлива транспортируются в конденсатор 14, где за счет охлаждения они конденсируются и далее удаляются на утилизацию. Дополнительно к всасывающей камере 3 для вакууммирования конденсатора 14 циклона 4 и камеры капельного испарения 1 используется водяной эжектор 15. Отработанная вода эжектора используется для охлаждения конденсатора 14.

Пленка масла в циклоне после испарения топливных фракций самотеком через выходное отверстие внизу циклона 4 стекает в маслосборник 16, установленный ниже циклона. В маслосборнике очищенный нефтепродукт охлаждается маслом, поступающим на регенерацию через теплообменник 17, снижая тепловые затраты на работу установки. Из маслосборника насосом 18 охлажденное масло через диспергатор-дозатор присадки 19 и фильтр тонкой очистки 20 транспортируется в емкость чистого масла.

При отсутствии необходимости дозировать присадку насос чистого масла из схемы можно исключить, но в этом случае емкость чистого масла должна быть расположена ниже уровня маслосборника на высоту больше высоты вакуума в циклоне, либо вакууммироваться вместе с циклоном. Для компенсации охлаждения факела масла в камере капельного испарения 1 и масляной пленки в верхней части циклона 4 от интенсивного испарения в верхней части циклона 4 установлен подогреватель 6.

Вышеописанный способ и установка были проверены в работе на специально изготовленной опытной мобильной установке.

Технические характеристики опытной установки:

- номинальная производительность 0,12 м³/ч;
- объем циклона 1,5 дм³;
- мощность электронагревателя 1,5 кВт;
- масса установки 30 кг.

Полученные результаты регенерации масла приведены в таблице.

Стабильность работы установки при дистилляции масла, обводненного диспергированной водой более 2% (наименее стабильный режим) обеспечивается при наклонах испарителя:

- при статических наклонах установки в пределах ± 40°;
- при динамических наклонах с периодом качки 10 с ± 30°.

Таблица – Результаты, полученные на опытной установке

Очищаемое масло, загрязнитель	Показатели масла	Значение		
		стандартное масло	масло до регенерации	масло после регенерации*
M10B ₂ C, разбавленное 5% дизельного топлива	Плотность, кг/м ³	906	902	905
	Вязкость кинематическая, мм ² /с	11,61	8,97	11,22
	Температура вспышки, °С	210	155	200
Castrol MLC-30, эмульгированная вода 3,1%	Содержание воды, %	отсутствует	3,1	следы
	Щелочное число, мг КОН/г	12	9,2	9,9

*-за однократный проход

Таким образом, результаты экспериментальных испытаний РУМС-1 показали, что установка обеспечивает стабильность процесса регенерации ОММ в условиях статических и динамических воздействий и линейных и угловых перемещений (наклонов) на нее при эксплуатации судна – крена, дифферента, качки.

Тангенциальный подвод факела в циклон, форма циклона и высокая линейная скорость факела формируют движение паровой фазы в объеме циклона в виде двух вихрей: внешний паровой вихрь движется попутно движению пленки масла сверху вниз по внешней спирали, внутренний паровой вихрь по обратной спирали снизу вверх. В соответствии с эффектом Ранка-Хилша температура внешнего вихря выше температуры внутреннего вихря.

Интенсивный тепло- и массообмен в пленке и воздействие горячей паровой фазы на поверхность пленки масла в условии вакуума обеспечивают высокую скорость и полноту испарения из пленки ВТФ и многократно превышают скорость испарения топливных фракций на этапе пленочного испарения по сравнению с ламинарным движением пленки в ТПИ. О стабильной работе установки также свидетельствуют результаты испытаний по отгонке водо-топливных фракций из ОММ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сурин, С. А. Отработанные масла: вторая жизнь / С. А. Сурин // Мир нефтепродуктов. -2000. -№2. -С. 22-24.
- 2 Юзефович, В. И. Организация сбора отработанных смазочных масел / В.И. Юзефович // Мир нефтепродуктов. -2001. - №3. -С. 28-30.
- 3 Остриков, В. В. Повышение эффективности использования смазочных масел путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Остриков. -Саратов, 2000. -49 с.
- 4 Экологические проблемы рационального использования смазочных материалов / И. Г. Фукс, А. Ю. Евдокимов, В. Л. Лашхи, Ш. М. Самойхмедов. -Москва: Нефть и газ, 1993. -164 с.
- 5 Пиковская, Е. В. Регенерация отработанных масел в США / Е. В. Пиковская, С. А. Сурин // Мир нефтепродуктов. -2000. - №4. -С. 23-25.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *регенерация отработанных масел, установка по регенерации, способ регенерации, водо-топливные фракции*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Тарасов Валерий Васильевич, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Кулямов Павел Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

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

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Б. Лебедев, С.П. Глушков, Б.О. Лебедев, Д.А. Сибриков, А.А. Геращенко

HEAT RECOVERY IN SHIP POWER PLANTS

Siberian state university of water transport

O.B. Lebedev, S.P. Glushkov, B.O. Lebedev, D.A. Sibrikov, A.A. Gerashchenko

The methods further heat recovery in ship power plants.

Keywords: heat recovery, ship power plants

Рассмотрены способы дополнительной утилизации теплоты в судовых энергетических установках.

Ни для кого не секрет, что при сгорании топлива в главных судовых энергетических установках, в лучшем случае, немного более 50% теплоты идет на главное предназначение

тепловых двигателей получение механической энергии (или работы). Цифра 50% относится к самому экономичному тепловому двигателю – дизельной установке, для других эта цифра значительно меньше. Можно сказать, что все остальное тепло идет в никуда, а точнее в окружающую среду. Эта составляющая приносит вред по двум направлениям: во-первых, это потеря денег на топливо; и во-вторых, это наносит дополнительный вред окружающей среде [1-5]. Любое снижение этих потерь положительно скажется как на экономике, так и на экологической обстановке. Любые работы в этом направлении весьма и весьма актуальны.

Так, для примера тепловой баланс может быть представлен следующим уравнением:

$$Q_H^p = Q_e + Q_{\text{мех}} + Q_{\text{хим}} + Q_{\text{вод}} + Q_{\text{газ}},$$

где Q_H^p – тепло выделенное при сгорании топлива и принимаемое за 100%;

Q_e – тепло превращенное в эффективную работу (в карбюраторных двигателях 22-28%, а в дизелях 35-50%);

$Q_{\text{мех}}$ – тепло израсходованное на механические потери;

$Q_{\text{хим}}$ – потери тепла от химической неполноты сгорания;

$Q_{\text{вод}}$ – тепло, отводимое охлаждающей жидкостью (для карбюраторных 15-20%, для дизелей 29-35%);

$Q_{\text{газ}}$ – тепло, ушедшее с выхлопными газами (в карбюраторных 45-50%, в дизелях 25-35%).

Сумма потерь $Q_{\text{мех}} + Q_{\text{хим}}$ в карбюраторных 8-12%, в дизелях 3-8%.

Тепловой баланс сильно зависит от нагрузки двигателя, чем больше нагрузка, тем меньше процент полезно используемого тепла. Все равно потери в систему охлаждения и с выхлопными газами имеют очень большое значение, от 50% и выше. Приведенные цифры весьма осредненные и для каждого двигателя имеют свои значения, но сильно не отличаются.

Наиболее простым способом повышения экономичности тепловых двигателей является использование тепла уносимого выхлопными газами и уходящего в систему охлаждения.

На сегодняшний день существует наиболее эффективный способ поднять термический КПД, а соответственно и эффективный КПД, это создание так называемого «адиабатного двигателя» у которого фактически отсутствует система охлаждения, и соответственно и тепловые потери в нее. Наибольшие успехи в этой области достигнуты фирмой «Камминс» (США). У созданного двигателя температура выхлопных газов достигает 816 °С, кроме этого, приводимая в действие газовая турбина отдает часть энергии на коленчатый вал. Мощность данного двигателя достигает $P_e = 373$ кВт, при удельном расходе топлива $g_e = 170$ г/(кВт ч), правда при сроке службы всего в 250 ч. Основным тормозом в развитии этого направления является стоимость стеклокерамических материалов, обладающих высокой жаропрочностью. Даже высокая стоимость не обеспечивает продолжительную надежную работу адиабатного двигателя. Наука не стоит на месте, и в обозримом будущем будут и другие материалы. Кроме этого большие проблемы с системой смазки. Повышенные температуры, соответственно ведут и к увеличению расхода смазочного масла на угар и старение. Для таких двигателей необходимо специально разрабатывать новые масла и принципы смазывания трущихся пар.

Еще одним способом уменьшения отдачи тепла в систему охлаждения является внутреннее покрытие со стороны камеры сгорания различными материалами, имеющими низкий коэффициент теплопроводности. В этом направлении сейчас начинаются исследования в ФГБОУ ВО «СГУВТ».

Утилизация тепла из системы охлаждения ДВС не получила в настоящее время широкого развития из-за сложности конструкции и обслуживания. Тем не менее, существуют различные изобретения по использованию этой потери теплоты. Так на рынке предлагается система утилизации антифриза (сухая градирня). Существуют различные патенты в этой области. Завод ЗАО «Волжский дизель им. Маминых» предлагает изобретение Разуваева А.В. и Иголина А.М [2] патент №2168642 по использованию теплоты в системе охлаждения дизеля 6ЧН 21/21 для обогрева машинного отделения. Как отмечается, что основная отрасль, где применяются такие системы, это суда морского флота.

Наибольшее, на сегодняшний день, использование бросового тепла происходит в системе выхлопных газов. Широкое применение нашли утилизационные котлы на судах морского и в некоторой степени на судах речного флота. Эти котлы, которые не имеют обычной

топки, где сгорает топливо. Как и в обычных котлах, утилизационные котлы имеют различные схемы и конструкции (огнетрубные и водотрубные) в которых перепад температур достигает 350 °С. Причем, в зависимости от предназначения судов, в котлах производится либо пар с различным коэффициентом сухости, либо горячая вода. В настоящее время существует достаточно большое количество конструкций и патентов. Выбор достаточно большой, здесь необходимо рассчитывать общее потребление тепловой энергии и в соответствии с этим и подбирать оборудование.

Установка утилизационных котлов на судах речного флота по нашим представлениям не достаточна. Этот пробел необходимо восполнять при проектировании новой техники (судов), особенно это касается судов, работающих в северных широтах. Сегодня это актуально, особенно при разработке шельфов северных морей.

Достаточно интересно решение этой проблемы состоит в преобразовании тепловой энергии отходящих газов в утилизационных котлах в пар, который поступает на лопатки турбины. В свою очередь паровая турбина приводит в действие электрогенератор. Это позволяет во время рейса не использовать вспомогательные дизель-генераторы, что приводит, так же к экономии топлива.

Сегодня необходимо произвести анализ всех конструкций утилизационных установок, определить наиболее оптимальные, внести конструктивные изменения. Это позволит довести тепловой КПД установки до 75% и более.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Утилизатор тепла антифриза. Утилизатор тепла дымовых газов 500 °-150 °. Кожухо-трубчатый теплообменник.
- 2 Пат. 2168642. Теплоснабжение машинного отделения на дизеле 64Н21/21. / Разуваев А.В., Игонин А.М.; ЗАО «Волж. дизель им. Маминых».
- 3 Гараев, Т.А. Утилизация теплоты ДВС [Электронный ресурс] / Т.А. Гараев. -Режим доступа: <http://kulibin.org/projects/show/2706>.
- 4 Мацкерле, Юлиус. Адиабатный двигатель [Электронный ресурс] / Юлиус Мацкерле // Современ. экономич. автомобиль. - Режим доступа: <http://icarbio.ru/articles/adiabatnyj-dvigatel.html>.
- 5 Дойников, Н. М. Машиноведение / Н.М. Дойников, Г.И. Турилов, А.И. Хомутов. -Москва: УЧПЕДГИЗ, 1959. -396 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: утилизация теплоты, судовые энергетические установки
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Лебедев Олег Борисович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Лебедев Борис Олегович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Сибриков Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Герашенко Александр Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО

«Сибирский государственный университет водного транспорта»

Г.В. Шувалов, С.В. Горелов, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова

REGULATORY AND METHODOLOGICAL SUPPORT MEASUREMENT OF PARAMETERS OIL

Siberian research institute of metrology

Siberian state university of water transport

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport

G.V. Shuvalov, S.V. Gorelov, M.G. Klekovkina, O.A. Yasyrova

The article analyzes the regulatory basis of determining the parameters of petroleum products.

Keywords: oil products, analysis, standards

Проведен анализ нормативно-методической базы определения параметров нефтепродуктов.

При разработке и производстве нефтепродуктов для обеспечения их качества широко используется контроль физико-химических показателей нефтепродуктов. По закону производитель обязан гарантировать заданное качество нефтепродуктов, поэтому при их применении контроль практически не производится. Росстандарт осуществляет плановые проверки качества нефтепродуктов, однако, межрегиональные территориальные управления (МТУ)

Росстандарта, в функции которых входит проверка качества реализуемых нефтепродуктов, не обладая необходимой инструментальной базой для проведения комплексных проверок реализуемых нефтепродуктов, не в состоянии осуществлять постоянный мониторинг качества топлива, реализуемого на рынке.

Вместе с тем, повсеместная практика применения нефтепродуктов свидетельствует, что их качество, в большинстве регионов России, отличается от стандартного, в основном, из-за нарушения условий транспортировки и хранения.

В этой связи возникает необходимость постоянного контроля качества нефтепродуктов в местах их хранения и продажи. Однако не все методы, используемые при анализе параметров нефтепродуктов, могут удовлетворять требованиям возможности проведения анализа на месте использования нефтепродукта (полевые условия).

В этой связи рассмотрим нормативно-методическую базу проведения испытаний нефтепродуктов, существующую на настоящий момент в России.

Обязательные требования к качеству товарных нефтепродуктов устанавливает технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», а методы испытаний определяет «Перечень национальных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Технического регламента» [1].

Поскольку Перечень включает множество методов испытаний в виде национальных стандартов, проанализируем эти методы только для дизельного и судового топлива, а также мазута.

Нормативно-методическая база определения параметров указанных топлива приведена в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Нормативно-методическая база определения параметров дизельного топлива

Наименование параметра	Обозначение и наименование стандартов	Прибор экспресс-анализа
Массовая доля серы	ГОСТ Р 51947-2002 «Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии»	Спектрометр Спектроскан SL Анализатор СИМ-6
Температура вспышки в закрытом тигле	ГОСТ 6356-75 «Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле»	Анализатор СИМ-5
Фракционный состав	ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава (метод А)»	Анализатор СИМ-10
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов	ГОСТ Р EN 12916-2008 «Определение типов ароматических углеводородов в средних дистиллятах. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с обнаружением по показателю преломления»	Нет
Цетановое число	Экспресс-метод	Анализатор СИМ-3
Смазывающая способность	ИСО 12156-1 «Оценка смазывающей способности на испытательном стенде с помощью устройства возвратно-поступательного движения высокой частоты (HFRR)»	Нет
Предельная температура фильтруемости	ГОСТ 22254-92 (ЕН 116) «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре»	Нет

Таблица 2 – Нормативно-методическая база определения параметров мазута

Наименование параметра	Обозначение и наименование стандартов	Прибор экспресс-анализа
Массовая доля серы	ГОСТ Р 51947-2002 «Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии»	Спектрометр Спектроскан SL Анализатор СИМ-6
Температура вспышки в открытом тигле	ГОСТ 4333-87 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле»	Анализатор СИМ-5
Содержание сероводорода	ГОСТ Р 53716-2009 «Топлива жидкие. Определение сероводорода»	Нет

Таблица 3 – Нормативно-методическая база определения параметров судового топлива

Наименование параметра	Обозначение и наименование стандартов	Прибор экспресс-анализа
Массовая доля серы	ГОСТ 1437-75 «Нефтепродукты темные. Ускоренный метод определения серы»	Анализатор СИМ-6
Температура вспышки в закрытом тигле	ГОСТ 6356-75 «Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле»	Анализатор СИМ-5

Из анализа данных таблиц 1-3 видно, что для использования существующей нормативно-методической базы определения параметров нефтепродуктов в полевых условиях имеется ряд приборов различного уровня исполнения по техническим показателям.

Вместе с тем, имеется ряд показателей и соответствующих национальных стандартов, необеспеченных средствами измерений для проведения анализов в полевых условиях, в частности: определение сероводорода, определение предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре, оценка смазывающей способности.

Таким образом, в статье проведен сравнительный анализ нормативно-методической базы определения параметров нефтепродуктов и выявлен ряд показателей и соответствующих национальных стандартов, необеспеченных средствами измерений для проведения анализов в полевых условиях. В этой связи актуальным является разработка анализаторов экспресс-анализа следующих показателей нефтепродуктов: определение сероводорода, определение предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре, оценка смазывающей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сравнительный анализ средств измерений показателей нефтепродуктов, применяемых для подтверждения Технического регламента / Г.В. Шувалов, В.Н. Половинкин, И.В. Клековкин, М.Г. Клековкина, О.А. Ясырова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2014. -№3. -С. 119-123.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нефтепродукты, анализ, стандарты*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»*
Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»
Ясырова Ольга Александровна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»*
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»
ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Г.В. Шувалов, В.М. Генералов, С.В. Горелов, М.Г. Клековкина

DEVELOPMENT OF GUIDELINES FOR THE DETERMINATION POLARIZABILITY OF THE PARTICLE-WATERFUEL EMULSIONS
 Siberian research institute of metrology
 State research center of virology and biotechnology VECTOR
 Siberian state university of water transport
 G.V. Shuvalov, V.M. Generalov, S.V. Gorelov, M.G. Klekovkina

The results of the development of the installation to determine the electric polarizability of particles of water-fuel emulsions.

Keywords: polarizability of the particle, water-fuel emulsions

Приведены результаты разработки установки для определения электрической поляризуемости частиц водо-топливных эмульсий.

Эффективным способом решения проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на речном флоте является применение водо-топливных эмульсий (ВТЭ), использование которых не требует существенных реконструкции судовых энергетических установок и тех-

нологии подготовки топлива на речных судах.

Качество водо-топливных эмульсий определяется ее устойчивостью во времени. Одним из факторов устойчивости ВТЭ является электрический заряд, образуемый на поверхности частиц ВТЭ, величина которого определяется электрической поляризуемостью частиц α_c .

В этой связи разработка установки для оценки величины электрической поляризуемости частиц является актуальной.

Измерение коэффициента поляризуемости частиц может осуществляться путем определения скорости частиц при ее поступательном движении в неоднородном переменном электрическом поле при известных параметрах электрического поля в измерительной ячейке.

Особенности метода для измерения величины объемной поляризуемости α_c частиц в растворах рассмотрены в [1].

В растворе с диэлектрической проницаемостью ϵ_{cp} на частицу в неоднородном переменном электрическом поле будет действовать сила

$$\vec{F}_{эп} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \alpha_c \vec{\nabla} E^2. \quad (1)$$

С другой стороны на частицу, движущуюся в вязкой среде со скоростью v_c , действует сила Стокса

$$\vec{F}_{см} = 6\pi \eta_{cp} \vec{v}_c r_c, \quad (2)$$

Из решения равенства $\vec{F}_{эп} = \vec{F}_{см}$

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 \alpha_c \vec{\nabla} E^2 = 6\pi \eta_{cp} \vec{v}_c r_c. \quad (3)$$

находит искомая величина объемной поляризуемости частицы в растворе

$$\alpha_c = \frac{12\pi \eta_{cp} r_c \vec{v}_c \vec{\nabla} E^2}{\epsilon_0 \vec{\nabla} E^2 \vec{\nabla} E^2}. \quad (4)$$

В соответствии с уравнением (4) для определения поляризуемости α_c частицы в выражение следует подставить величины:

- r_c – радиус частицы, м;
- ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;
- η_{cp} – вязкость среды, Па·с;
- \vec{v}_c – скорость поступательного движения частицы, м/с.

В состав установки для измерения величины поляризуемости частиц входят следующие основные элементы [2]:

- измерительная ячейка;
- генератор напряжения;
- микроскоп с видеокамерой;
- компьютер с монитором.

Основой установкой для измерения величины поляризуемости частиц является измерительная ячейка. Измерительная ячейка предназначена для создания неоднородного переменного электрического поля с заданными пространственными силовыми характеристиками. К электродам измерительной ячейки подключаются проводники от генератора гармонического напряжения. Она состоит из основания, на одной из поверхностей которого расположены два электрода.

Электроды изготавливаются из никеля или нержавеющей стали. Расстояние между электродами – 0,1-0,2 мм. Электроды имеют высоту 0,1-0,2 мм. К электродам измерительной ячейки подключаются проводники от генератора гармонического напряжения или усилителя.

Конструктивно ячейка для измерения поляризуемости частиц представляет собой (рисунок 1 и 2) основание-рамку 1, в которой закрепляется при помощи прижимов 3 предметное

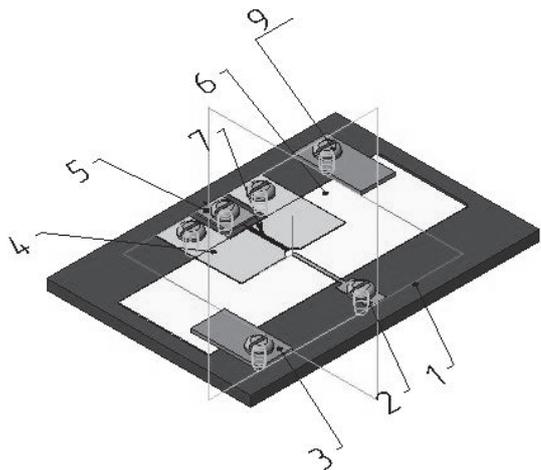


Рисунок 1 – Конструкция измерительной ячейки: 1-основание; 2, 4-электроды; 3-прижим; 5-шайба; 6-предметное стекло; 7, 9-винты

стекло 6. На предметном стекле монтируются электроды цилиндрического конденсатора. Два зеркально идентичных электрода 1 и 4 служат внешней обкладкой цилиндрического конденсатора. Электрод 2 служит внутренней обкладкой цилиндрического конденсатора. Электрод 3 предназначен для изменения направления движения исследуемых частиц. Напряжение от высокочастотного генератора переменного напряжения подаётся либо на электроды 1-2 (основной режим), либо на электроды 2-3 (вспомогательный режим). Электроды и прижимы фиксируются на основании-рамке при помощи винтов 9. Для наблюдения за поведением частиц в измерительной ячейке при воздействии напряжения используется микроскоп.



Рисунок 2 – Опытный образец ячейки на столике микроскопа

Поведение диэлектрических частиц в неоднородном электрическом поле было рассмотрено на примере диэлектрических частиц тонера для лазерного принтера размером 10 мкм. На рисунке 3 изображены несколько кадров с временным интервалом между кадрами 1 с.

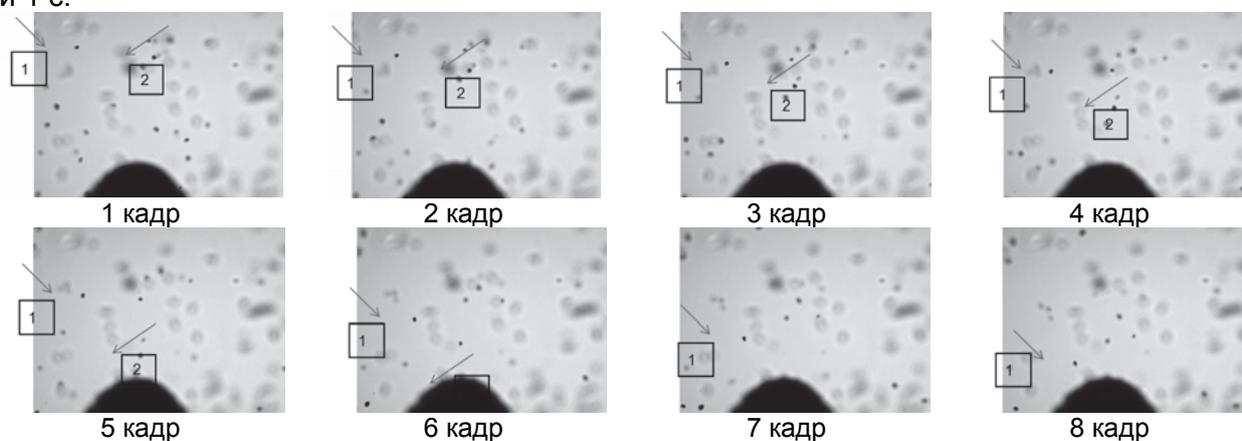


Рисунок 3 – Перемещение диэлектрических частиц в неоднородном электрическом поле

Для оценки работоспособности установки для измерения эффективной величины поляризуемости частиц, были проведены измерения скоростей перемещения частиц в разных диэлектрических средах.

Результаты нескольких измерений приведены на рисунке 4.

Таким образом, предложенная ранее методика определения электрической поляризуемости поляризующихся частиц ВТЭ была реализована в виде опытной установки. Учитывая, что электрическая поляризуемость частиц может быть использована для оценки устойчивости ВТЭ, работы по совершенствованию разработанной установки предполагается продолжить.

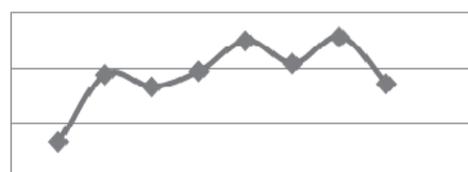


Рисунок 4 – Изменение эффективной величины поляризуемости частиц

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Измерение электрической емкости мембраны клеток / Т.С. Бакиров, В.М. Генералов, Л.Ф. Бакулина, О.В. Фефелов, А.А. Чепурнов // Биотехнология. -2001. -№5. -С. 44-69.
- 2 Методика определения электрической поляризуемости частиц водотопливных эмульсий / Г.В. Шувалов, В.М. Генералов, О.А. Ясырова, Е.А. Абрамова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2015. -№1. -С. 124-126.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поляризуемость частицы, водотопливные эмульсии
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
 Генералов Владимир Михайлович, докт. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»
 Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Клековкина Мария Геннадьевна, инженер ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»
 630559, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п.Кольцово, ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

К ВОПРОСУ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ПОРШНЕВЫХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.К. Зуев, А.А. Зуев

THE QUESTION TRIM PISTON MACHINES

Siberian state university of water transport

A.K. Zuev, A.A. Zuev

The way of the full balance the inertial forces units mechanisms.

Keywords: *equilibration, inertial forces, mechanism*

Предложен способ полной уравновешенности сил инерции звеньев механизмов.

Важность решения этой проблемы видна из просмотра литературы [1-3]. В учебниках по «Теории машин и механизмов» со времён Колчина [1] не обходят молчанием эту проблему. Авторы идут по пути установки противовесов на вращающихся деталях машин. Попробуем пойти по другому пути. Вместо уравновешивания уже созданных машин необходимо создать их заново, с главным требованием: полной уравновешенности сил инерции звеньев механизмов. Такая постановка задачи возвращает нас к закону сохранения движения центра масс, а именно к аксиоме: две силы равные по величине и направленные в противоположных направления уравновешиваются.

Возьмем три одинаковых по массе груза и две одинаковых по массе и жёсткости пружины, соединяющие эти массы в одно целое. Центры масс грузов и пружин расположены на одной оси.

Оттянем крайние грузы и отпустим их одновременно (трением пренебрегаем). Средний груз в колебаниях участвовать не будет, так как на него действует две силы одинаковые по величине и противоположные по направлению в любой момент времени.

Контакт с этой колебательной механической системой в любой её точке ведет к передаче энергии колебаний, и только в центре масс этой системы (в данном случае совпадающей с центром масс среднего груза) колебания будут отсутствовать, то есть средний груз остаётся неподвижным. Значит, средний груз может играть роль корпусной детали, на которую передаются силы инерции. Однако эти силы не способны увлечь корпусную деталь в движение, так как ускорение остается равным нулю в любой момент времени.

Пусть крайние грузы являются поршнями ДВС расположенными в общем цилиндре. Центр масс среднего груза можно «привязать» к цилиндру и он как корпус механической системы останется в покое. Аналогичные рассуждения для рассмотренной выше схемы можно провести при закручивании крайних грузов в противоположных направлениях вокруг той же оси. Рассмотренная механическая система будет идеально уравновешенной.

Описанный выше пример показывает, что полное уравновешивание сил инерции возможно как относительно точки, так и вокруг оси. Более того, рассмотренное выше даёт возможность предположить, что полное уравновешивание сил инерции более сложных механизмов возможно при соблюдении симметрии не только относительно точек или осей, но и плоскостей. Например, в работе С.И. Артоболевского [2] приведена схема, в которой приведен пример сложного механизма, имеющего симметрию в плоскости. Однако эта схема не даёт полного уравновешивания (так как силы инерции поршней в ВМТ и НМТ разные). Следовательно, корпус двигателя будет совершать колебательные движения в направлении параллельном осям цилиндров, даже если не учитывать силы инерции от масс шатунов.

Пути дальнейшего совершенствования ДВС в области уравновешивания, просматриваются только в аналогии с оппозитным двигателем, имеющим три коленчатых вала описанного в работе [4]. Решение задачи уравновешивания также просматривается в объединении двух ДВС синхронно вращающихся в разных направлениях. Синхронизация должна обеспечиваться, например, зубчатыми передачами. Говорить о полном уравновешивании ДВС имеет смысл только при условии, что вырабатываемая им энергия потребляется равномерно, без пульсаций. В этом плане хороши многополюсные генераторы. Рассмотрим схемы расположения ДВС в дизель-генераторах с осевой и параллельной установкой. Причем обязательно корпусные детали ДВС должны быть единым целым, вместе с корпусами генераторов и рамой.

Важным является выполнения условия, чтобы вспышки в цилиндрах ДВС происходили одновременно. Соблюдение этого условия необходимо, так как силы от давления газов передаются на вращающиеся детали в виде моментов, являются внешними для корпусов дизель-генераторов. Вращение коленчатых валов в противоположных направлениях, приводит к уравниванию моментов передаваемых на корпус от каждой пары цилиндров, в которых рабочий ход совершается одновременно.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждой схемы. При соосном расположении ДВС увеличивается длина рамы и соответственно её податливость, что ведет к передаче крутильных колебаний на опоры фундамента. Эти колебания на разных концах рамы могут суммироваться, увеличивая амплитуду и частоту колебаний передаваемых на фундамент. Одним из возможных вариантов синхронизации ДВС является применение конической зубчатой передачи содержащей четыре конических колеса находящихся на пересекающихся осях, расположенных в горизонтальной плоскости в общем корпусе. В частном случае, если нет необходимости изменять передаточное отношение от двигателей к генераторам, то все четыре колеса можно выполнить с одинаковым числом зубьев. Генераторы соединены соосными колесами расположенными перпендикулярно оси коленчатых валов, и вращаются они в противоположных направлениях. Вращение генераторов в противоположных направлениях уравнивает пульсирующие моменты (являющиеся внешними для корпуса дизель-генератора). Необходимо также осуществлять и электромеханическую синхронизацию генераторов переменного тока.

К недостаткам соосной схемы помимо увеличенных габаритов и пониженной жесткости рамы, можно отнести то, что мощность передается через зубчатое зацепление, что вынуждает рассчитывать его на передачу большой мощности.

Теперь рассмотрим параллельную схему установки ДВС. Необходимость вращения коленчатых валов в разных направлениях, может быть обеспечена установкой двух цилиндрических зубчатых венцов на маховиках с одинаковым количеством зубьев. Если габариты зубчатых венцов получаются недопустимо большими, то синхронизацию можно обеспечить введением паразитных шестерен. Параллельная схема расположения двигателей представляется более перспективной, так как габариты и масса такого дизель-генератора значительно меньше, а близкое расположение корпусов двигателей, позволяет соединить их с минимальными затратами более жестко, или даже выполнить их в одном корпусе. Такое же объединение генераторов в одном корпусе окажется полезным.

В заключении можно сказать, что распространенное мнение о том, что сложная механическая система (например, ДВС) является единой механической системой, ошибочно. Такие механические системы, как правило, представляют собой две и более системы. Так корпус ДВС и вращающиеся детали являются разными механическими системами. Самая существенная наша ошибка заключается в том, что мы считали, что силы взаимодействия этих систем являются внутренними, а на самом деле они являются внешними для каждой из этих систем. Так как силы взаимодействия систем переменные, то это приводит к неравномерности хода вращающихся деталей и крутильным колебаниям корпуса двигателя вокруг оси параллельной оси коленчатого вала и проходящей через центр тяжести корпуса ДВС. Сказанное справедливо только для случая, когда вертикальная плоскость, проходящая через ось коленчатого вала, является плоскостью симметрии этого двигателя. Если это условие нарушено (например, установили навесное оборудование, нарушающее симметрию), то параллельность главной центральной оси к оси коленчатого вала будет нарушена. Это приведет к тому, что центробежные моменты инерции уже не будут равны нулю и о полном уравнивании уже не может быть и речи. Так представим себе, что поршень при своем движении в цилиндре удаляется или приближается к главной центральной оси. Ускорение Кориолиса при этом меняет направление силы Кориолиса на обратное

$$a_x = 2\omega v_r,$$

где ω – это угловая скорость корпуса двигателя;

v_r – скорость относительного движения.

Если ещё учитывать сложное движение шатунов, то проблема полного уравнивания ДВС представляется очень сложной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Колчин, Н.И. Механика машин / Н.И. Колчин. -Москва: Машгиз, 1948. -152 с.

2 Артоболевский, С.И. Теория механизмов и машин / С.И. Артоболевский. -Москва: Высш. шк., 1965. -367 с.

3 Кожевников, С.Н. Теория механизмов и машин / С.Н. Кожевников. -Москва: Машиностроение, 1969. -584 с.

4 Зуев, А.А. Способ эффективного уравнивания судовых энергетических установок / А.А. Зуев. // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -Новосибирск, 2009. -№2. -С. 236-237.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *уравнивание, силы инерции, механизм*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Зуев Анатолий Кузьмич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Зуев Андрей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110-220 кВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

В.П. Горелов, С.В. Горелов, Г.А. Данилов, О.Н. Левчишин, А.А. Шемшурин

DEVELOPMENT OF ELECTRIC GRID STRUCTURES FOR VOLTAGE OF 110-220 kV COMPOSITE MATERIAL

Siberian state university of water transport

Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university

V.P. Gorelov, S.V. Gorelov, G.A. Danilov, O.N. Levchishin, A.A. Shemshurin

Questions of production and electricity consumption in electrical power systems of various types are considered. Active and adaptive networks and their specifics are allocated. Ways and methods of the accounting of electromagnetic influence in electrical power systems are shown.

Keywords: composite, overhead power line, reliability, material, design, isolated wire

Рассмотрены вопросы производства и потребления электроэнергии в электроэнергетических системах различных типов. Выделяются активно-адаптивные сети и их специфика. Показаны способы и методы учёта электромагнитного воздействия в электроэнергетических системах.

Концепция интеллектуальных электрических сетей (Smart Grid) вызывает необходимость учёта неопределённости исходных данных при расчёте и моделировании режимов электроэнергетических систем (ЭЭС). Это относится также к электротехносфере при решении проблемы надёжности работы коммуникаций и технических устройств в условиях электромагнитного влияния. В итоге должен произойти переход электроэнергетики к новому качеству управления технологическими процессами производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии на основе интеллектуальных электроэнергетических систем с активно-адаптивной сетью. ЭЭС, построенные на основе технологий Smart Grid, включают в свой состав следующие сегменты [1]:

- все виды источников электроэнергии;
- различные типы потребителей, принимающих непосредственное участие в регулировании качества электроэнергии и надёжности ЭЭС;
- электрические сети разного напряжения и функционального назначения, имеющие развитые возможности адаптации следующих типов: изменение параметров и топологии по текущим режимным условиям; регулирование напряжения в узловых точках, обеспечивающее минимизацию потерь при соблюдении нормативных значений показателей качества электроэнергии; комплексный учёт электроэнергии на границах раздела сети и на подстанциях; всережимную систему управления с полномасштабным информационным обеспечением.

В электрических сетях, питающих тяговые подстанции магистральных железных дорог, а также в системах тягового электроснабжения (СТЭ) в полном объёме применимы технологии Smart Grid. Особую актуальность вопрос использования этих технологий приобретает в Сибири и на Дальнем Востоке, где основная системообразующая электрическая сеть непосредственно связана с мощными подстанциями.

В электрических сетях общего назначения в регионах с суровым климатом, к которым относятся некоторые удалённые районы Сибири и Дальнего Востока, наблюдаются кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи (ЭМП), распространяющиеся по проводам. В трёхфазных трёхпроводных сетях выделяются кондуктивные низкочастотные ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, снижающие уровень электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств. Весьма чувствительными рецепторами к таким ЭМП являются силовое электрооборудование и электронные системы различного назначения. Электромагнитное воздействие в сочетании с природно-климатическим влиянием на электрические сети снижают качество их функционирования (ГОСТ Р 20397-93) до неприемлемых эксплуатацией уровней.

Наряду с мощными нелинейными электроприёмниками стали применять маломощные нелинейные электроприёмники, которые зачастую сосредоточены у одного потребителя

(светодиодные и газоразрядные светильники, вычислительная и оргтехника, вторичные цепи и коммуникации).

Надёжность работы электроэнергетических объектов является основным в комплексе предъявляемых к ним требований. Число аварий и связанных с ними недоотпуск электроэнергии приводят в отдельных случаях к значительным повреждениям, что, в свою очередь, снижает экономические показатели как поставщика, так и потребителя электроэнергии. Поэтому оценка надёжности отдельных элементов СЭС и СТЭ в целом и поиск возможных направлений повышения надёжности, как в ходе эксплуатации, так и при проектировании, становятся первоочерёдными задачами.

Одной из задач, входящих в «Концепцию интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью» (ИЭС ААС), является создание воздушных линий электропередачи (ВЛ) нового поколения, которые должны обеспечить экономичную и надёжную передачу электрической энергии заданной мощности как между системами, так и внутри энергосистем. Одним из путей решения задачи является разработка и испытание основных составных элементов ультракомпактных ВЛ нового поколения для электрических сетей (110–220) кВ: узкобазовых промежуточных и анкерных опор из композитных материалов, оснащённых изолирующими траверсами и специальной арматурой для крепления изолированного провода и изолированный провод соответствующего класса напряжения [1, 2].

Применение изолированного провода в составе компактной ВЛ, а также изолирующих траверс и стойки опоры из композитного материала с хорошими изоляционными свойствами, позволяет спроектировать ВЛ с минимально допустимыми расстояниями между фазами и значительно снизить охранную зону в районе прохождения ВЛ. Усиление электромагнитного поля внутри линии за счёт сближения фаз позволяет увеличить пропускную способность и улучшить электрические и технические параметры ВЛ. Ослабление электромагнитного поля во внешнем пространстве приводит к улучшению экологических показателей ВЛ.

Особую актуальность разработка имеет для систем энергоснабжения крупных городов с большой плотностью электрической сети с высоким уровнем резервирования, а также необходимостью компактного исполнения энергообъектов и сооружений, вследствие высокой стоимости земли.

До настоящего времени изолированные провода (СИП) на классы напряжения 110 и 220 кВ отечественной промышленностью, как правило, не выпускались. Связано это, прежде всего с отсутствием разработок опор и арматуры, позволяющей закрепить изолированный провод с максимальным использованием его конструктивных преимуществ.

Производство композитных материалов и изделий из них является одной из динамично развивающихся в мире отраслей промышленности. При этом наибольшую долю в объёме рынка занимают композитные материалы. Уровень развития отрасли композитных материалов в значительной степени определяет уровень развития национальной технологической базы страны. Внедрение в экономику изделий из композитных материалов с заданными характеристиками прочности, жёсткости, долговечности и пожаробезопасности позволяет существенно увеличить сроки безремонтной эксплуатации, сократить эксплуатационные расходы, снизить материалоемкость

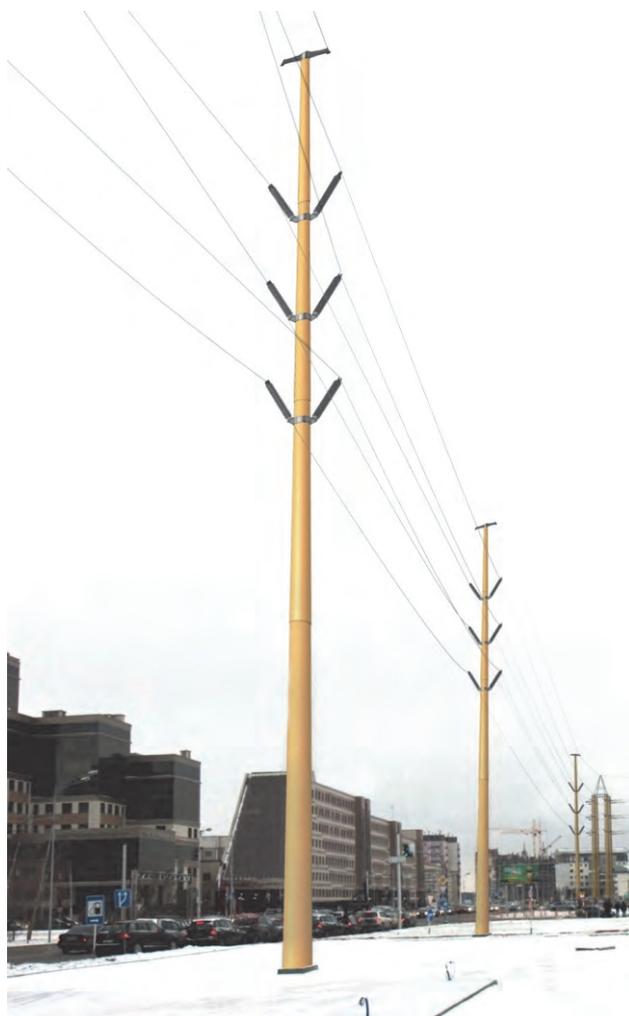


Рисунок 1 – Вариант реконструируемой воздушной линии электропередачи на 110 кВ с композитными опорами

отраслей-потребителей, снизить стоимость владения. У зарубежных электроэнергетических компаний сформированы приоритеты, связанные со значительным увеличением объема использования композитных материалов [3-5].

На основе решения комплексных задач на производственных площадях в г. Новосибирске и г. Бийске ОАО «Феникс-88» освоил выпуск изолирующих траверс и композиционных опор из стеклопластиков для электрических сетей до 220 кВ. Накоплен опыт проектирования грозозащиты воздушных линий электропередачи [1, 6, 7, 8]. На рисунках 1 и 2 приведены варианты применяемых опытных композитных опор в условиях города.



Рисунок 2 – Вариант реконструируемой воздушной линии электропередачи на 110 кВ с мощными опорами из композитных материалов

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 Арбузов, Р.С. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи / Р.С. Арбузов, А.Г. Овсянников. -Новосибирск: Наука, 2009. -294 с.
- 3 Sarmiento, M. A State of the Art overview Composite Utility Poles for Distribution and transmission Application / M. Sarmiento, B. Lacoursiere // Transmission and distribution conference and exposition. -Venezuela, 2006. -P. 1-4.
- 4 Дубина, А.А. Новые конструкции полимерных стоек для опор ВЛ в РФ и Украине / А.А. Дубина //Воздуш. линии. -2011. -№3(4). -С. 27-31.
- 5 Колтхарт, С. Композитные опоры уверенно противостоят стихии / С. Колтхарт, Т. Вайд // Энергоэксперт. -2010. -№6. -С. 26-28.
- 6 Перенапряжения и молниезащита: учеб. пособие / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова. -3-е изд., доп. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2003. -231 с.
- 7 Данилов, Г.А. Ограничение импульсных напряжений в линиях электропередачи с усовершенствованными электросетевыми конструкциями: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Данилов Геннадий Александрович. -Новосибирск: ФБОУ ВПО «Новосиб. гос. акад. вод. трансп.», 2013. -149 с.
- 8 Боровицкий, В.Г. Исследование причин немотивированных отключений ВЛ 110 кВ и разработка рекомендаций по снижению их числа: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Боровицкий Василий Геннадьевич. -Новосибирск: ФБОУ ВПО «Новосиб. гос. акад. вод. трансп.», 2013. -167 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: композит, воздушная линия электропередачи, надёжность, материал, конструкция, изолированные провод

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Данилов Геннадий Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Левчишин Олег Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: Шемшурин Анатолий Алексеевич, доцент Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

РАСЧЕТ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Красноярский институт железнодорожного транспорта, филиал ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Р.М. Христинич, А.С. Луковенко

CALCULATION OF ASYMMETRICAL MODES OF TRACTION AC

Krasnoyarsk institute of railway transport, branch Irkutsk state university of means of communication

R.M. Khristinich, A.S. Lukovenko

Considers the issues of asymmetry in traction AC. The calculation of the negative sequence current and the coefficient of reverse sequence. Based on the calculations set the percentage of unbalance and the method of installation and calculation of the balancing calculation in traction winding of a conventional transformer connection group Y/Δ-11.

Keywords: asymmetry, negative sequence current, induction motor, traction network

Рассмотрены вопросы особенности расчетов несимметрии токов в тяговой сети переменного тока. Произведен расчет тока обратной последовательности и коэффициента обратной последовательности. На основании расчетов установлена величина несимметрии тока обратной последовательности и определена методика расчета симметрирующего устройства, подсоединенного в тяговую обмотку трансформатора с группой соединения Y/Δ-11.

Подключение однофазных потребителей к трехфазной сети, при которой нагрузка по фазам распределяется неравномерно, приводит к ухудшению использованию всех элементов трехфазной цепи (генераторов, трансформаторов, линий электропередач, электродвигателей) [1, 5].

Электрифицированные железные дороги переменного однофазного тока питаются от энергосистемы и создают неравномерную нагрузку трехфазных линий, что приводит к несимметрии напряжений и токов в тяговой сети (рисунок 1).

Уменьшить несимметрию нагрузки и связанную с ней несимметрию напряжений и токов можно, если распределить более равномерно однофазную нагрузку между фазами трехфазной цепи или применить специальные симметрирующие устройства [2, 6].

На рисунке 2 приведена зависимость $K_{21}(\pi)$ без включения компенсирующего устройства (КУ) и с включением КУ. График соответствует условию $\cos \varphi_{om} = \cos \varphi_{on} = 0,8$, среднее значение $\pi = 0,25$ и 4, характерное для тяговых трансформаторов однопутного участка, включение однофазных КУ позволяет снизить несимметрию токов на 20% [3].

Симметрирующие устройства (СУ) – технические средства, способные минимизировать составляющие токов обратной и нулевой последовательностей, возникающих при несимметричных режимах работы электрических сетей [4].

Основным моментом расчета установки симметрирующих устройств является определение напряжения обратной последовательности \dot{U}_2 согласно выражению

$$\dot{U}_2 = \dot{I}_{2\Sigma} z_{-2\Sigma}, \tag{1}$$

где $\dot{I}_{2\Sigma}$ – эквивалентный ток обратной последовательности, обусловленный несимметричными нагрузками;

$z_{-2\Sigma}$ – сопротивление обратной последовательности сети.

Ток обратной последовательности I_2 и его начальная фаза φ_{12} при подключении трех однофазных нагрузок на линейные напряжения АВ, ВС, СА в системе тягового электроснаб-

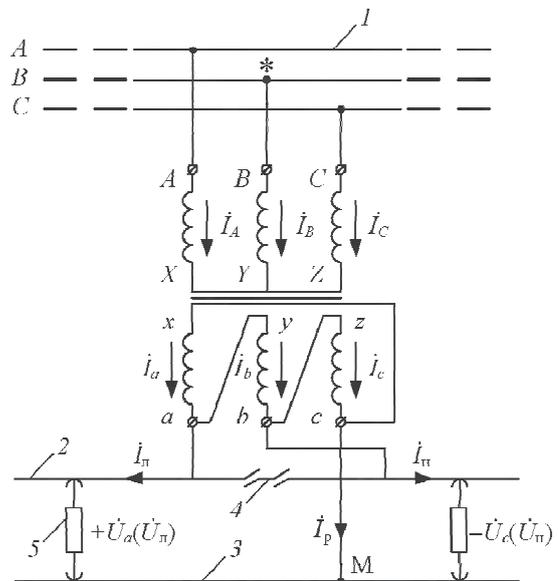


Рисунок 1 – Схема питания тяговой сети однофазного тока с помощью трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Δ-11

жения можно определить

$$I_2 = I_{2\Sigma} = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{I_{AB}^2 + I_{BC}^2 + I_{CA}^2 - I_{AB}I_{BC} - I_{BC}I_{CA} - I_{CA}I_{AB}}; \quad (2)$$

$$\varphi_{I2} = \arctg \frac{\sqrt{3} I_{AB} + I_{BC} - 2I_{CA}}{3 I_{AB} - I_{BC}}. \quad (3)$$

При задании полных мощностей нагрузки выражения (2) и (3) преобразуются к виду

$$I_2 = \frac{\sqrt{3}}{3U_{НОМ}} \sqrt{S_{AB}^2 + S_{BC}^2 + S_{CA}^2 - S_{AB}S_{BC} - S_{BC}S_{CA} - S_{CA}S_{AB}}; \quad (4)$$

$$\varphi_{I2} = \arctg \frac{\sqrt{3} S_{AB} + S_{BC} - 2S_{CA}}{3 S_{AB} - S_{BC}}. \quad (5)$$

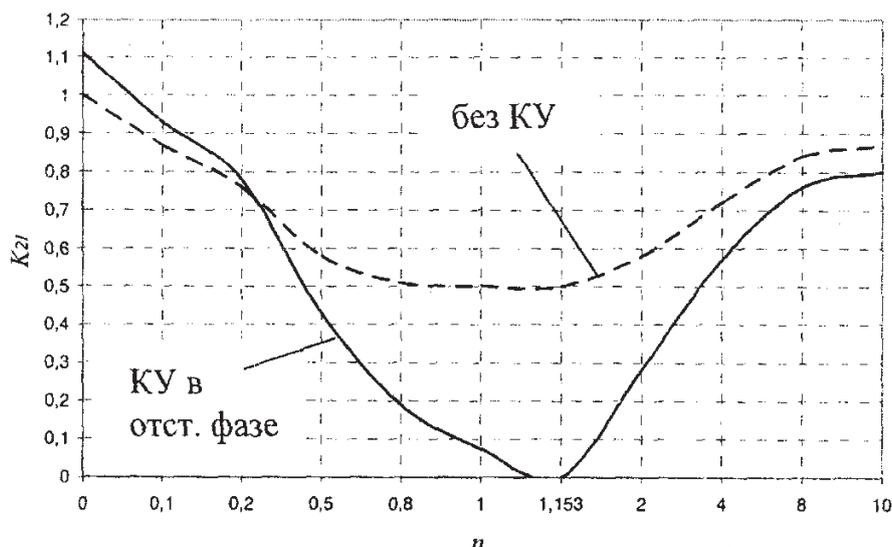


Рисунок 2 – График зависимостей $K_{21}(n)$ для традиционного трансформатора

При наличии значительной несимметрии, например, при включении двух однофазных нагрузок на линейное напряжение АВ и ВС эти выражения могут быть преобразованы к более простому виду

$$I_2 = I_{2\Sigma} = \frac{\sqrt{3}}{3U_{НОМ}} \sqrt{S_{AB}^2 + S_{BC}^2 - S_{AB}S_{BC}}; \quad (6)$$

$$\varphi_2 = \varphi_{2\Sigma} = \arctg \frac{\sqrt{3} S_{AB} + S_{BC}}{3 S_{AB} - S_{BC}}. \quad (7)$$

Используя полученные выражения и данные несимметрии токов тяговой подстанции, произведем расчет симметрирующих устройств с целью уменьшения тока несимметрии в тяговой сети.

Исходными данными являются динамические параметры одного из режимов работы силового трансформатора ТДТНЖ 40 МВА, к которому подключены две однофазные нагрузки мощностью 17 МВА к зажимам АВ и мощностью 10 МВА к зажимам ВС; нагрузки подключены на линейные напряжения трансформатора U_{AB} и U_{BC} соответственно. Величина напряжения на шинах трансформатора 27,5 кВ. Для заданных параметров определим значение коэффициента несимметрии ε_2 и рассчитаем параметры симметрирующего устройств (СУ).

Согласно выражению (6) и (7), ток обратной последовательности несимметричной нагрузки равен

$$I_2 = I_{2\Sigma} = \frac{\sqrt{3}}{3 \cdot 27,5} \cdot \sqrt{17000^2 + 10000^2 - 17000 \cdot 10000} = 296 \text{ кА};$$

$$\varphi_2 = \varphi_{2\Sigma} = \arctg \frac{\sqrt{3} \cdot 17 + 10}{3 \cdot 17 - 10} = 115,7^\circ \approx 116^\circ.$$

Тогда коэффициент обратной последовательности примет значение

$$\varepsilon_2 = \frac{\sqrt{3}I_2 U_{НОМ}}{S_k} 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot 296 \cdot 27,5}{40000} 100 = 35 \%$$

Для устранения несимметрии проведем расчет мощности батареи конденсаторов (БК)

$$Q_{\Sigma} = \sqrt{3}I_2 U_{НОМ} (\sqrt{3} \sin \varphi_{2\Sigma} - \cos \varphi_{2\Sigma}) = \sqrt{3} \cdot 296 \cdot 27,5 \cdot (\sqrt{3} \sin 116^\circ - \cos 116^\circ) = 29,48 \text{ МВАр.}$$

Определим распределение емкости конденсаторной батареи для полного устранения несимметрии

$$Q_{BC} = \frac{2}{3 - \sqrt{3} \operatorname{ctg} \varphi_{2\Sigma}} Q_{\Sigma} = \frac{2}{3 - \sqrt{3} \operatorname{ctg} 116^\circ} 29,48 = 15,34 \text{ МВАр;}$$

$$Q_{CA} = Q_{\Sigma} - Q_{BC} = 29,48 - 15,34 = 14,14 \text{ МВАр.}$$

Выполним проверку правильности решения. Для этого определим ток обратной последовательности симметрирующего устройства (СУ)

$$I_{2CY} = \frac{\sqrt{3}}{3U_{НОМ}} \sqrt{Q_{BC}^2 + Q_{CA}^2 - Q_{BC} Q_{CA}} = \frac{\sqrt{3}}{3 \cdot 27,5} \sqrt{15340^2 + 14140^2 - 15340 \cdot 14140} = 295,53 \text{ кА.}$$

Начальная фаза тока симметрирующего устройства

$$\varphi_{2CY} = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} (2Q_{CA} - Q_{BC})}{3 Q_{BC}} - \varphi_{CY} = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 14,14 - 15,34}{3 \cdot 15,34} + 90^\circ = 115,31^\circ;$$

$$\varphi_{2CY} - \varphi_2 = 115,31^\circ - 115,7^\circ = -0,39^\circ.$$

Произведем расчет фильтрокомпенсирующего устройства, используя параметры симметрирующего устройства.

Примем токи гармоник, например, $I_5 = 145 \text{ А}$, $I_7 = 122 \text{ А}$. Пусть относительные значения напряжений высших гармоник (ВГ) $U_{5*} = 5,8\%$, $U_{7*} = 4,9\%$.

Выбранные конденсаторы входят в состав фильтров, включенных на напряжение ВС и СА и настроенных на частоту гармоники $\nu_p = 5$.

Для определения остаточного напряжения 9-й гармоники найдем значения коэффициентов ρ_{BC} и ρ_{CA}

$$k_{pBC} = \frac{Q_{BC}}{S_k} = \frac{15,34}{40} = 0,38; \quad k_{pCA} = \frac{Q_{CA}}{S_k} = \frac{14,14}{40} = 0,35;$$

$$\rho_{BC} = \frac{1}{1 + \frac{3k_{pBC} \nu_p^2}{1 - \nu_q^2}} = \frac{1}{1 + \frac{3 \cdot 0,38 \cdot 5^2}{1 - \left(\frac{5}{7}\right)^2}} = 0,024; \quad \rho_{CA} = \frac{1}{1 + \frac{3k_{pCA} \nu_p^2}{1 - \nu_q^2}} = \frac{1}{1 + \frac{3 \cdot 0,35 \cdot 5^2}{1 - \left(\frac{5}{7}\right)^2}} = 0,026.$$

Остаточное напряжение 7-й гармоники

$$U_{7AB} = \frac{\sqrt{3(\rho_{BC}^2 + \rho_{CA}^2 + \rho_{BC} \rho_{CA})}}{1 + \rho_{BC} + \rho_{CA}} U_{7*} = \frac{\sqrt{3(0,024^2 + 0,026^2 + 0,024 \cdot 0,026)}}{1 + 0,024 + 0,026} 4,9 = 0,35 \%;$$

$$U_{7BC} = \frac{\rho_{BC} \sqrt{3(1 + \rho_{CA} + \rho_{CA}^2)}}{1 + \rho_{BC} + \rho_{CA}} U_{7*} = \frac{0,024 \sqrt{3(1 + 0,026 + 0,026^2)}}{1 + 0,024 + 0,026} 4,9 = 0,20 \%;$$

$$U_{7CA} = \frac{\rho_{CA} \sqrt{3(1 + \rho_{BC} + \rho_{BC}^2)}}{1 + \rho_{BC} + \rho_{CA}} U_{7*} = \frac{0,026 \sqrt{3(1 + 0,024 + 0,024^2)}}{1 + 0,024 + 0,026} 4,9 = 0,21 \%.$$

Доля тока, протекающая через каждое плечо фильтра

$$\sigma_{75}^{BC} = \frac{1 + 0,5(\rho_{CA} + \rho_{CA}^2)}{1 + \rho_{BC} + \rho_{CA}} = \frac{1 + 0,5(0,026 + 0,026^2)}{1 + 0,024 + 0,026} = 0,96;$$

$$\sigma_{75}^{CA} = \frac{1 + 0,5(\rho_{BC} + \rho_{BC}^2)}{1 + \rho_{BC} + \rho_{CA}} = \frac{1 + 0,5(0,024 + 0,024^2)}{1 + 0,024 + 0,026} = 0,96.$$

Суммарный ток высшей гармоники (ВГ), протекающий через фильтр

$$I_{\nu\Sigma}^{BC} = \sqrt{I_5^2 + (I_7 \sigma_{75}^{BC})^2} = \sqrt{145^2 + (122 \cdot 0,96)^2} = 186 \text{ А;}$$

$$I_{\nu\Sigma}^{CA} = \sqrt{I_7^2 + (I_9 \sigma_{97}^{CA})^2} = \sqrt{145^2 + (122 \cdot 0,96)^2} = 186 \text{ А.}$$

Мощность БК должна удовлетворять условию

$$Q_{BC(CA)} \geq 1,2U_{НОМ БК} I_{\Sigma}^{BC(CA)} ; \quad (8)$$

$$2 \cdot 27,5 \cdot 0,186 = 0,01023 \text{ МВАр.}$$

Согласно условию выбора БК $Q_{BC} = 15,34$ МВАр, $Q_{CA} = 14,14$ МВАр удовлетворяет условию (8), расчета тока обратной последовательности I_2 и его начальной фазы φ_{I_2} удовлетворяет проверки правильности решения, перегрузка БК по току отсутствует и симметрирующее устройство выбрано правильно.

– При прохождении тяжеловесных поездов возникает сильное токопотребление, что приводит к несимметрии токов и напряжений в тяговой сети, дополнительным потерям, нагреву проводников. Такой режим неблагоприятно влияет на работу силового трансформатора тяговой подстанции.

– При использовании разработанной модели расчета тока обратной последовательности величина несимметрии токов и напряжений в тяговой сети переменного тока уменьшается, а мощность БК должна удовлетворять условию $Q_{BC(CA)} \geq 1,2U_{НОМ БК} I_{\Sigma}^{BC(CA)}$, что достигается включением симметрирующего устройства.

– Подключение симметрирующего устройства позволяет уменьшить ток обратной последовательности, настроить СУ на токи 7 гармоники и компенсировать реактивную мощность, не изменяя схему соединения силового трансформатора звезда-треугольник.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Наумов, И.В. Управление режимами работы асинхронного двигателя в условиях несимметрии напряжений питающей сети / И.В. Наумов, Д.А. Шпак, Д.А. Иванов // Вестн. Иркут. гос. с.-х. акад. – 2008. – Вып. 30. – С. 90–95.
- 2 Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог / К.Г. Марквардт. – Москва: Транспорт, 1982. – 524 с.
- 3 Сероносков, В.В. Улучшение условий симметрирования трехфазных токовых нагрузок на тяговых подстанциях однопутных участков / В.В. Сероносков // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщения. – 2006. – №4. – С. 123–127.
- 4 Наумов, И.В. Оптимизация мощности симметрирующих устройств в распределительных сетях 0.38 кВ. / И.В. Наумов, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов // Вестн. Иркут. гос. с.-х. акад. – 2011. – Вып.42. – С. 93–99.
- 5 Бочев, А.С. Симметрирование электротяговых нагрузок с помощью компенсирующих устройств / А.С. Бочев // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщения. – 2002. – №1. – С. 55–57.
- 6 Ягуп, В.Г. Расчет параметров симметрирующего устройства для тяговой подстанции переменного тока на визуальной модели / В.Г. Ягуп // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – 2014. – №8(70). – С. 23–28.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: несимметрия, ток обратной последовательности, асинхронный двигатель, тяговая сеть
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Христинич Роман Мирославович, докт. техн. наук, профессор КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»
 Луковенко Антон Сергеевич, аспирант КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 660028, г.Красноярск, ул.Ладо Кецховели, 89, КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА УСТАВКИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 0,4 кВ «БЕРЕГ-СУДНО»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.Н. Смыков, М.Н. Иванов, Е.В. Иванова

EFFECT OF ARC GROUND FAULT POINT RELAY PROTECTION POWER 0,4 kV «SHORE TO SHIP»
 Siberian state university of water transport
 Yu.N. Smykov, M.N. Ivanov, E.V. Ivanova

Analyzes the effect of the type fault sensitivity relaying power 0,4 kW «shore vessel» for phase short circuit through the contact resistance.

Keywords: phase to phase short-circuit, three-phase short-circuit, power supply vessel from the shore

Анализируются влияние вида коротких замыканий на чувствительность релейной защиты электропередачи 0,4 кВ «берег-судно» при междуфазных коротких замыканий через переходное сопротивление.

В электрических сетях 0,4 кВ при электроснабжении судна с берега возможно возникновение короткого замыкания (КЗ) через переходные сопротивления электрической дуги. Влияние дуги условно учитывается введением в расчетную схему ее активного сопротивления $r_{пер} = 10-15$ мОм в месте КЗ. В связи с тем, что ток КЗ с учетом дуги меньше, чем ток при металлических КЗ, необходимо учитывать в первом случае коэффициент чувствительности

релейной защиты (РЗ).

При определении максимального тока КЗ, сопротивление дуги не учитывается (металлические КЗ). Далее приводятся формулы для расчета токов междуфазных металлических КЗ и КЗ с учетом электрической дуги за трансформаторами 6(10)/0,4 кВ в электрической сети 0,4 кВ. Начальное действующее значение периодической составляющей тока при трехфазном КЗ через переходное активное сопротивление в месте КЗ

$$I_{к пер}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \sqrt{(r_{1\Sigma} + r_{пер})^2 + x_{1\Sigma}^2}}, \quad (1)$$

где U_{cp} – среднее номинальное напряжение сети 0,4 В;

$r_{1\Sigma}, x_{1\Sigma}$ – суммарные активные и индуктивные сопротивления прямой последовательности цепи КЗ, мОм;

$r_{пер}$ – активное сопротивление дуги в месте КЗ, мОм.

Ток металлического трехфазного КЗ при $r_{пер} = 0$

$$I_{к}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}. \quad (2)$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока при двухфазном КЗ через переходное сопротивление

$$I_{к пер}^{(2)} = \frac{U_{cp}}{2 \sqrt{\left(r_{1\Sigma} + \frac{r_{пер}}{2}\right)^2 + x_{1\Sigma}^2}}. \quad (3)$$

Ток металлического двухфазного КЗ

$$I_{к}^{(2)} = \frac{U_{cp}}{2 \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}}. \quad (4)$$

Для сравнения модулей токов в месте КЗ при определении расчетного вида повреждения используется выражение

$$\frac{I_{к пер}^{(2)}}{I_{к пер}^{(3)}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{\left(1 + \frac{r_{пер}}{r_{1\Sigma}}\right)^2 + \left(\frac{x_{1\Sigma}}{r_{1\Sigma}}\right)^2}{\left(1 + \frac{r_{пер}}{r_{1\Sigma}}\right)^2 + \left(\frac{x_{1\Sigma}}{r_{1\Sigma}}\right)^2}}. \quad (5)$$

При $r_{пер} = 0$ выражение (5) преобразуется

$$\frac{I_{к пер}^{(2)}}{I_{к пер}^{(3)}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что при металлических КЗ $I_{к пер}^{(2)} < I_{к пер}^{(3)}$. При междуфазных КЗ в сети 0,4 кВ за понижающим трансформатором с учетом переходного сопротивления ток двухфазного повреждения может быть больше, чем ток трехфазного. Параметры стандартных трансформаторов 6(10)/0,4 кВ с соединением обмоток треугольник / звезда с нулевым выводом указываются в таблице 1 [1] (сопротивления приведены к напряжению 0,4 кВ).

Сопротивление обратной последовательности трансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий электропередачи принимается равным сопротивлению прямой последовательности. По выражению (5) рассчитаны и представлены в таблице отношения $I_{к пер}^{(2)} / I_{к пер}^{(3)}$ при междуфазных КЗ на выводах 0,4 кВ трансформаторов, при различном сопротивлении дуги [1].

Следует отметить, что при расчете отношений токов КЗ на выводах 0,4 кВ трансформаторов 6/0,4 кВ, не учитывались активное и индуктивное сопротивление энергосистемы на стороне высшего напряжения трансформаторов, а также сопротивления трансформаторов тока, катушек (расцепителей) автоматических выключателей, контактов и контактных соединений в сети 0,4 кВ, так как их влияние на токи КЗ невелико. Например, в ГОСТ28249-93 [2] рекомендуется в случае приближенных расчетов принимать сопротивление контактных соединений кабелей 0,1 мОм, шинопроводов – 0,01, коммутационных аппаратов – 1.

Таблица – Отношение $I_{к пер}^{(2)} / I_{к пер}^{(3)}$ при различных $r_{пер}$

Мощность трансформатора, кВА	Сопротивление дуги $r_{пер}$, МОм	Параметры трансформатора			Отношение $I_{к пер}^{(2)} / I_{к пер}^{(3)}$ при различных $r_{пер}$			
		$x_{Т1}$	$r_{Т1}$	$x_{Т1}/r_{Т1}$	0	5	10	15
250	4,5	27	10,7	2,52	0,866	0,900	0,943	0,991
400	4,5	17	5,9	2,88	0,866	0,922	0,998	1,078
630	5,5	13,5	3,4	3,97	0,866	0,935	1,036	1,139
1000	8,0	12,65	1,9	6,66	0,866	0,932	1,044	1,160
	5,5	8,6	2,0	4,30	0,866	0,989	1,153	1,288

Так трансформатор мощностью 1000 кВА на напряжение 6/0,4 кВ. Напряжение короткого замыкания 8%. Схема соединения обмоток треугольник/звезда с нулем. Принимается $r_{пер} = 15$ МОм. Токи равны соответственно 10,94 и 12,69 кА. Отношение этих токов рассчитывается по выражению 5 и составляет 1,16 [1].

Отношение $I_{к пер}^{(2)} / I_{к пер}^{(3)}$ увеличивается, с ростом значений $r_{пер}$, что в свою очередь говорит о необходимости учитывать влияние вида КЗ на чувствительность РЗ электропередачи 0,4 кВ «берег -судно» при междуфазных КЗ через переходное сопротивление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Каневский, Я.М. Расчёт токов междуфазных КЗ в сети 0,4 кВ с учётом влияния электрической дуги /Я.М. Каневский // Энергетик. – 2001. – № 8. – С. 18–19.
- 2 ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Взамен ГОСТ Р 50270-92. – Минск : Стандарты, 1995. – 84 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: междуфазное короткое замыкание, трехфазное короткое замыкание, электроснабжение судна с берега

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Смыков Юрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванов Михаил Николаевич, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ЭНЕРГОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

А.В. Лыкин, Н.А. Жилина

DETERMINING ELECTRIC ENERGY POWER LOSSES BASED ON THE ENERGY FLOW CALCULATION IN NETWORKS
Novosibirsk state technical university
A.V. Lykin, N.A. Zhilina

This paper presents an approach to compute the electric energy power losses as a part of the energy flow calculation in networks based on the probabilistic load flow calculation. In this network node loads are modeled by their distribution in time.

Keywords: electrical network, electric energy, electricity losses, probabilistic-statistical method, probabilistic load flow, energy distribution, calculation power and energy losses

Описан подход к расчету потерь электроэнергии как составляющей расчета энергораспределения, основанной на расчете вероятностного потокораспределения. При этом мощности нагрузок узлов электрической сети моделируются их распределением по времени.

Снижение потерь электрической энергии при ее передаче стало неотъемлемой составляющей исследований в области анализа и совершенствования работы электрических сетей. Поиск наиболее эффективных путей энергосбережения в электрических сетях возможен только при достаточно высокой точности расчета потерь электрической энергии, когда можно проследить изменение потерь в зависимости от различных факторов, влияющих на них. Основными трудностями для повышения точности расчета потерь является недостаток необходимой информации и влияние различных внешних условий.

Необходимо также считаться с особенностями расчета потерь в замкнутых сетях и новыми свойствами, приобретаемыми сегодня распределительными сетями. Сказанное отно-

сится к появлению большого разброса передаваемых мощностей на расчетном интервале времени и реверсивных потоков мощности.

Распределительные сети изначально проектировались на однонаправленные потоки мощности – от источника к узлам потребления электрической энергии. Появившаяся в последние годы концепция распределенной генерации приводит к иным соображениям, касательно потокораспределения в распределительных сетях. Выдача (проникновение) электрической энергии, выработанной распределенной генерацией, в электрическую сеть влияет на величину и направление передаваемой мощности части электрической сети. Наряду с другими проблемами, такими как диспетчеризация, регулирование напряжения, изменение уровня надежности электроснабжения и пропускной способности электрической сети, связанными с появлением распределенной генерацией, возникает значительное изменение потерь электрической энергии и использование традиционных методов расчёта потерь становится еще более затруднительным. В [1] показано, что включение распределенной генерации снижает потери в распределительной линии, однако это справедливо не для всех случаев. Исследования, проведенные в [2] показывают, что потери начинают уменьшаться с низким уровнем проникновения распределенной генерации в сеть, а после некоторого минимального значения, при более высоком уровне проникновения генерации они начинают расти.

Задачу энергораспределения можно трактовать как задачу усредненного по времени потокораспределения [3]. При этом рассматриваются уравнения баланса средних мощностей, которые вследствие нелинейности уравнений установившегося режима (УУР) не могут быть точно записаны с использованием только средних величин, так как это приводит к неустраняемым методическим погрешностям. Однако, здесь следует разделить постановку задачи энергораспределения в соответствии с двумя различными концепциями.

Первая концепция основана на расчетах в реальном времени, когда определение потоков и потерь электроэнергии выполняется за относительно небольшие интервалы времени – от нескольких минут до нескольких часов. Данные для таких расчетов должны быть предоставлены автоматизированными информационно-измерительными системами (АИИС КУЭ, ТУЭ и др.). Осреднение мощности на малых интервалах и расчет потерь мощности и энергии на основе средних значений вносят небольшие погрешности в результаты расчета. Кроме того, существуют способы снижения этих погрешностей. Энергораспределение на больших интервалах времени получается суммированием по нарастающей потоков переданной энергии с учетом направления и потерь энергии. Сам расчет энергораспределения на малых интервалах, по сути, является расчетом потокораспределения мощностей при усредненных нагрузках с привлечением методов оценки состояния [4, 5].

Вторая концепция использует подход вероятностного потокораспределения [6-8], в котором кроме усреднения мощностей нагрузок – математических ожиданий, вводятся ковариационные матрицы мощностей напряжений, которые учитывают разброс мощностей и напряжений и корреляционные связи между ними. Этот подход позволяет определить потоки и потери энергии сразу для всего интервала любой длительности.

По сравнению с расчетами в реальном времени вторая концепция позволяет выполнять расчеты энергораспределения в электрических сетях без измерений в реальном времени и при проектировании. Кроме того, она может быть использована для уточнения результатов, полученных на малых интервалах времени, то есть исключить ошибку осреднения.

Недостатком расчета энергораспределения за длительные интервалы времени, как, впрочем, и любого метода расчета потерь электроэнергии, являются трудности учета изменения топологии электрической сети в течение расчетного интервала.

Рассмотрим некоторые аспекты моделирования мощности нагрузки ее распределением по времени.

Энергия, потребляемая, генерируемая или передаваемая, регистрируется счетчиком электроэнергии путем интегрирования произведения мгновенных значений тока и напряжения в точках учета. То же самое мы можем получить по измерениям активной и реактивной мощности, интегрируя графики измерений по времени за расчетный интервал времени T_p . Используя среднее значение мощности – математическое ожидание за расчетный интервал

$$W = M[P]T_p. \quad (1)$$

В свою очередь математическое ожидание мощности можно определить с использованием функции распределения на расчетном интервале, представленную подобно функции

распределения вероятностей случайной величины. Для этого график нагрузки упорядочим по возрастанию (рисунок 1а) и найдем его распределение по времени (рисунок 1б) то есть по временной оси от 0 до T_p . Это легко представить для относительного времени, то есть для $T_{p*} = 1$.

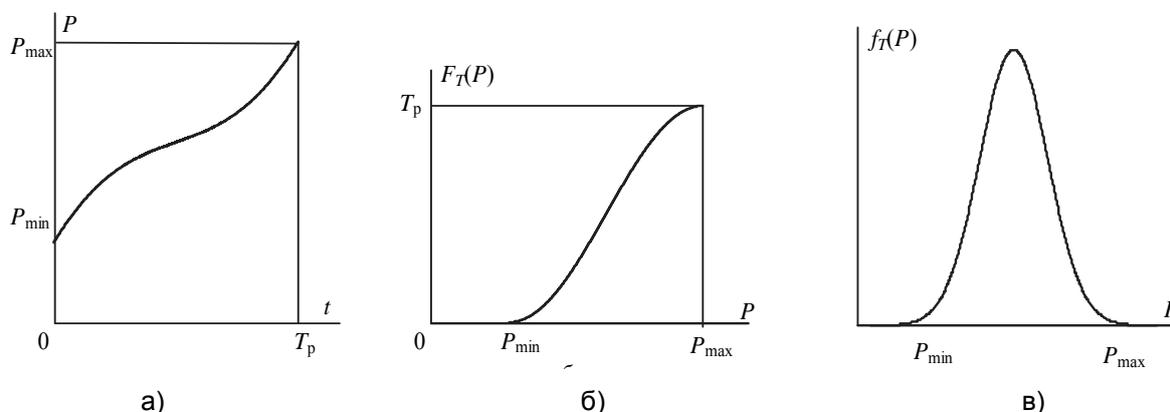


Рисунок 1 – Распределение мощности: а)-график мощности по возрастанию; б)-распределение мощности по времени; в)-плотность распределения мощности по времени

Площадь под кривой плотности распределения по времени (рисунок 1в) равна T_p или единице в относительных единицах.

Выполняя различные действия с мощностью P как с величиной, имеющей распределения по времени следует применять аппарат теории вероятностей и использовать закон распределения. Так неравенство $P < P_i$ следует трактовать как событие, при котором мощность не превышает значения P_i и функция распределения $F_i(P < P_i)$ дает общую продолжительность этого события в часах или относительных единицах. При этом шкала реального времени здесь отсутствует.

Такому представлению близок известный график нагрузки по продолжительности, по которому определяют суммарную длительность существования режимов с мощностью в заданных пределах.

Уравнения установившегося режима используются для расчета потокораспределения и в результате их численного решения определяются напряжения в узловых точках сети, по которым находятся потоки и потери мощности во всех элементах сети. Для расчета энергораспределения необходимо использовать те же уравнения, но относительно математических ожиданий мощностей и напряжений, а также так называемых моментов высших порядков этих величин. К ним в первую очередь относятся дисперсии и ковариации величин.

Если использовать форму уравнений установившегося режима, записанную через вещественные и мнимые составляющие комплексных величин (так называемая декартова форма), то нелинейные уравнения будут обладать только мультипликативной нелинейностью, что позволит обойтись только центральными моментами второго порядка [10, 11].

В результате расчета по полученным уравнениям получаются математические ожидания и матрица ковариационным моментов напряжений в узлах. По этим данным легко рассчитываются математические ожидания потоков и потерь мощности во всех элементах сети. Моменты второго порядка расчету не подлежат. Все потоки и потери энергии определяются умножением их математических ожиданий на время T_p .

На основе изложенного, можно считать расчеты потерь электроэнергии вероятностно-статистическим методом как составную часть задачи энергораспределения в электрических сетях.

Следует отметить, что расчеты потерь электроэнергии предполагают определение всех структурных составляющих технических потерь, то есть нагрузочных и условно-постоянных со всем их многообразием по видам оборудования. Обычно доминируют потери нагрузочные и потери холостого хода, то есть потери в ЛЭП и трансформаторах. Потери в других видах оборудования, в общем, намного меньше, и рассчитываются отдельно от расчета потокораспределения. Строго говоря, наличие потерь в дополнительном оборудовании должно быть учтено в расчетах установившихся режимов, чтобы добавить к основным потерям так

называемые «потери от потерь». Однако такие мощности не являются значимыми в расчетах потокораспределения и во многих задачах рассчитываются отдельно. В то же время, наличие дополнительного оборудования, учитываемого в расчетах потокораспределения, например, в части реактивной мощности или дополнительных витков регулирующей обмотки РПН трансформаторов, дает возможность учесть и потери активной энергии без дополнительных моделей.

Основным фактором, влияющим на потери в дополнительном оборудовании электрических сетей, является напряжение. Оно влияет на величину потерь холостого хода в трансформаторах и реакторах, а также конденсаторных батареях, разрядниках, корону на ВЛ.

Кроме напряжения на потери, не зависящие от нагрузки, оказывают влияние метеорологические факторы, среди которых определяющим является влажность воздуха, способная в десятки раз менять потери электрической энергии.

При моделировании электрических сетей в расчётах потокораспределения учет влияния напряжения и влажности возможен при введении функции потерь от указанных факторов. Наиболее простой формулой учета изменения напряжения в сети является квадратичная функция напряжения U для потерь мощности

$$\Delta P_{\text{уп}} = G_{\text{ш}} U^2, \quad (2)$$

где $G_{\text{ш}}$ – активная проводимость шунтирующего элемента, моделирующего процесс преобразования электрической энергии в тепловую.

Обе величины в (2) являются случайными величинами, которые можно считать независимыми.

Математическое ожидание $\Delta P_{\text{уп}}$ равно

$$M[\Delta P_{\text{уп}}] = M[G_{\text{ш}}](m_U^2 + D_U), \quad (3)$$

где m_U, D_U – соответственно математическое ожидание и дисперсия модуля напряжения в узле электрической сети.

По отношению к составляющим комплексного напряжения U' и U''

$$M[\Delta P_{\text{уп}}] = M[G_{\text{ш}}](m_{U'}^2 + m_{U''}^2 + D_{U'} + D_{U''}). \quad (4)$$

Математическое ожидание активной проводимости определяется в зависимости от вида оборудования электрической сети. Так для потерь холостого хода силовых трансформаторов считают $G_{\text{ш}} = G_{\mu} = \text{Const}$. Потери в стали трансформатора будут пропорциональны квадрату напряжения (магнитной индукции) и коэффициент, рассчитанный из опыта холостого хода трансформатора. Потери на корону и от токов утечки по изоляторам можно получить по математическому ожиданию проводимости, рассчитанному в соответствии с количеством дней в расчетном интервале, соответствующим разным типам погоды по фактору влажности – хорошая погода, сухой снег, влажная погода, изморозь с учетом зависимости от региона расположения линии. При наличии для конкретной ВЛ удельных усредненных за год потерь мощности $\Delta P_{\text{уд.ср}}$, удобно воспользоваться расчетом математического ожидания потерь на корону (от токов утечки) формулой

$$M[G_{\text{кор}}] = \frac{\Delta P_{\text{уд.ср}}}{U_{\text{ном}}^2}. \quad (5)$$

Математическое ожидание условно-постоянных потерь в других видах оборудования также можно рассчитать по формуле (4), но они обычно много меньше потерь холостого хода трансформаторов, потерь на корону и от токов утечки ВЛ. Поэтому их изменением под влиянием напряжения можно пренебречь и определять по номинальному напряжению.

Напряжение базисного узла в расчете вероятностного потокораспределения также может быть представлено числовыми характеристиками распределения и, таким образом, возможна оценка его влияния на потери.

Рассмотрим пример электрической сети напряжением 10 кВ для расчета потерь электрической энергии. Схема изображена на рисунке 2 и состоит из трех ЛЭП, выполненных проводом АС-95/16, и трех нагрузок. Длины ЛЭП в километрах указаны на рисунке 2. В узле 1 имеется источник электрической энергии в виде дизельного генератора (ДЭС). Для простоты использованы двухступенчатые графики нагрузки узлов, которые можно считать почасовыми графиками (два часа). Для обоих часов напряжение в центре питания (ЦП) принято 10,5 кВ. По линии Л-1 имеет место реверсивный поток мощности.

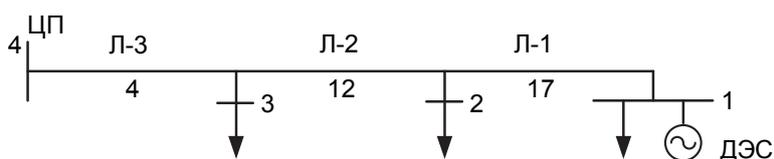


Рисунок 2 – Схема электрической сети 10 кВ примера

Математические ожидания мощностей узлов найдены по заданным графикам нагрузки, математические ожидания напряжений получены расчетом вероятностного потокораспределения (таблица 1).

Таблица 1 – Графики мощностей и напряжений

Узел	P, МВт			Q, Мвар			U, кВ		
	P ₁	P ₂	M[P]	Q ₁	Q ₂	M[Q]	U ₁	U ₂	M[U]
1	200	-1000	-400	41	-203	-81	9,34	10,53	9,93
2	1200	1600	1400	244	325	284	9,48	9,94	9,71
3	800	1000	900	162	203	183	10,15	10,25	10,20

Почасовой расчет потерь электроэнергии и расчет по ВСМ для суммарных потерь в представленной схеме дали равные результаты (таблица 2).

Таблица 2 – Потери электроэнергии, кВт·ч

Линия	1-ый час	2-ой час	За 2 часа	По ВСМ
Л-1	2	49	51	52
Л-2	84	17	101	100
Л-3	66	34	100	100
Всего по сети	152	100	252	252

Точность расчета потерь электроэнергии была экспериментально проверена на нескольких схемах, различающихся

количеством узлов, различным числом ступеней номинальных напряжений, а также для магистральных и замкнутых схем [12]. Максимальная погрешность расчетов потерь электроэнергии по ВСМ достигала 3,3% в схемах электрических сетей, для которых при расчете потерь электроэнергии традиционными методами с использованием интегрирующих множителей, имели место значительно большие погрешности. Средняя погрешность расчетов потерь по ВСМ в использованных схемах не превысила 1,15%.

Вероятностное потокораспределение как отдельный метод анализа режимов электрических сетей возник в 1970-е годы и долгое время не находил широкого применения в практике управления режимами электрических систем из-за большой громоздкости исходной и расчетной информации (аналитические методы) или большого времени расчетов (метод статистического моделирования). Сегодня эти ограничения сняты и появились новые предпосылки использования вероятностного подхода к анализу режимов электрических сетей, связанные, в основном, с появлением распределенной генерации и стохастическим характером источников возобновляемой электрической энергии. Энергораспределение, как решение задачи вероятностного потокораспределения, может использоваться на коротких и длительных интервалах учета количества электрической энергии. Расчет потерь электрической энергии может рассматриваться как составляющая более общей задачи – расчет энергораспределения, а также быть независимой задачей.

За рубежом задача энергораспределения не выделяется как отдельная проблема и все необходимые показатели по электрической энергии определяются либо с помощью измерений, либо расчетам в реальном времени. В то же время вероятностное потокораспределение получило громадное развитие в части увеличения точности расчетов и учета дополнительных факторов, таких как метеорологические факторы, изменение коммутационного состояния сети и применение сетевых накопителей электрической энергии. В России в последнее время подобными задачами занимались коллективы авторов под руководством А.В. Паздерина (УрФУ) [3-5] и А.А. Герасименко (ПИ СибФУ) [13]. Есть также подобные работы в Азербайджане, проводимые под руководством А.Б. Баламетова (АзНИ и ПИИЭ, Баку) [14].

Приведенные в настоящей работе результаты позволяют считать расчет потерь электрической энергии составляющей расчета энергораспределения в электрических сетях на основе вероятностного потокораспределения.

Точность результатов расчета энергораспределения на основе вероятностного потоко-

распределения оказывается вполне приемлемой, что является основанием использования этого подхода при совершенствовании специализированных программных комплексов в электроэнергетике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Chiradeja, P. Benefit of distributed generation: a line loss reduction analysis, Presented at Transmission and Distribution /P. Chiradeja // Conference and Exhibition: Asia and Pacific: IEEE/PES. – 2005. – P. 1–5.
- 2 Quezada, V.H.M. Assessment of Energy Distribution Losses for Increasing Penetration of Distributed Generation /V.H.M. Quezada, J.R. Abbad, T.G.S. Román // IEEE Trans. on Power Systems. – 2006. – Vol. 21, № 2 (May). – P. 533–540.
- 3 Паздерин, А.В. Проблема моделирования распределения потоков электрической энергии в сети / А.В. Паздерин // Электричество. – 2004. – № 10. – С. 2–8.
- 4 Паздерин, А.В. Решение задачи энергораспределения в электрической сети на основе методов оценивания состояния / А.В. Паздерин // Электричество. – 2004. – № 12. – С. 2–7.
- 5 Использование методических подходов теории оценивания состояния для расчета и достоверизации потоков электрической энергии в сетях / А.В. Паздерин, А.О. Егоров, Е.С. Кочнева, В.О. Самойленко // Электричество. – 2014. – № 10. – С. 14–21.
- 6 Манусов, В.З. Расчет установившихся режимов электрических систем с учетом вероятностного характера нагрузок / В.З. Манусов, А.В. Лыкин // Изв. Сиб. отд-ния АН СССР. – 1973. – № 3.
- 7 Allan, R. N. Probabilistic analysis of power flows / R. N. Allan, B. Borkowska, C. Y. Grigg // Proc. of the Inst. of Electrical Eng. (London). – 1974. – Vol. 121, № 12 (Dec.). – P. 1551–1556.
- 8 Dopazo, J. F. Stochastic load flows / J. F. Dopazo, J. F. Klitin, A.M. Sasson // IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems. – 1975. – Vol. PAS-94, № 2 (Mar./Apr.). – P. 299–309.
- 9 Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: рук. для практ. расчетов / Ю.С. Железко. – Москва: ЭНАС, 2009. – 456 с.
- 10 Лыкин, А.В. Расчёт потерь электрической энергии в электрических сетях вероятностно-статистическим методом / А.В. Лыкин, Н.А. Жилина, А.Н. Нестерова // Электроэнергетика глазами молодежи. В 2 т. Т. 1: науч. тр. всерос. науч.-техн. конф: сб. ст. / УрФУ. – Екатеринбург, 2010. – С. 314–318.
- 11 Жилина, Н.А. Расчет нагрузочных потерь электрической энергии вероятностно-статистическим методом / Н.А. Жилина, А.В. Лыкин // Науч. вестн. НГТУ. – 2014. – Т. 55, № 2. – С. 176–182.
- 12 Лыкин, А.В. Исследование погрешностей в расчете потерь электрической энергии вероятностно-статистическим методом / А.В. Лыкин, Н.А. Жилина, А.Н. Нестерова // Международная молодежная научно-техническая конференция «Управление, информация и оптимизация в электроэнергетических системах», г. Новосибирск, 21–24 сен-тября 2011 г.: тез. докл. / НГТУ. – Новосибирск, 2011. – С. 46–47.
- 13 О моделировании распределения потоков энергии в электрических сетях / А.Б. Баламетов, Г.С. Мусаханова, Э.Д. Халилов, Э.А. Баламетов // Материалы Международной конференции «Fizika-2005», 7-9 июня 2005 г., Баку, Азербайджан. – С. 567–571.
- 14 Герасименко, А.А. Стохастический метод расчета потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях / А.А. Герасименко, И.В. Шульгин // Электр. станции. – 2013. – № 4. – С. 44–59.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *электрические сети, электрическая энергия, потери электроэнергии, вероятностно-статистический метод, вероятностное потокораспределение, энергораспределение, расчеты потерь мощности и энергии*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Лыкин Анатолий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «НГТУ»
Жилина Надежда Анатольевна, ассистент ФГБОУ ВО «НГТУ»*

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

УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

В.М. Левин

MANAGEMENT OF OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF THE DISTRIBUTION NETWORK

Novosibirsk state technical university

V.M. Levin

Prospects of improving the reliability of distribution networks by optimizing the operation of the equipment are considered. To calculate the reliability indices proposed models using retrospective data as a type of lifetime and current information about the status of the equipment.

Keywords: distribution network, reliability indices, optimization models, repairs importance and priority, risk of failure, status of the equipment

Рассматриваются перспективы повышения надежности распределительных сетей за счет оптимизации эксплуатации оборудования. Для расчета показателей надежности предложены модели, использующие как ретроспективные данные типа времени жизни, так и оперативную информацию о состоянии оборудования.

Современное состояние отечественного электросетевого комплекса напряжением 110-35-10(6) кВ характеризуется относительно низким уровнем автоматизации контроля, техно-

логией периодического диагностирования электрооборудования (ЭО), повышенным его износом и ограниченностью ресурсов на модернизацию и реновацию. В целях долгосрочного обеспечения надежного и качественного электроснабжения потребителей стратегией [1] предусмотрено решение ряда ключевых задач развития. Среди задач выделяется организация сбора данных о надежности и разработка единого технического регламента эксплуатации ЭО. Решение именно этих задач направлено на обеспечение наибольшей отдачи по повышению надежности от концентрации ограниченных ресурсов на участках электрической сети с максимальным риском отказов.

Для решения поставленных задач в ближайшей перспективе актуально определение показателей надежности участков сети и ЭО: средних частот и вероятностей отключений, сопровождающих их нежелательных последствий (ущербов). В связи с этим особую важность приобретают расчетные модели надежности, использующие как ретроспективные данные типа времени жизни, так и оперативную информацию о режиме и техническом состоянии ЭО.

Моделирование и исследование надежности. В разработке подобного класса моделей успешно применяется аппарат управляемых Марковских (полумарковских) случайных процессов [2]. Указанный метод хорошо зарекомендовал себя для описания эволюции систем с возрастающей функцией интенсивности отказов

$$\lambda(t) = \lambda_0 + b t,$$

где λ_0 – начальное значение интенсивности;

b – коэффициент, учитывающий степень старения ЭО.

Построенные на его основе модели представляют собой направленные графы, вершины которых – состояния системы, характеризующиеся вероятностями $p_i (i = \overline{1, n})$, а дуги – переходы из одного состояния в другое с интенсивностями $\lambda_j (j \neq i)$. С учетом вводимых обозначений двухуровневая модель надежности ЭО при техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р) по состоянию будет представлена направленным графом (рисунок 1) и системой уравнений (1). Модель (1) реализует совокупность потоков случайных событий согласно следующему описанию. В процессе эксплуатации ЭО из состояния 1 (норма) с периодичностью τ переводится в состояние 2 (диагностирование) продолжительностью T_k . По результатам диагностирования с вероятностью q_1 ЭО может быть возвращено в состояние 1 (q_1 – вероятность того, что за время τ дефект не возникнет), с вероятностью q_2 может перейти в состояние 3 (профилактика) продолжительностью T_{no} с целью устранения развивающегося дефекта (q_2 – вероятность того, что за время τ дефект возникнет, но не успеет развиваться до отказа), с вероятностью q_3 может перейти в состояние 4 (восстановление) продолжительностью T_{ae} для ликвидации последствий отказа и восстановления эксплуатационного ресурса (q_3 – вероятность того, что за время τ дефект возникнет и успеет развиваться до отказа). Исходы диагностирования составляют полную группу событий, поэтому $\sum_i q_i = 1$.

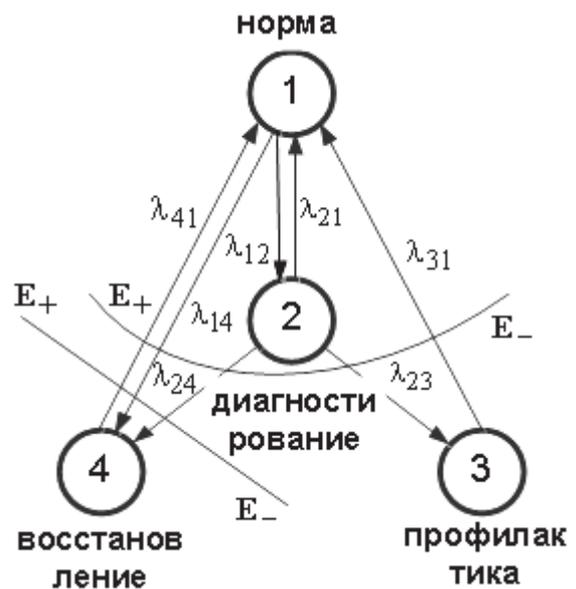


Рисунок 1 – Модель надежности ЭО

$$\begin{cases} 0 = \lambda_{12} p_1 - (\lambda_{12} + \lambda_{24}) p_2; \\ 0 = \lambda_{23} p_2 - \lambda_{31} p_3; \\ 0 = \lambda_{14} p_1 + \lambda_{24} p_2 - \lambda_{41} p_4; \\ \sum_{i=1}^4 p_i = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Интенсивности переходов из состояния в состояние (рисунок 1) определяются по выра-

жениям:

$$\lambda_{12} = \tau^{-1}; \lambda_{21} = q_1 T_k^{-1}; \lambda_{23} = q_2 T_k^{-1}; \lambda_{24} = q_3 T_k^{-1}; \lambda_{31} = T_{no}^{-1}; \lambda_{41} = \lambda(t); \lambda_{41} = T_{ae}^{-1}.$$

Достоинство модели (1) – возможность получения аналитических решений для исследуемых показателей надежности ЭО в зависимости от времени t . Так, например, средняя частота внезапных отключений ЭО при ТО и Р по состоянию определяется из уравнения (2), полученного в результате преобразования системы уравнений (1)

$$\bar{w}_H(t) = \left(T_{ae} + \frac{A+Bt}{C+Dt} \right)^{-1}, \tag{2}$$

где

$$A = (T_k + q_2 T_{no}) [1 + \lambda(t) T_{ae}] - (T_k + q_3 T_{ae}), \text{ год};$$

$$B = q_2, \text{ о.е.};$$

$$C = q_3 [1 + \lambda(t) T_{ae}] - \lambda(t) (T_k + q_3 T_{ae}), \text{ о.е.};$$

$$D = \lambda(t) q_2, \text{ год}^{-1}.$$

В представленной идеализации средняя частота внезапных отключений $\bar{w}_H(t)$ представляет собой непрерывную функцию интервала времени между профилактиками $t = T$ и характеризует эффективность системы эксплуатации ЭО. Любое внезапное отключение ЭО в системе ТО и Р по состоянию является отказом и сопряжено с ущербами для потребителей электрической энергии. Отказ i -го элемента сети в интервале эксплуатации ΔT рассматривается как элементарное событие, вероятность которого определяют по выражению [3]

$$Q_i(t) = 1 - \exp \left[-\lambda_{0i} \Delta T - \frac{b_i (2t_{0i} \Delta T + \Delta T^2)}{2} \right]. \tag{3}$$

Отключение участка радиальной сети следует рассматривать как сложное событие, состоящее из ряда независимых и совместных элементарных событий. Структурная схема надежности участка радиальной распределительной сети представляет собой последовательное соединение входящих в его состав элементов. Вероятность сложного события определяется на основе теоремы умножения вероятностей по формуле

$$Q(t) = 1 - \exp \left\{ -\sum_{i=1}^n \left[\lambda_{0i} \Delta T + \frac{b_i (2t_{0i} \Delta T + \Delta T^2)}{2} \right] \right\}.$$

Величина ущерба в распределительной электрической сети, как правило, вызвана перерывами в электроснабжении подключенных к ней потребителей и технологическими потерями. В сети промышленного назначения основной ущерб вызван технологическими потерями [4] и определяется по выражению

$$Y_{\Sigma} = \xi_0 \sum_{i=1}^n \sum_{t=0}^{\Delta T} \left[\Delta \bar{\Pi}_i \left[1 - \exp(-\lambda_{\Delta \Pi i} \Delta \bar{\Pi}_i) \right] \bar{w}_{Hi}(t) \right] t, \tag{4}$$

где $\Delta \bar{\Pi}_i$ – средняя величина технологических потерь при отказе i -го элемента сети, т/откл.;

$\lambda_{\Delta \Pi i}$ – интенсивность технологических потерь при отказе i -го элемента сети, откл./т;

ξ_0 – удельная стоимость потерь. Для распределительных сетей, питающих нагрузку нефтедобывающих предприятий, руб./т.

Разработанные модели позволяют выявлять участки сети, критичные к отказам, ранжировать их по степени важности ремонта, а кроме того определять оптимальную по надежности периодичность плановых профилактик. Для иллюстрации этих возможностей и методики их практической реализации рассмотрим конкретный пример.

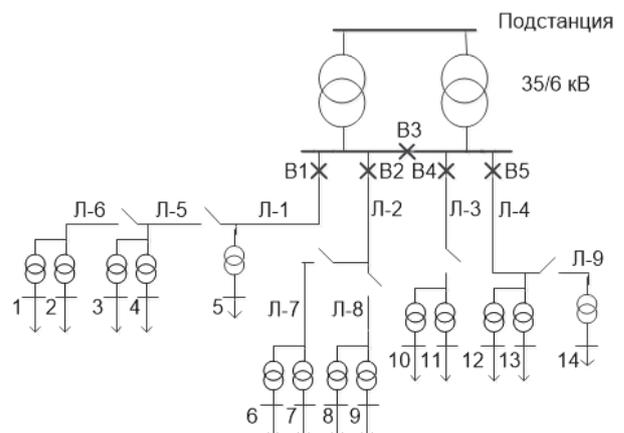


Рисунок 2 – Схема радиальной распределительной сети

Расчеты и анализ результатов. В качестве примера воспользуемся типовой схемой распределительной сети нефтепромыслов (рисунок 2).

Схема сети содержит понижающую подстанцию 35/6 кВ с четырьмя отходящими присоединениями. В состав каждого участка сети входят воздушные линии (ВЛ) 6 кВ и комплектные трансформаторные подстанции (КТП) 6/0,4 кВ, питающие промышленную нагрузку. Отказ любого i -го элемента схемы приводит к перерыву электроснабжения, нарушению технологического процесса и потерям $\Delta \bar{L}_i$. В таблице 1 приведены расчеты показателей надежности (2)-(4) на горизонте оперативного планирования $\Delta T = 1$ год. В расчетах использована информация, полученная обработкой многолетней статистики типа времени жизни [4]. Так, например, для ВЛ-6 кВ рассматриваемой сети $\lambda_0 = 4,4$ (100 км год)⁻¹, $b = 0,001$ год⁻².

Таблица 1 – Результаты расчетов надежности ВЛ-6 кВ

ВЛ-6 кВ	Длина, км	Срок службы t_0 , лет	Показатели надежности			
			λ_0 , год ⁻¹	Q, о.е.	\bar{w}_n , год ⁻¹	У*, руб.
Л-1	3,7	24	0,1874	0,1709	0,2355	32492
Л-2	5,6	24	0,2711	0,2374	0,3406	46997
Л-3	8,2	17	0,3786	0,3152	0,4759	65686
Л-4	6,3	24	0,3019	0,2606	0,3793	52345
Л-5	1,9	23	0,1072	0,1016	0,1350	18630
Л-6	2,8	17	0,1408	0,1313	0,1771	24433
Л-7	7,4	23	0,3493	0,2949	0,4390	20881
Л-8	9,5	12	0,4308	0,3500	0,5419	30551
Л-9	4,1	12	0,1930	0,1755	0,2425	33461

*-из расчета $\xi_0 = 50$ \$ США/баррель

Таблица 2 – Значения T_{opt}

ВЛ-6 кВ	T_{opt} , лет
Л-1	7,0
Л-2	8,3
Л-3	9,7
Л-4	8,9
Л-5	5,1
Л-6	6,1
Л-7	9,5
Л-8	10,8
Л-9	7,0

На основе полученных результатов, ранжированный по критичности к отказам (в порядке убывания величины Q или \bar{w}_n) ряд элементов распределительной сети выглядит следующим образом: Л-8, Л-3, Л-7, Л-4, Л-2, Л-9, Л-1, Л-6, Л-5 (таблица 2). Не трудно заметить, что наибольшее влияние на ранг критичности к отказам оказывает длина ВЛ, в меньшей степени на горизонте оперативного планирования проявляется влияние срока службы, характеризующего степень старения ВЛ. Несколько иная последовательность получается в порядке убывания ущерба: Л-3, Л-4, Л-2, Л-9, Л-1, Л-8, Л-6, Л-7, Л-1. Здесь наивысший ранг важности принадлежит головным участком сети, что вполне правомерно с точки зрения величины суммарных ущербов. Если рекомендовать полученную последовательность для формирования графика профилактических ремонтов ВЛ, это позволит исключить отказы с наибольшими объемами потерь, обеспечить общее повышение надежности распределительной сети и снижение аварийных ущербов. Оптимальная по надежности периодичность ремонтов находится из условия $dw_n(t)/dt = 0$. На рисунке 3 представлена зависимость $\bar{w}_n(t)$, по которой определяется значение T_{opt} для ВЛ-6 кВ (τ -периодичность осмотров, диагностирования, год).

Выводы:

– Вектор стратегического развития распределительного электросетевого комплекса РФ направлен на повышение надежности и снижение риска отказов элементов сети, в том числе за счет разработки единого технического регламента эксплуатации ЭО. Это определяет необходимость организации сбора информации о надежности электрической сети и применение специализированных моделей для расчета и оптимизации показателей эксплуатационной надежности ЭО.

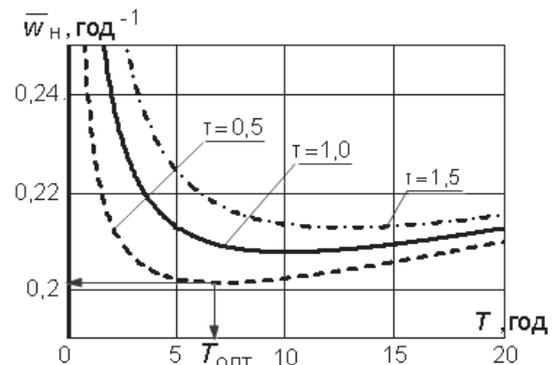


Рисунок 3 – Зависимость $\bar{w}_n(T)$ для ВЛ-6 кВ

– Разработка указанного класса моделей успешно выполняется на основе аппарата управляемых Маковских (полумарковских) случайных процессов. Достоинством разработанных моделей является возможность аналитических расчетов показателей надежности с применением как ретроспективных данных типа времени жизни, так и оперативной информации о режиме и техническом состоянии ЭО.

– Расчеты с применением полученных моделей реализованы на примере радиальной распределительной сети и позволяют выявлять участки сети, критичные к отказам, ранжировать их по приоритетности ремонта, определять оптимальную по надежности периодичность профилактических ремонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 3 апр. 2013 г. № 511-р. – Режим доступа: <http://www.government.ru/media/files/41d47c37c741bf7feb74.pdf>.

2 Левин, В.М. Повышение эффективности управления процессами эксплуатации оборудования электрических сетей / В.М. Левин, Д.В. Танфильева // Науч. вестн. НГТУ. – Новосибирск, 2011. – №2(43). – С. 135–146.

3 Левин, В.М. Моделирование потока отказов силовых трансформаторов в условиях эксплуатации / В.М. Левин // Современные энергетические системы и комплексы, и управление ими: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Новочеркасск, 2008. – С. 4–8.

4 Левин, В.М. Повышение надежности электрооборудования нефтедобывающего комплекса / В.М. Левин // Главный энергетик. – 2013. – № 11. – С. 61–68.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *распределительные сети, показатели надежности, оптимизационные модели, важность и приоритетность ремонта, риск отказа, состояние оборудования*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Левин Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «НГТУ»*

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

КРИТЕРИИ ДОСТАТОЧНОСТИ ЗАПАСА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКИ НЕФТЕДОБЫЧИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

Ю.М. Денчик, В.Г. Сальников, Н.А. Ковалева, Е.Ю. Кислицин

CRITERIA SUFFICIENT SUPPLIES STATIC STABILITY INTEGRATED OIL PRODUCTION LOAD FOR VARIOUS OPERATING MODES POWER SUPPLY SYSTEMS

Siberian state university of water transport

Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university

Ju.M. Denchik, V.G. Sal'nikov, N.A. Kovaleva, E.Yu. Kislicin

The results of the research reserve static stability of complex load during normal operation of commercial power supply. Substantiates the sufficiency of disposable reserve to ensure quality power supply to consumers. Criteria by static load stability.

Keywords: fishing electric network, integrated load, safety factor of static stability of the load voltage, equivalent circuit

Изложены результаты исследования резерва статической устойчивости комплексной нагрузки при нормальном режиме работы промышленной электрической сети. Обоснована достаточность располагаемого резерва для обеспечения качественного электроснабжения потребителей. Введены критерии статической устойчивости нагрузки.

Электромагнитная обстановка (ЭМО) в промышленных сетях среднего напряжения нефтедобычи непрерывно усложняется. Возрастает негативное влияние кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) на работу электроприемников [1]. Эти явления объективно связаны с тем, что поверхностные нефтеносные слои на многих месторождениях истощены. Внедряются технологии добычи нефти механизированным способом из глубоких скважин. Качественно меняется состав комплексной нагрузки из-за широкого использования электроприемников с нелинейными вольтамперными характеристиками и несимметричными нагрузками по фазам [2].

В связи с изложенным обостряется проблема обеспечения статической устойчивости комплексной нагрузки кустов нефтедобычи. Актуальность решения этой проблемы возрастает по мере увеличения ответственности и усложнения технологических процессов в нефтедобыче. Основным недостатком используемых в настоящее время, заблаговременно оп-

ределенных (на стадии проектирования) коэффициентов запаса устойчивости комплексной нагрузки по напряжению, по активной мощности и по скольжению эквивалентной асинхронной нагрузки является их завышение или занижение по сравнению с действительными значениями [3], обусловленные маловероятной информацией о критических напряжениях в узлах нагрузок промышленных сетей (6-10) кВ. Отсутствуют директивные документы, определяющие допустимые значения указанных коэффициентов. Наблюдается недостаточность исследований естественных запасов статической устойчивости комплексной нагрузки, которые являются критериями качества функционирования электрической сети.

Задачи исследования. В сложившейся ситуации необходимо повысить качество расчетного обеспечения устойчивой и экономичной работы промышленных сетей среднего напряжения. Для этого необходимо, первоначально, произвести оценку параметров устойчивости комплексной нагрузки в нормальном режиме работы промышленной сети, прежде всего, для отыскания скрытого резерва электроэнергетической системы пригодного для подавления кондуктивных низкочастотных ЭМП.

Для этого необходимо определить в условиях действующей промышленной сети 6 кВ коэффициенты запасов статической устойчивости характерной комплексной нагрузки по напряжению, по активной мощности и по скольжению эквивалентной асинхронной нагрузки. Рассчитать уровень напряжения на границе балансовой принадлежности электрооборудования сети электроснабжающей организации 110 кВ и промышленной сети. Определить резерв регулирования напряжения в этой точке электроэнергетической системы в соответствии с директивными документами.

Объект исследования. Нормальный режим работы электрической сети предопределяет отсутствие кондуктивных низкочастотных ЭМП, распространяющихся по проводам воздушной линии или жилам кабелей. Эти ЭМП, обусловленные нарушениями нормируемых ГОСТ 32144-2013 показателей качества электроэнергии, появляются в распределительных сетях, если полная мощность искажений нагрузки превышает 2% от мощности трехфазного короткого замыкания в рассматриваемой точке сети [5, 7]. Это обстоятельство обусловило выбор подстанции 6 кВ с характерной нагрузкой в промышленных сетях Сургутского месторождения нефти, получающих питание от сети 110 кВ мощной электроэнергетической системы ОАО «Тюменьэнерго». Принципиальная схема электроснабжения узла нагрузки с высоковольтными электродвигателями приведена на рисунке 1.

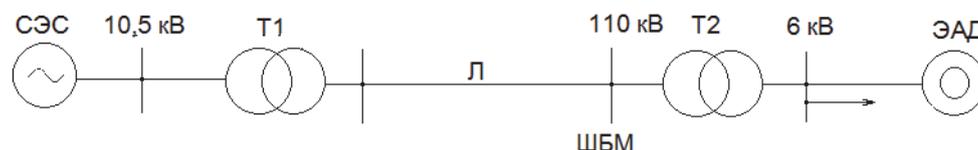


Рисунок 1 – Принципиальная схема электроснабжения эквивалентной асинхронной нагрузки: ЭАД-эквивалентный асинхронный двигатель, ШБМ-шины бесконечной мощности

В исследуемой промышленной сети электростанции собственных нужд отсутствуют. Эти электростанции широко применяются в сетях среднего напряжения (6-10) кВ удаленных от градообразующих центров, например, на Ямальском месторождении [7].

Особенностью выбранного узла нагрузки является наличие высоковольтных синхронных (СД) и асинхронных электродвигателей (АД) в определенном соотношении, присущем нефтедобывающей отрасли народного хозяйства. Эти СД и АД являются приводами различных технологических механизмов (насосов, компрессоров и т.д.) и вместе с другими видами нагрузок формируют состав потребителей электроэнергии. По составу электроприемников эта нагрузка соответствует типовому составу комплексной нагрузки нефтедобычи [9], приведенной в таблице 1. Наблюдается значительное превышение электродвигательной нагрузки над другими видами нагрузок, что обуславливает допустимость эквивалентирования этой нагрузки в виде эквивалентного асинхронного двигателя и не противоречит

Таблица 1 – Типовой состав комплексной нагрузки при добыче нефти

Наименование потребителей комплексной нагрузки	Численное значение, %
СД напряжением (6-10) кВ	3
АД напряжением (6-10) кВ	48
АД напряжением 0,4 кВ	30
Потери	5
Электрическое освещение	5
Прочая нагрузка	9
Итого	100

положениям теории статической устойчивости нагрузки. Физически и практически критическое напряжение любого узла нагрузки определяют асинхронные двигатели [3, 8].

Статические исследования параметров высоковольтных асинхронных двигателей нефтедобычи и обзор технической литературы [8] позволили получить средние значения параметров эквивалентного асинхронного двигателя (о.е.): $K_n = 4,1$ – кратность пускового тока; $K_M = 1,7$ кратность максимального момента; $K_{п.м} = 0,73$ – кратность пускового момента; $\cos \varphi = 0,8$ – коэффициент мощности; $m_{св} = 0,5$ – статический момент сопротивления.

Расчет параметров статической устойчивости комплексной нагрузки

Эквивалентная асинхронная двигательная нагрузка в узле промышленной сети 6 кВ полигона исследования (см. рисунок 1) фактически получает питание от шин бесконечной мощности (ШБМ) через понижающий трансформатор Т2, технические характеристики которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики понижающего трансформатора Т2: ТРДН-63000/110 (см. рисунок 1)

Номинальная мощность, МВ·А	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
	ВН	НН	ХХ	КЗ		
63	115	6,3	50,5	24,5	10,5	0,5

Расчет коэффициентов запаса статической устойчивости комплексной нагрузки производим на базе идентифицированной по параметрам режима модели [6]. При этом учитываем, что при анализе режимов асинхронной нагрузки в пределах скольжения $0 \leq S \leq 1,0$ допускается применять Г-образную схему замещения [8, 10]. Схема замещения системы питания комплексной нагрузки приведена на рисунке 2. В Г-образной схеме замещения не учитываются потери в стали ротора (ΔP_c), падение напряжения от тока намагничивания в обмотке статора эквивалентного асинхронного двигателя, обуславливающего величину реактивной мощности в режиме холостого хода (ΔP_p) и потери активной мощности в роторе (ΔP_r), расходуемой на нагрев обмоток. Допустимость применения этой схемы обуславливается тем, что отношения $\Delta P_c/P$, Q_x/Q и $\Delta P_p/P$ (здесь P -активная мощность узла нагрузки, кВт; Q -реактивная мощность, кВАр) не превышают рекомендованной относительной ошибки расчета параметров режима равной $\pm 0,1$.

При составлении схемы замещения (рисунок 2) не учитывались сопротивления линии 6 кВ от трансформатора Т2 до подстанции, питающей комплексную нагрузку, так как полное сопротивление Т2 на порядок превышает сопротивление этой линии. Параметры элементов схемы замещения определены в относительных базисных единицах при базисных условиях $S_b = 63$ МВА и $U_b = 115$ кВ.

Индуктивное сопротивление обмотки статора составляет $X_s = 0,266$, активное сопротивление эквивалентного асинхронного двигателя – $R = 0,0424$, индуктивное сопротивление трансформатора – $X_T = 0,105$. Величина S характеризует степень отставания частоты вращения ротора эквивалентного асинхронного ω_R двигателя от частоты вращения магнитного поля статора ω и определяется по формуле [5, 8]

$$S = \frac{\omega - \omega_R}{\omega} \quad (1)$$

Алгоритм решения сформулированных задач исследования основан на известных методах теории переходных процессов в электроэнергетических системах и содержит следующие этапы расчета [8, 10]:

1 *Запас устойчивости комплексной нагрузки по напряжению.* Определяется критическое напряжение $U_{кр}$ на клеммах эквивалентного асинхронного двигателя по формуле [8]

$$U_{кр} = \sqrt{2P_n X_s} \quad (2)$$

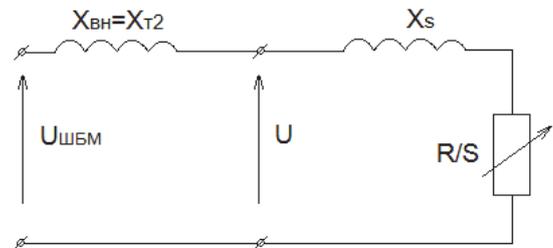


Рисунок 2 – Схема замещения системы питания комплексной нагрузки при нормальном режиме работы

где P_H – номинальная активная мощность эквивалентной асинхронной нагрузки в нормальном режиме работы, $P_H = 1$ о.е.

Учитывая значения X_s , получаем $U_{кр} = 0,72$. Это означает, что при снижении напряжения на 28% от номинального значения (U_H) начнется опрокидывание (останов) асинхронных двигателей комплексной нагрузки. При этом коэффициент запаса устойчивости по напряжению комплексной нагрузки, определенный формуле [8]

$$K_{з,U} = (U_H - U_{кр}) / U_H, \quad (3)$$

составляет 0,28.

2 Запас устойчивости по скольжению эквивалентной асинхронной нагрузки. Определяется критическое скольжение эквивалентного асинхронного двигателя по формуле [8]

$$S_{кр} = R / X_s. \quad (4)$$

При заданных значениях параметров схемы замещения, получаем $S_{кр} \approx 0,16$, то есть, если скольжение ротора превысит 16%, то начнется процесс опрокидывания асинхронных двигателей.

Определяется номинальное скольжение ротора эквивалентного асинхронного двигателя S_H при условии $P_H = 1,0$, $U_H = 1,0$. Для решения задачи используется математическое выражение зависимости активной мощности асинхронного двигателя от скольжения S [8]

$$P = U^2 RS / (X_s^2 S^2 + R^2), \quad (5)$$

где P – активная мощность асинхронного двигателя при величине скольжения ротора S , о.е.;

$R = \text{Const}$; $S = \text{Const}$.

Отсюда можем записать квадратное уравнение вида [8]

$$S^2 - \frac{U^2 R}{P X_s^2} S + \frac{R^2}{X_s^2} = 0. \quad (6)$$

В нормальном режиме работы ($U = U_H$, $P = P_H$) асинхронной нагрузки уравнение имеет два решения (два действительных корня): $S_1 = 0,05$, $S = 0,55$. Однако, устойчивой работе электродвигателя соответствует только первое значение. Таким образом, $S_H = S_T = 5\%$.

Коэффициент запаса устойчивости эквивалентной асинхронной нагрузки по скольжению, определенный по формуле [8]

$$K_{з,s} = (S_{кр} - S_H) / S_H \quad (7)$$

составляет $K_{з,s} = 2,2$.

3 Запас устойчивости комплексной нагрузки по активной мощности на границе балансовой принадлежности электрооборудования внешней и промышленной сетей. Полученные значения коэффициентов запаса устойчивости ($K_{з,U}$, $K_{з,s}$) отображают качественное функционирование промышленной сети в соответствии с ГОСТ Р 50397-93. Однако, они сохраняются в узле нагрузки промышленной сети, если на границе раздела балансовой принадлежности электроустановок электроэнергетической системы и промышленной сети имеется определенный запас по активной мощности. Поддержание требуемого запаса является одной из основных задач электроснабжающей организации, задачей же персонала промышленных сетей является определение оптимального запаса по мощности. В нашем случае границей балансовой принадлежности являются ШБМ сети 110 кВ. В связи с этим определяется коэффициент запаса по активной мощности в этой точке сети (см. рисунок 1).

Максимальная активная мощность асинхронной нагрузки, или так называемый опрокидывающий момент, достигается при критическом скольжении. $P_{\max} = M_{\max}$. Реактивная мощность Q потребляемая эквивалентным асинхронным двигателем определяется по формуле [8]

$$Q = \frac{P}{R/S} X_s. \quad (8)$$

Напряжение на ШБМ определяется по формуле [8]

$$U_{ШБМ} = \sqrt{\left(U_H + \frac{Q X_{BH}}{U_H} \right)^2 + \left(\frac{P X_{BH}}{U_H} \right)^2}. \quad (9)$$

В нормальном режиме работы имеем $Q = 0,31$, $U_{ШБМ} = 1,037$.

Максимальная опрокидывающая мощность эквивалентного асинхронного двигателя определяется по формуле [8]

$$P_{max} = \frac{U_{ШБМ}^2}{2(X_{BH} + X_S)} \quad (10)$$

При заданных значениях аргументов $P_{max} = 1,45$.

Коэффициент запаса устойчивости эквивалентной нагрузки по активной мощности, определен по формуле [8]

$$K_{з,Р} = \frac{P_{max} - P_H}{P_H} \quad (11)$$

составляет 0,45.

Выводы:

– Численные значения коэффициентов запаса статической устойчивости комплексной нагрузки по напряжению ($K_{з,У} = 0,28$) и по скольжению ($K_{з,С} = 2,2$) характеризуют располагаемый запас устойчивости, который достаточен для обеспечения качественного электроснабжения потребителей согласно ГОСТ Р 50397-93. Однако, эти коэффициенты получены при обоснованном значении коэффициента запаса статической устойчивости нагрузки по активной мощности ($K_{з,Р} = 0,45$) на границе балансовой принадлежности электрооборудования внешней и промышленной сетей. Рекомендуется эти параметры сохранять при усложнении электромагнитной обстановки, возникающем при внедрении мощной искажающей нагрузки (гармоническое воздействие на сеть, несимметрия токов по фазам).

– Комплексный подход к исследованию статической устойчивости нагрузки во внешней и промышленных сетях позволяет представить полученные показатели устойчивости как критерии достаточности статической устойчивости комплексной нагрузки нефтедобычи для любых режимов работы смежных сетей.

– Критерии, полученные на основе исследования в действующих сетях нефтедобывающего региона Сибири, отображают качественное функционирование этих сетей, специфику электроснабжения комплексной нагрузки нефтедобычи и не противоречат каким-либо требованиям директивных документов по статической устойчивости нагрузки [4, 6, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ковалева, Н.А. Исследование гармонического воздействия на электрические сети 0,4-2 кВ установки механизированной добычи нефти из глубинной скважины / Н.А. Ковалева // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2014. – №4. – С. 363–367.
- 2 ГОСТ 32144-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 16 с.
- 3 Шершова, В.О. Определение критических напряжений на шинах комплексной нагрузки в режиме реального времени для задач противоаварийного управления / В.О. Шершова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2014. – №4. – С. 287–292
- 4 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. – Москва: СПО ОРГРЭС, 2003. – 172 с.
- 5 Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова и В.Г. Сальникова. – Новосибирск: Изд-во Новосибир. гос. акад. вод. трансп., 2013. – 559 с.
- 6 Правила устройства электроустановок. – Москва: Деан, 2001. – 928 с.
- 7 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в сетях транспортных систем (теория, расчет, подавление) / Е.В. Иванова // Трансп. дело России. – 2006. – № 8. – С. 16–20.
- 8 Переходные процессы в электрических системах: сб. задач / отв. за вып. В.М. Левин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 332 с.
- 9 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / под ред. Б.Н. Неклепаева. – Москва: ЭНАС, 2011. – 144 с.
- 10 Загорюкин, В.П. Математические модели узлов нагрузки электроэнергетических систем, построенные на основе фазных координат / В.П. Загорюкин, А.В. Крюков, Ле Конг Зянь. – Иркутск: ИрГУПС, 2013. – 176 с.
- 11 Руководящие указания по устойчивости энергосистем. – Москва: СПО «Союзтехэнерго», 1983. – 73 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *промышленная электрическая сеть, комплексная нагрузка, коэффициент запаса статической устойчивости нагрузки по напряжению, схема замещения*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Ковалева Наталья Александровна, преподаватель Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»
Кислицин Евгений Юрьевич, канд. техн. наук, доцент Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С НАЛОЖЕННЫМ ИНДУКТОРОМ ПРИ ПОМОЩИ СИМУЛЯТОРА LTSPICE

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

В.Н. Юрин

SIMULATION OF STATOR ELECTRICAL MACHINE WITH AT SUPERIMPOSED INDUCTOR SIMULATOR LTSPICE
Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
V.N. Yurin

The question of modeling the inhomogeneous magnetic circuit with an inductor. The purpose of modeling is to analyze the parameters of inductors and voltage sources for the determination of effective modes of heating and drying the insulation.

Keywords: ship electric machine, inductor, losses in the steel, modeling

Рассматривается вопрос моделирования неоднородной магнитной цепи с индуктором. Целью моделирования является анализ параметров индукторов и источников напряжения для определения режимов эффективного нагрева и сушки изоляции.

Сушка изоляции статоров электрических машин в судовых условиях эффективна с применением индукционного метода. Ограниченное применение на практике этого метода связано с отсутствием информации по определению оптимальных параметров индуктора и выбору регулируемого источника напряжения.

Электрические машины проектируются при условии минимизации потерь, в том числе магнитных, при номинальном режиме (U_H, f_H) . Следовательно, для создания эффективного режима нагрева необходимо использовать для питания индуктора источник напряжения, параметры которого отличаются от номинальных. Это может быть источник повышенной частоты, или источник напряжения нестандартной формы [1].

Индуктор может охватывать одновременно станину и сердечник, но тепловыми потерями в станине можно пренебречь по причине малого магнитного потока в ней [1]. Тепловые потери в сердечнике возникают в результате явлений вихревых токов (P_{em}) и магнитного гистерезиса (P_g). Согласно справочным данным, для шихтованных сердечников из различных марок сталей, соотношение этих потерь различны, например, для электротехнической стали Э310 $P_{em}/P_g = 0,57$.

Для исследования тепловых потерь в стали при подключении индуктора к различным источникам удобно применить моделирование физических процессов в статоре. Модель должна учитывать потери, обусловленные вихревыми токами и явлением гистерезиса.

Для компьютерного моделирования элемента гистерезиса целесообразно воспользоваться одним из известных методов.

Существуют разные способы моделирования процесса гистерезиса. Например, в программах схмотехнического анализа MICROCAP используется модель Джилса-Атертона которая основана на использовании безгистерезисной кривой намагничивания, построенной на основе гиперболического котангенса. При моделировании таким способом на каждом шаге интегрирования дифференциального уравнения перемагничивания решается нелинейное алгебраическое уравнение. Такой способ моделирования имеет ряд недостатков, а расчет потерь по такой модели получается недостаточно точным [2].

Наиболее удобным представляется способ предложенный Джоном-Чаном др. [2]. Эта модель использует только основные, общепринятые параметры петли магнитного гистерезиса:

- индукция насыщения B_s , Тл;
- остаточная индукция B_r , Тл;
- коэрцитивная сила H_c , А/м.

Наряду с параметрами петли гистерезиса, при описании учитываются линейные размеры магнитопровода и количество витков индуктора. Так как модель не учитывает зависимость потерь от частоты, то необходимо ввести дополнительный элемент сопротивление, которого зависит от частоты [3].

В симуляторе LTspice есть возможность подстройки параметров моделирования для

получения наилучшего соответствия. Подстройку можно выполнять по следующим параметрам:

- значение напряженности поля в области максимальной индукции;

- значения напряженности поля в области перегиба петли перемагничивания;

- уровень потерь в сердечнике при заданной максимальной индукции.

Для примера построена компьютерная модель типового магнитопровода марки ПЛ 16×32×80 Э310 – 0,35 на котором установлен индуктор с числом витков $W = 462$.

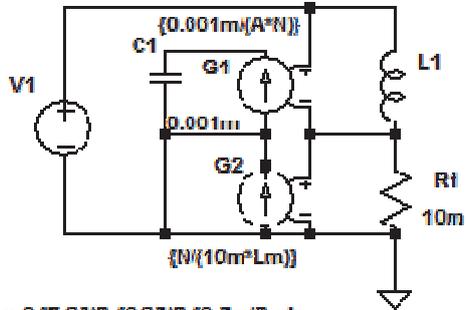
Блок моделирования кривой гистерезиса, полученный после настройки параметров показан на рисунке 1.

Результат моделирования петли гистерезиса для шихтованного сердечника при магнитной индукции $B_m = 1,3$ Тл и частоте $f = 50$ Гц показан на рисунке 2.

.param b=1.25 f=50 Lm=0.2434 Lg=0.000 A=0.000512 N=462

PULSE({b*A*N*f/0.25} {-b*A*N*f/0.25} {0.25/f} {0.5m/f} {0.5m/f} {(0.5-0.5m)/f} {1/f})

Hc=210 Br=0.9 Bs=1.95 Lm={Lm} Lg=0 A={A} N={N}



.tran 0 {7.25/f} {6.25/f} {0.5m/f} uic

Рисунок 1 – Схема моделирования и настройки петли гистерезиса

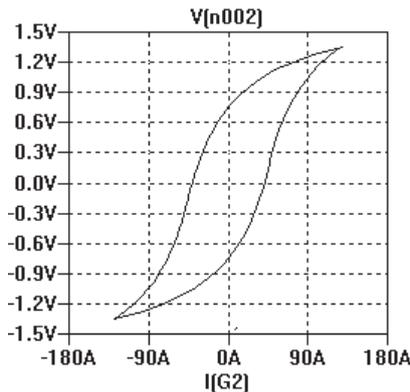
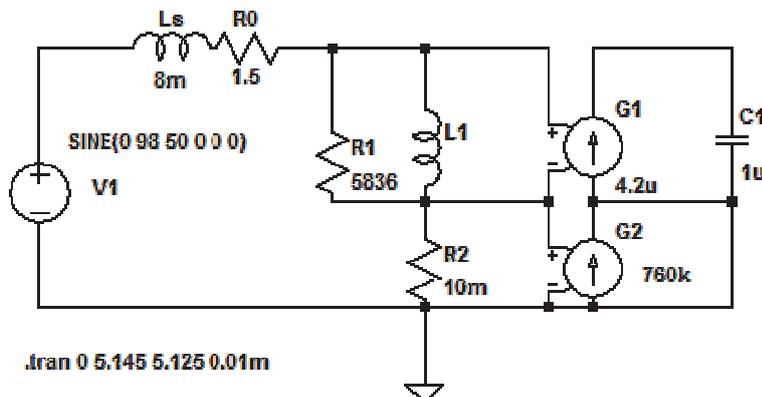


Рисунок 2 – Петля гистерезиса, полученная в результате моделирования для шихтованного сердечника при магнитной индукции $B_m = 1,3$ Тл и частоте $f = 50$ Гц

Схема моделирования, учитывающая потери на вихревые токи и гистерезис в шихтованном сердечнике показана на рисунке 3.

Hc=65 Br=0.8 Bs=1.8 Lm=0.2434 Lg=0.000 A=0.000512 N=462



.tran 0 5.145 5.125 0.01m

Рисунок 3 – Схема моделирования шихтованного сердечника с намагничивающей обмоткой

Петля гистерезиса, полученная в результате моделирования для шихтованного сердечника при частоте $f = 50$ Гц с учетом влияния вихревых токов, показана на рисунке 4.

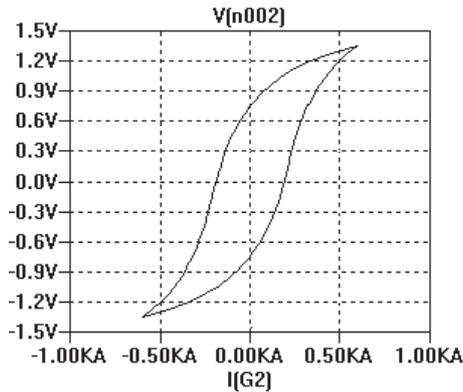


Рисунок 4 – Петля гистерезиса, полученная в результате моделирования для шихтованного сердечника с учетом влияния вихревых токов при магнитной индукции $B_m = 1,3$ Тл и частоте $f = 50$ Гц

График мгновенной мощности в индукторе показан на рисунке 5. Среднее значение мощности $P = 1,82$ Вт.

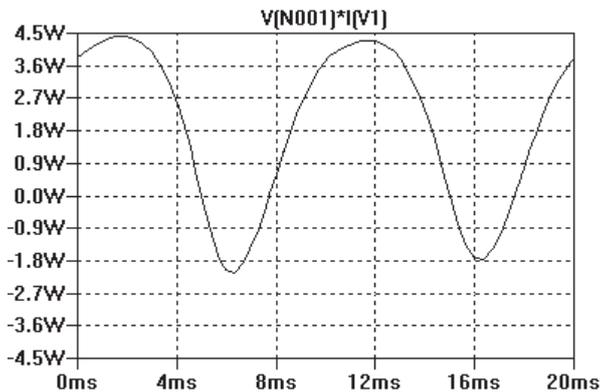


Рисунок 5 – График кривой мощности потребляемой индуктором (среднее значение $P = 1,82$ Вт)

Для проверки результатов моделирования экспериментально измерена активная мощность, потребляемая индуктором $P = 1,77$ Вт. Снята осциллограмма петли гистерезиса частичного цикла при амплитуде магнитной индукции $B_m = 1,3$ Тл и кривая мгновенной мощности, потребляемой индуктором. Графики показаны на рисунке 6.

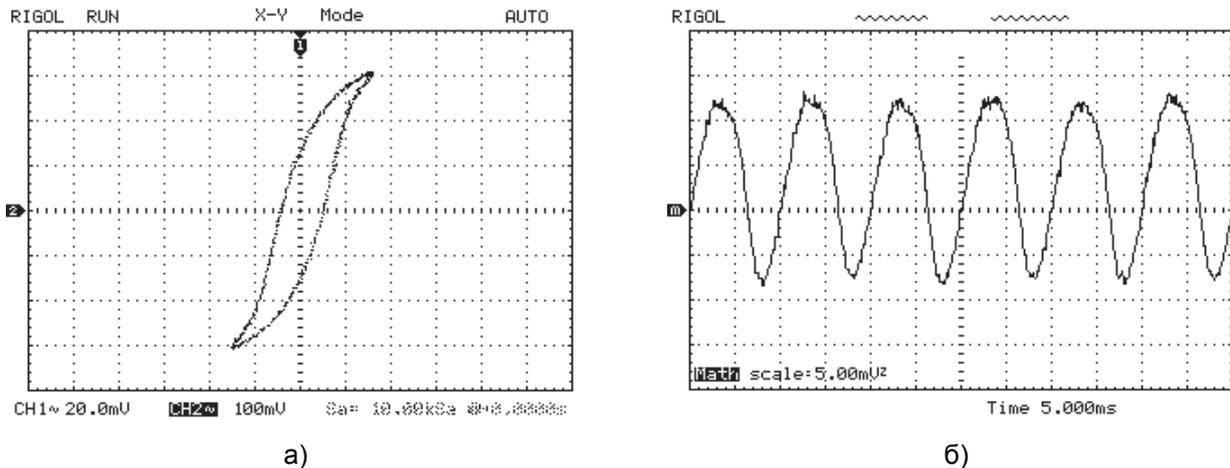


Рисунок 6 – Полученные экспериментально: а)-петля гистерезиса $B_m(H_m)$ (масштаб $H = 400$ А/дел.; $B = 0,45$ Тл/дел.); б)-график мощности $p(t)$ (масштаб $p = 1,875$ Вт/дел.) при значении $I_m = 0,31$ А

Сравнение результатов моделирования и эксперимента показывает, что предложенная схема моделирования адекватна, и ее можно использовать.

Так же симулятор LTspice позволяет моделировать источники напряжения различных форм.

Дальнейшие исследования предполагают определение тепловых потерь в магнитопроводах для различных габаритных параметров при действии намагничивающих сил различных форм. В результате такой работы будут определены критерии (параметры индуктора, параметры источника питания) позволяющие эффективно применять индукционный метод сушки изоляции статоров электрических машин на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Применение однофазного инвертора для сушки статора электрической машины переменного тока / Г. Е. Кувшинов, А. М. Ханнанов, В. В. Шаталов, В. Н. Юрин // Научно-техническая конференция «Вологодские чтения» /ДВГТУ. – Владивосток, 2009.

2 Володин, В. Я. Создание моделей электромагнитных компонентов по результатам эксперимента / В. Я. Володин // Силовая электроника. – 2011. – № 3. – С. 5–12.

3 Кувшинов, Г. Е. Моделирование электромагнитных процессов в катушке с ферромагнитным сердечником / Г.Е. Кувшинов, Д.В. Радченко, В.Н. Юрин // Исследования по вопросам повышения эффективности судостроения и судоремонта /ДВГТУ. – Владивосток, 2002. – Вып. 42. – С. 173–177.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовая электрическая машина, индуктор, потери в стали, моделирование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Юрин Валерий Николаевич, старший преподаватель ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»
 ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

**Ю.В. Дёмин, Г.В. Иванов, А.С. Будкин, А.В. Демьянчук,
 Б.В. Палагушкин, Д.А. Шмаков**

METHOD OF CALCULATING THE CATHODIC PROTECTION OF ELECTRICAL GROUNDING DEVICES

Siberian state university of water transport
 Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk
 Novosibirsk state technical university
 Yu.V. Demin, G.V. Ivanov, A.S. Budkin, A.V. Demyanchuk, B.V. Palagushkin, D.A. Shmakov

Reviewed the method of calculating the cathodic protection equipotential and nonequipotential electrical grounding devices.

Keywords: method of calculating, cathodic protection, soil corrosion and electrocorrosion

Рассмотрен метод расчета катодной защиты эквипотенциальных и не эквипотенциальных заземляющих устройств электроустановок.

При применении катодной защиты от коррозии между анодными и катодными элементами сооружения подключается источник постоянного напряжения U_n . Это напряжение U_n делится между анодными $U_{пА}$ и катодными $U_{пК}$ частями сооружения пропорционально их входным сопротивлениям:

$$U_{пА} = U_n \frac{R_A}{R_A + R_K}; U_{пК} = U_n \frac{R_K}{R_A + R_K}, \quad (1)$$

где R_A, R_K – соответственно входные сопротивления анодной и катодной частей сооружения.

Соответственно этому определяется и тип сопротивления поляризации для анодных R_{ii}^A и катодных R_{ii}^K элементов сооружения. Таким образом, в этом случае характер поляризации как бы определяется выбранной схемой защиты.

Вместе с тем, как будет показано ниже, примененная защита может оказаться недоста-

точной, и отдельные защищаемые элементы будут иметь анодную поляризацию, а, следовательно, и соответствующее ему сопротивление R_{ij}^A .

При эквипотенциальном характере сооружения, когда продольным сопротивлением элементов можно пренебречь, напряжения ε_A и ε_K непосредственно добавляются (алгебраически) к электродным потенциалам защищаемых (катодных) и разрушаемых (анодных) элементов:

$$U_i^A = U_i - U_{\text{ПА}} \text{ и } U_i^K = U_i - U_{\text{ПК}}. \quad (2)$$

Собрав поперечные сопротивления анодных и катодных элементов в отдельные квадратные матрицы, порядок которых будет определяться соответственным числом анодных U_n и катодных U_n элементов, и обратив эти матрицы, получим

$$[[G_{ij}^A]] = [[R_{ij}^A]]^{-1} \text{ и } [[G_{ij}^K]] = [[R_{ij}^K]]^{-1}. \quad (3)$$

Просуммировав все проводимости обращенных анодных $[[G_{ij}^A]]$ и катодных $[[G_{ij}^K]]$ матриц, найдем входные сопротивления анодной и катодной частей сооружения для случая эквипотенциальной расчетной модели:

$$G_{\Sigma}^A = \sum_{i=1}^{na} \sum_{j=1}^{na} G_{ij}^A \Rightarrow R_A = 1/G_{\Sigma}^A \text{ и } G_{\Sigma}^K = \sum_{i=1}^{nk} \sum_{j=1}^{nk} G_{ij}^K \Rightarrow R_K = 1/G_{\Sigma}^K. \quad (4)$$

В решениях (3) и (4) сопротивления поляризации R_{ij}^A и R_{ij}^K входят в величину собственных значений поперечных сопротивлений R_{ij} , что, по-видимому, требует дополнительного изучения.

Определив из решений (3) и (4) значения входных сопротивлений R^A и R^K , найдем с помощью выражений (1) и (2) величины анодных $U_{\text{ПА}}$ и катодных $U_{\text{ПК}}$ защитных напряжений и суммарные значения U_i^A , U_i^K – электродных потенциалов для всех элементов сооружения. Собрав после этого сводную систему уравнений, и решив её, найдем значения коррозионных токов, для анодной и катодной частей рассматриваемого сооружения

$$[[R_{ij}^*]] \times [[I_j]] = [[U_i^{A,K}]] \Rightarrow [[R_{ij}^*]]^{-1} \times [[U_i^{A,K}]] = [[I_j]], \quad (5)$$

здесь индексами A, K обозначена принадлежность рассматриваемого суммарного потенциала к анодной или катодной поляризации, а «*» указывает на наличие в числе «неизвестных» компромиссного потенциала U_0 .

Контрольные расчеты эквипотенциальной защиты выполнялись в отдельности для случаев грунтовой и электрической коррозий. При этом, в качестве анодной (разрушаемой) части сооружения принимался один вертикальный элемент №13 (таблица 1), все же остальные элементы (горизонтальные) рассматривались в качестве защищаемых (катодных). Таким образом, защитное напряжение $U_n = 6,0$ В подключалось, как бы, «вразрез» узла №5 – между верхним концом вертикального элемента №13 и примыкающим к названному узлу концами горизонтальных элементов №3, 4, 9 и 10.

Таблица 1 – Поляризационные характеристики и напряженность блуждающих токов для контрольной расчетной модели [1]

№ элементов расчетной модели	Сопротивление поляризации, Ом		Электродный потенциал U_s , В	Напряженность блуждающих токов E , мВ/м
	Анодное R_s^A	Катодное R_s^K		
1	82,22	36,30	-0,116	40
2	183,48	27,12	-0,104	40
3	400,27	36,91	-0,244	40
4	221,87	21,87	-0,280	40
5	57,14	60,00	-0,345	40
6	51,51	40,40	-0,208	40
7	18,69	20,56	-0,325	40
8	33,73	19,68	-0,283	40
9	61,92	16,54	-0,300	40
10	6,30	6,30	-0,525	40
11	40,00	53,53	-0,512	40
12	40,40	37,37	-0,468	40
13	14,04	137,37	-0,368	0

Для рассматриваемой эквипотенциальной расчетной модели входные сопротивления анодной и катодной частей сооружения $R^A = 31,625 \text{ Ом}$ и $R^K = 3,157 \text{ Ом}$, а защитные напряжения – соответственно $U_{\text{ПА}} = 5,455 \text{ В}$ и $U_{\text{ПК}} = 0,544 \text{ В}$. Расчетные значения коррозионных токов приведены в таблице 2. Величина компромиссного потенциала составила $U_0 = -0,155 \text{ В}$. В результате катодной защиты электродные потенциалы всех горизонтальных (защищаемых) элементов оказались выше величины компромиссного потенциала, что и определило катодный характер действующих на них коррозионных токов. С другой стороны, резко отрицательный электродный потенциал вертикального элемента определяет большой уровень действующих на него анодных коррозионных токов, ведущих к его усиленному разрушению.

Результаты применения рассматриваемой катодной защиты к случаю электрической коррозии приведены в таблице 3. Необходимость в дополнительном (итерационном) расчете (таблица 3) возникла в связи с тем, что, несмотря на катодную защиту, у некоторых горизонтальных элементов сохранилась анодная поляризация. Соответственно, в процессе итерационных расчетов для этих элементов было введено анодное сопротивление поляризации.

Как видим из результатов расчета, примененная катодная защита ($U_{\text{ПК}} = 0,544 \text{ В}$) оказалась недостаточной для элементов №5, 6, 11 и 12, которые характеризуются анодными коррозионными токами. При смене у этих элементов сопротивлений поляризации с катодной на анодную, действующие на них коррозионные токи меняются в соответствии с различием значений $R_{\text{и}}^A$ и $R_{\text{и}}^K$ (см. таблицу 1). В рассматриваемом случае максимальное различие сопротивлений $R_{\text{и}}^A$ и $R_{\text{и}}^K$ получено для элемента №11, что и привело к увеличению величины I_{11} при дополнительном расчете (по сравнению с основным) ориентировочно на 40%. У элемента №6, анодное сопротивление поляризации оказалось больше, чем катодное, что привело к снижению расчетного коррозионного тока I_6 ориентировочно на 20%. В целом же, у рассматриваемых элементов различие значений $R_{\text{и}}^A$ и $R_{\text{и}}^K$ оказалось не очень большим (так у элементов №3, 4 и 13 эти сопротивления отличаются на порядок), что и определило отно-

Таблица 2 – Значения коррозионных токов (мА) для случая катодной защиты $U_{\text{П}} = 6,0 \text{ В}$ от грунтовой коррозии (величина компромиссного потенциала для эквипотенциальной расчетной модели $U_0 = -0,155 \text{ В}$)

№ элементов	$Z_3/I_3 = 0$	$Z_3/I_3 = 0,1 \text{ Ом/км}$	$Z_3/I_3 = 10 \text{ Ом/км}$	
			$K_i = \pm 1$	$K_i \equiv 1$
1	13,637	13,636	13,582	13,547
2	18,109	18,108	18,047	18,009
3	15,522	15,522	15,539	15,570
4	23,321	23,322	23,359	23,416
5	5,2180	5,2176	5,1762	5,1595
6	10,629	10,628	10,574	10,555
7	14,095	14,094	13,999	13,947
8	16,508	16,507	16,404	16,358
9	27,702	27,703	27,745	27,798
10	33,686	33,686	33,737	33,856
11	3,0667	3,0663	3,0345	3,0205
12	5,3840	5,3835	5,3356	5,3204
13	-186,83	-186,88	-186,53	-186,55

Таблица 3 – Защита коррозионных токов (мА), полученных при дополнительном (итерационном) расчете, для случая катодной защиты $U_{\text{П}} = 6,0 \text{ В}$ от электрической коррозии (величина компромиссного потенциала для эквипотенциальной расчетной модели $U_0 = -0,242 \text{ В}$)

№ элементов	$Z_3/I_3 = 0$	$Z_3/I_3 = 0,1 \text{ Ом/км}$	$Z_3/I_3 = 10 \text{ Ом/км}$	
			$K_i = \pm 1$	$K_i \equiv 1$
1	41,226	41,226	40,963	40,938
2	23,815	23,815	23,662	23,633
3	22,904	22,905	22,859	22,889
4	2,1286	2,1293	2,3005	2,3518
5	-2,9200	-2,9205	-2,9120	-2,9330
6	-19,960	-19,961	-19,856	-19,876
7	66,911	66,910	66,464	66,424
8	30,806	30,805	30,562	30,518
9	45,424	45,425	45,357	45,416
10	5,0335	5,0348	5,4334	5,5282
11	-3,8343	-3,8348	-3,8046	-3,8224
12	-24,799	-24,799	-24,664	-23,682
13	-186,74	-186,73	-186,36	-186,38

сительно небольшие расхождения расчетных значений коррозионных токов, полученные при основном и дополнительном (итерационном) расчетах.

Отметим также, что, несмотря на отрицательные значения действующего напряжения $U_i - U_0 = -0,197$ В для элементов №4 и 10, их коррозионные токи имеют катодную поляризацию. Причиной этого является очень большой отрицательный ток ($I_{13} = -0,186$ А), создаваемый основным анодным элементом №13, и повышенная величина ($1,93$ Ом), взаимных сопротивлений растеканию $R_{4,13}$ и $R_{10,13}$, падение напряжения от которых ($-0,36$ В) с избытком компенсируют отрицательные значения $U_4 - U_0$ и $U_{10} - U_0$ в уравнениях (5). У элементов №5 и 11, имеющих такое же отрицательное значение действующего напряжения $U_i - U_0$ величина взаимных сопротивлений $R_{5,13}$ и $R_{11,13}$ ($0,56$ Ом) оказывается существенно меньше, чем для элементов №4 и 10, поскольку они расположены дальше от элемента №13. В соответствии с этим, действующий на них коррозионный ток оказывается анодным. Следует подчеркнуть, что это связано с резкой дифференциацией токов. В обычной же ситуации (при отсутствии защиты), как правило, тип коррозионного тока I_i определяется знаком действующего напряжения $U_i - U_0$.

Поскольку, задействованная катодная защита ($U_{гк} = 0,5446$ В) оказывается недостаточной, для её усиления необходимо либо поднять защитное напряжение до $U_n = 18$ В, либо снизить входное сопротивление анода до $R^A \approx 9$ Ом путём увеличения длины и количества анодных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн. 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод трансп., 1998. -209 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод расчета, катодная защита, грунтовая коррозия и электрокоррозия
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске
 Будкин Антон Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Демьянчук Алена Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Шмаков Дмитрий Андреевич, студент ФГБОУ ВО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске
 630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ДВУХРЕЗОНАНСНЫЕ СИЛОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Красноярский институт железнодорожного транспорта, филиал ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

В.П. Довгун, И.А. Сташков

TWO-RESONANCE POWER FILTERS FOR ELECTRIC TRACTION SYSTEMS

Krasnoyarsk institute of railway transport, branch Irkutsk state university of means of communication
 V.P. Dovgun, I.A. Stashkov

A general method for the design of two-resonance power filters for is proposed. Effectiveness of different filter configurations in traction systems is investigated.

Keywords: electric traction system, power harmonic filters

Предложен общий метод расчета двухрезонансных силовых фильтров гармоник для систем тягового электроснабжения, основанный на использовании методов синтеза реактивных двухполюсников. Исследована возможность использования различных конфигураций двухрезонансных фильтров в тяговых сетях.

На электрифицированных железных дорогах широкое распространение получила система тягового электроснабжения однофазного переменного тока напряжением 25 кВ. Серьезной проблемой тяговых сетей является несинусоидальный характер токов, потребляемых

преобразовательными установками. Кривая тока содержит первую (основную) гармонику и высшие гармонические составляющие. В спектрах токов преобладающими являются низкочастотные гармоники ($n = 3, 5, 7$). С ростом тяговых нагрузок гармонические искажения тока увеличиваются. Несинусоидальные токи вызывают искажения кривых напряжения на токоприемниках электроподвижного состава.

Для ослабления наиболее мощных низкочастотных гармоник целесообразно использовать узкополосные фильтры. Для этой цели в тяговых сетях переменного тока используются ФКУ производства ООО «НИИЭФА ЭНЕРГО» [1, 2]. Устройство осуществляет компенсацию реактивной мощности и снижение 3-й и 5-й гармоник. Основой ФКУ является последовательный двухрезонансный фильтр, схема которого представлена на рисунке 1а.

В системах электроснабжения промышленных предприятий используются узкополосные фильтры, образованные параллельным соединением колебательных контуров, предназначенных для подавления отдельных гармоник (рисунок 1б). Подробно такие фильтры рассмотрены в [3].

В статье рассмотрен общий метод расчета двухрезонансных фильтрокомпенсирующих устройств и исследована возможность их использования в сетях тягового электроснабжения. Предлагаемый метод расчета основан на использовании теории синтеза пассивных цепей [4, 5].

Операторное входное сопротивление двухрезонансного фильтра представляет собой дробно-рациональную функцию, определяемую выражением:

$$Z(s) = H \frac{(s^2 + \omega_{z1}^2)(s^2 + \omega_{z2}^2)}{s(s^2 + \omega_{p1}^2)}. \quad (1)$$

где s – комплексная частотная переменная;

ω_{z1}, ω_{z2} – нули входного сопротивления.

Сопротивление $Z(s)$, определяемое формулой (1), имеет полюсы в начале координат и бесконечности, а также в точке ω_{p1} . Постоянную H называют коэффициентом нормирования.

Функция входной проводимости реактивного двухполюсника

$$Y(s) = \frac{1}{Z(s)} = \frac{1}{H} \frac{s(s^2 + \omega_{p1}^2)}{(s^2 + \omega_{z1}^2)(s^2 + \omega_{z2}^2)}.$$

Процедуры синтеза реактивных двухполюсников основаны на разложении функции $Z(s)$ или $Y(s)$ на сумму элементарных слагаемых. Каждое слагаемое реализуется простейшей последовательной или параллельной цепью. В теории синтеза пассивных цепей такие структуры получили название канонических схем Фостера.

Первая схема Фостера соответствует разложению функции входного сопротивления LC-двухполюсника на сумму простых дробей

$$Z(s) = \frac{k_0}{s} + k_1 s + \frac{k_1 s}{s^2 + \omega_{p1}^2}. \quad (2)$$

где k_0 – вычет, соответствующий полюсу в бесконечности

$$k_0 = \left. \frac{Z(s)}{s} \right|_{s \rightarrow \infty}.$$

Вычет в полюсе ω_{p1} находят с помощью формулы

$$k_1 = \left. \frac{(s^2 + \omega_{p1}^2)Z(s)}{s} \right|_{s^2 = -\omega_{p1}^2}.$$

Формуле (2) соответствует последовательное соединение элементарных двухполюсников (рисунок 1а). Индуктивный элемент L_1 реализует полюс входного сопротивления в бесконечности, а емкостный элемент C_1 – полюс $Z(s)$ в начале координат, при $s = 0$. Слагаемо-

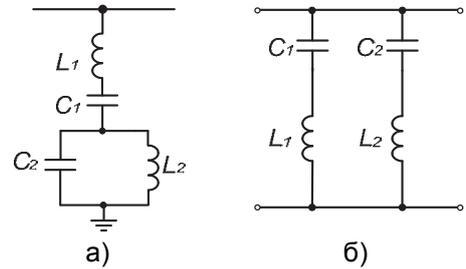


Рисунок 1 – Двухрезонансные фильтры: а) последовательный; б) параллельный

му второго порядка соответствует параллельный колебательный контур. Значения элементов контура находят по формулам:

$$C_2 = 1/k_1; L_2 = k_1/\omega_{z1}^2. \quad (3)$$

Вторая схема Фостера основана на разложении функции входной проводимости реактивного двухполюсника. Проводимость $Y(s)$ можно представить суммой слагаемых второго порядка

$$Y(s) = \sum_{i=1}^2 \frac{k_i s}{s^2 + \omega_{zi}^2}. \quad (4)$$

Вычет k_i определяется по формуле

$$k_i = \frac{(s^2 + \omega_{zi}^2) Y(s)}{s} \Big|_{s^2 = -\omega_{zi}^2}.$$

Формуле (4) соответствует структура, образованная параллельным соединением последовательных колебательных контуров, имеющих резонансные частоты ω_{z1} и ω_{z2} (рисунок 1б).

Значения элементов колебательных контуров находят по формулам:

$$L_i = 1/k_i; C_i = k_i/\omega_{zi}^2. \quad (5)$$

Таким образом, силовые двухрезонансные фильтры представляют собой канонические реализации реактивных двухполюсников.

Рассмотрим общую процедуру расчета двухрезонансных фильтров. Исходными данными для расчета являются частоты подавляемых гармоник и реактивная мощность фильтра.

Расчет фильтра выполняется в следующем порядке.

1 Определяются параметры операторного сопротивления $Z_{вх}(s)$, нормированного к частоте основной гармоники. Частоты нулей $Z_{вх}(s)$ целесообразно выбирать на 5-10% меньше частот подавляемых гармоник. Имеется определенная свобода в выборе координат полюсов функции входного сопротивления $Z(s)$. Это дает возможность контролировать АЧХ системы фильтр – питающая сеть. Коэффициент H в формуле (1) определяется из условия

$$H = \frac{U_{\phi}^2}{Q Z_{вх}(j1)}.$$

2 С помощью формул (3) и (5) рассчитываются нормированные значения элементов выбранной схемы C_i, L_i .

3 Производится денормирование значений элементов по отношению к частоте основной гармоники:

$$C_i = C_i/314, L_i = L_i/314.$$

Для иллюстрации предлагаемого метода рассмотрим пример расчета двухрезонансных фильтров, осуществляющих подавление 3-й и 5-й гармоник.

Функция входного сопротивления фильтра, нормированная к частоте основной гармоники, имеет вид

$$Z(s) = \frac{(s^2 + (2,85)^2)(s^2 + (4,85)^2)}{s(s^2 + 16)}.$$

Нормированную частоту полюса выберем равной 6. Коэффициент нормирования $H = 25,3$.

Значения элементов двухрезонансных фильтров в форме первой и второй схем Фостера сведены в таблице 1.

Отметим, что в первой схеме Фостера суммарная емкость равна 70,4 мкФ, что значительно больше, чем во второй схеме (10,7 мкФ). Это существенно удорожает фильтр. Другой недостаток схемы (см. рисунок 1а) заключается в том, что при изменении одного из элементов одновременно изменяются все нули сопротивления $Z(s)$. Это усложняет настройку фильтра на частоты подавляемых гар-

Таблица 1 – Значения элементов схем

Схема	Первая схема Фостера		Вторая схема Фостера	
	L_i , мГн	C_i , мкФ	L_i , мГн	C_i , мкФ
1	50,4	10,9	227	5,3
2	13,9	59,5	79	5,4
Суммарные значения	64,3	70,4	306	10,7

моник. Рассмотренный пример показывает, что вторая каноническая схема Фостера имеет серьезные практические преимущества при реализации пассивных фильтрокомпенсирующих устройств.

Другим важным параметром, определяющим функциональную надежность ФКУ, является уровень максимального напряжения на элементах фильтра. Максимальные значения напряжений на конденсаторах фильтров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные значения напряжения на конденсаторах, кВ

Схема	C_1	C_2
Последовательная	55,6	8,8
Параллельная	68,3	48,7

Высокий уровень напряжений на конденсаторах в схеме на рисунке 1б снижает ее функциональную надежность. Еще одно преимущество первой схемы Фостера (рисунок 1а) заключается в том, что она позволяет значительно снизить потери мощности на основной частоте.

Таким образом, проведенный анализ показал, что каждая из рассмотренных конфигураций двухрезонансных силовых фильтров обладает определенными преимуществами и недостатками. Поэтому для выбора той или иной структуры необходим учет конкретных условий.

Моделирование частотных и временных характеристик системы тягового электроснабжения показало, что двухрезонансный фильтр ослабляет низкочастотные гармоники (в рассматриваемом случае 3-ю и 5-ю). Однако уменьшить резонансное усиление высокочастотных гармоник с их помощью невозможно. Для выполнения этой задачи необходимо широкополосное демпфирующее звено. Таким образом, для систем тягового электроснабжения необходимы многофункциональные ФКУ, включающие помимо узкополосных фильтров широкополосное звено для демпфирования характеристик тяговой сети в высокочастотном диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Герман, Л.А. Установки поперечной емкостной компенсации с фильтрацией и демпфированием высших гармоник в тяговых сетях переменного тока / Л.А. Герман, А.С. Серебряков, Д.В. Ермоленко, В.П. Гончаренко // -Вестник ВНИИЖТ, -2014, - №1. -С. 47-53.
- 2 Черемисин, В.Т. Двухрезонансные фильтрокомпенсирующие устройства электрифицированных железных дорог / В.Т. Черемисин, В.А. Квацук, С.Н. Бренков // -Наука и транспорт. -2008. -Спец. выпуск: Модернизация железнодорожного транспорта. -С 48-51.
- 3 Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. -4-е изд. -М.: Энергоатомиздат, 1994.
- 4 Лэм, Г. Аналоговые и цифровые фильтры. -М.: Мир, 1982. -592 с.
- 5 Синтез фильтрокомпенсирующих устройств для систем электроснабжения: коллективная монография / Н.П. Боярская, В.П. Довгун, Д.Э. Егоров; под ред. В.П. Довгуна. -Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. -192 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: системы тягового электроснабжения, силовые фильтры гармоник

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Довгун Валерий Петрович, докт. техн. наук, профессор КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

Сташков Иван Анатольевич, аспирант КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 660028, г.Красноярск, ул.Ладо Кецховели, 89, КИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

ТРАНЗИТНЫЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ В РУСЛЕ РЕКИ ОБИ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Бучельников

TRANSIT DREDGING IN THE RIVER OB RIVER AS ONE OF THE MAIN FACTORS OF HYDROECOLOGICAL

Siberian state university of water transport

M.A. Buchelnikov

In the article are given the comparisons of the volumes of the solid drain of river the Ob' of transit dredging in different sections. Are shown the comparability of data of values, the significance of the factor of dredging works for the overall hydroecological situation in the basin.

Keywords: dredging, sediment load, Ob' river

Приводятся сравнения объемов твердого стока реки Обь транзитного землечерпания на различных участках. Показана сопоставимость данных величин, значимость фактора дноуглубительных работ для общей гидроэкологической ситуации в бассейне.

Река Обь является наиболее крупной водной артерией, связывающей сельскохозяйственные районы Алтая, промышленную Новосибирскую область с сырьевыми регионами Севера. К концу 1980-х годов на Оби была создана современная водно-транспортная магистраль, обеспечивающая завоз народно-хозяйственных грузов в отдаленные районы Югры и Ямала. В этот период объемы транзитного дноуглубления достигали рекордных отметок (десятки миллионов кубических метров) и продолжали оставаться весьма существенными вплоть до начала 1990-х годов. С середины 1990-х годов и до середины 2000-х объемы напротив оказались крайне низки (от 0,1 до 3 млн. м³), что оказалось совершенно недостаточным для поддержания гарантированных глубин и даже их рост в конце 2000-х, не решил окончательно данную проблему.

В связи с этим стала особо актуальной задача определения и всестороннего обоснования объемов дноуглубления, необходимых для возврата обского водного пути в прежнее состояние. Эту задачу решил коллектив, состоящий из сотрудников ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» и ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова». В результате их работы появились научно обоснованные объемы (до 14 млн. м³ в год) эксплуатационного и капитального дноуглубления для Оби [1].

Безусловно, интенсификация путевых работ приведет к усилению воздействия на водные экосистемы, поэтому и новые и уже проверенные временем подходы и методы оценки техногенной нагрузки от путевых работ на реку Обь будут весьма актуальны. Одним из таких направлений может стать оценка транзитных землечерпательных работ как геогидрологического и гидроэкологического фактора: техногенное перемещение твердых частиц в русле реки сочетается с естественным, то есть с твердым стоком.

Моделирование баланса наносов – задача крайне сложная. На сегодняшний день существует, пожалуй, единственная корректно работающая численная модель под названием НЕС-6, разработанная американскими гидрологами. Так Д. Барбе (D. Barbe), К. Фаготом (K. Fagot) и Дж. Мак Коркьюдалом (J. Mc Corquodale) [2] с помощью НЕС-6 исследовалось влияние дноуглубительных работ на изменение уровней воды в Миссисипи (в нижнем течении реки вплоть до Мексиканского залива). По словам авторов, НЕС-6 реалистично отражает процессы, происходящие в русле Миссисипи, в том числе и обратное внесение грунта. Было бы весьма интересно применить данную модель для равнинных рек Сибири, в частности – для Оби, однако, в открытом доступе этой модели нет, российским исследователям она недоступна. На реках Сибири математическим моделированием твердого стока многие годы занимаются сотрудники Сибирского государственного университета водного транспорта, в частности – кафедра водных путей и гидросооружений под руководством д.т.н, профессора В.М. Ботвинкова.

Однако, прежде чем переходить к сложному математическому моделированию, для которого требуется огромное количество первичных данных, можно произвести обычный сравнительный анализ масштабов естественного и техногенного переноса речного аллювия.

Сток взвешенных и влекомых наносов измеренный на различных гидростаях на р. Оби приведен в таблице 1.

Объемы транзитного дноуглубления приведены в таблице 2. Прежде всего, необходимо привести показатели дноуглубления и стока наносов к одинаковым единицам измерения. Совершенно точно определить массу твердого вещества в таком случае сложно, однако вполне можно ориентироваться на справочные данные по массам грунта, используемым в строительстве: масса 1 м³ песка составляет 1400-1650 кг, глины – 1000-1500 кг, песчано-гравийной смеси – около 1600 кг. Для упрощения расчетов можно взять усредненное значение 1500 кг (таблица 2)

Таблица 1 – Сток взвешенных и влекомых наносов р. Оби [3], млн. т

Пост	Сток взвешенных наносов	Сток влекомых наносов	Общий сток наносов
Фоминское	5,00	0,65	5,65
Барнаул	8,10	0,57	8,67
Камень-на-Оби	17,86	0,99	18,85
Новосибирск	13,38	1,37	14,75
Колпашево	16,65	2,89	19,54

Таблица 2 – Объемы транзитного дноуглубления на различных участках р. Оби (1985 год по [3]; 2010 год и планируемые объемы по [1]), тыс. м³/млн. т

Участок	1985	2010	Планируемые объемы		
			Эксплуатационные прорези	Капитальные прорези	Всего
Барнаульский РВПиС	9769/14,65	1057/1,58	1480/2,22	2432/3,65	3912/5,87
Новосибирский РВПиС	11863/17,79	2950/4,43	2573/3,86	3232/4,85	5805/8,71
Томский РВПиС и Колпашевский РВПиС	5079/7,62	1715/2,57	2709/4,06	854/1,28	3563/5,34

Данные из таблиц 1 и 2 показывают, что объемы дноуглубительных работ вполне сопоставимы по своим масштабам с естественным твердым стоком Верхней и Средней Оби. Так, при «сверхинтенсивном» землечерпании в 1980-е годы количество перемещаемого грунта было всего на треть меньше всех наносов на Верхней Оби, а на Средней Оби – примерно на четверть превышало естественный твердый сток. Более того, представляется корректным сравнение суммарного количества землечерпания на всех участках с количеством наносов на каком-либо гидростое: в этом случае, соотношение «объемы землечерпания»/«твердый сток» будет еще выше.

Кроме того, техногенное перемещение грунта стоит сравнивать даже не с общим стоком наносов, а только с влекомыми или только с руслоформирующими, исключая транзитные. Из таблицы 1 видно, что доля влекомых наносов составляет примерно 10% от общего твердого стока. В таком случае, даже небольшие объемы землечерпания в 2000-х годах и планируемые объемы будут превышать количество грунта, перемещаемого по дну естественным образом: например, доля влекомых наносов в районе г. Камень-на-Оби составляет 0,99 млн. т, а масса грунта при землечерпании на участке Барнаульского РВПиС – 14,65 млн. т (1985 год), 1,58 млн. т (2010 год) и 5,87 млн. т (планируемые объемы).

Техногенное перемещение (извлечение) грунта не ограничивается транзитным дноуглублением: к нему следует добавить и объемы внетранзитных работ, и добычу нерудных строительных материалов в русловых карьерах.

Объемы внетранзитного дноуглубления (подрезка берегов и углубление затонов, участков вокруг водозаборов, расчистка или сооружение подходных каналов и т.д.) как правило, невелики: около 300 тыс. м³ в год по всем участкам Верхней и Средней Оби, хотя и эти объемы вносят определенный вклад. При выполнении каких-либо крупных работ они резко возрастают на конкретном участке. Так, например, в протоке Старая Обь на 2015-2017 годы запланировано дноуглубление в районе причала в объеме более 600 тыс. м³.

Проблема корректного определения объемов добычи нерудных строительных материалов (песка, песчано-гравийной смеси) в русловых и пойменных карьерах достаточно сложна. Полные статистические данные либо отсутствуют вообще, либо представляются недостоверными. В литературе [3] можно найти сведения о интенсивной добыче песчано-гравийных материалов (ПГМ) на 26-километровом участке в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС: «объем добычи ПГМ достиг 18 млн. м³, причем общий объем удаленного материала с этого участка (разрыв русла и добыча) равнялся 34 млн. м³, то есть доля добычи составила 55% все-

го удаленного материала». Отмечается, что на иных участках, доля добычи могла быть еще выше, до 74%.

Все вышесказанное позволяет утверждать, что землечерпательные работы на р. Оби могут рассматриваться как значимый гидроэкологический фактор.

Довольно сложным является вопрос о возможных изменениях в экосистемах реки при таком интенсивном техногенном влиянии. Для его решения можно опираться на ряд работ зарубежных авторов, хотя и они не приводят каких-либо количественных зависимостей: влияние на биоту оценивается как опосредованное, происходящее через изменения биотопов в пойме и русле реки.

Так, например, Р. Фрингс (R. Frings), Б. Берби (B. Berbee), Г. Эркинс (G. Erkens) [4] установили, что масштабные работы на реке Ваал (Нидерланды) привели к изменению, как морфологии русла, так и уменьшению биоразнообразия в целом.

Тематика влияния на экологию транзитного землечерпания и русловых карьеров нерудных строительных материалов актуальна и для России и для таких стран как США, Великобритания, Австралия, Япония. Дж. Фридман (J. Freedman) и Дж. Стауффер (J. Stauffer) [5] изучали крупномасштабные и долгосрочные нарушения биотопов, возникшие после дноуглубления на реках штата Пенсильвания, США. Как правило, использовался стандартный биоэкологический показатель: коэффициент видового разнообразия. Установлено, что в руслах изменяется и среда обитания и гидродинамические характеристики потока и, как следствие, видовой состав гидробионтов. Виды, которым необходимо быстрое течение, заменяются на виды стоячих вод. Установлено, что общий вылов, видовое разнообразие отрицательно коррелирует с глубиной, в то время как видовое разнообразие и иные показатели были ниже на тех участках, где проводились дноуглубительные работы. Отмечена потеря бентоса, нарушение пищевых цепочек, уничтожение мест нереста и в целом, уменьшение придонной ихтиофауны. Основной вывод исследований – необходимость особой защиты мелководных участков с подходящим для нереста грунтом (галькой, гравием).

Доказано, что изменение распределения аллювия влияет на водную и прибрежную растительность: этот аспект отражен в работах С. Генри (C. Henry), С. Амороса (C. Amoroso) [6], А. Гурнелла (A. Gurnell), Дж. О'Хары (J. O'Hare) и др. [7] проводившихся на реках Франции и Великобритании.

Объектом исследования М. Педерсена (M. Pedersen), Х. Фриберга (H. Friberg), С. Ларсена (S. Larsen) [8] явились дноуглубительные работы на реках Дании. Из 64 000 км датской речной сети более 90% изменено человеком, что привело к существенной деградации среды обитания. Вместе с тем, указывают авторы, анализа среды обитания в измененных потоках, изучения состояния биоты, особенностей водосборов и региональных различий в гидрологии, топографии и геологии рек в Дании никогда не проводилось. Установлено, что негативно на биоту влияет увеличение мутности воды и нестабильность структуры потока.

Изменения в речном аллювии в нижнем течении р. Миссури (США) исследовались Р. Якобсоном (R. Jacobson), Д. Блевинсом (D. Blevins), С. Битнер (C. Bitner) [9]. Миссури – река с регулируемым стоком, с крупнейшими в США каскадами водохранилищ для гидроэнергетики и хранения воды в Северной Америке. Сток взвешенных наносов в реку за годы их создания снизился на 0,2-17,0%. В ответ на изменение режима заносимости, стало размываться прежде стабильное ложе в нижних бьефах плотин. Показано, что отсутствие наносов ограничивает устойчивое восстановление отмелей – мест обитания редких видов птиц, а создание новых мелководий изменяет места нерестилищ рыбы.

Таким образом, все вышеизложенное позволяет говорить о транзитном дноуглублении, как об одном из важнейших гидроэкологических факторов для речных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Обоснование объемов дноуглубления на внутренних водных путях Сибири и Дальнего Востока (Река Обь): отчет НИР /НГАВТ, МГУ. – Новосибирск, 2014. – 315 с.
- 2 Barbe, D. E. Effects on dredging due to diversions from the lower Mississippi River / B. E. Barbe, D. E., K. Fagot, J. A. McCorquodale // J. of Waterway Port Coastal and Ocean Eng.-Asce. – 2000. – Vol .126, № 3. – С. 121–129.
- 3 Русловые процессы и водные пути рек Обского бассейна / под ред. Р.С. Чалова. – Новосибирск: РИПЭЛ плюс, 2001 – 300 с.
- 4 Human-induced changes in bed shear stress and bed grain size in the River Waal (The Netherlands) during the past 900 years/ R. M. Frings, B. M. Berbee, G. Erkens, M. G. Kleinhans, M. J. P. Gouw // Earth Surface Processes and Landforms. – 2009. – № 34 (4). – С. 503–514.
- 5 Freedman, J. A. Gravel dredging alters diversity and structure of riverine fish assemblages / J. A. Freedman and J. R. Stauffer // Freshwater Biology. – 2013. – № 58 (2). – С. 261–274.
- 6 Henry, C. P. Are the banks a source of recolonization after disturbance: An experiment on aquatic vegetation in a former chan-

nel of the Rhone river / C. P. Henry, C. Amoros // *Hydrobiologia*. – 1996. – № 330 (2). – С. 151–162.

7 An exploration of associations between assemblages of aquatic plant morphotypes and channel geomorphological properties within British rivers / A. M. Gurnell, J. M. O'Hare, M. T. O'Hare, M. J. Dunbar, P. M. Scarlett // *Geomorphology*. – 2010. – № 116 (1/2). – С. 135–144.

8 Pedersen, M. L. Physical habitat structure in Danish lowland streams / M. L. Pedersen, N. Friberg, S. E. Larsen // *River Research and Applications*. – 2004. – 20 (6). – С. 653–669.

9 Jacobson, R. B. Sediment regime constraints on river restoration-An example from the Lower Missouri River / R. B. Jacobson, D. W. Blevins and C. J. Bitner // *Management and Restoration of Fluvial Systems with Broad Historical Changes and Human Impacts: spec. papers / Geolog. Soc. of America*. – 2009. – С. 1–22.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дноуглубление, сток наносов, река Обь
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бучельников Михаил Александрович, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОПРОДУКТОВ ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Шейкин, Е.Г. Порсев

THE RELEVANCE OF RESEARCH FOR THE PROTECTION OF GRAIN PRODUCTS DURING LOADING AND UNLOADING OPERATIONS ON WATER TRANSPORT

Siberian state university of water transport
 V.V. Sheykin, E.G. Porsev

A retrospective analysis of studies in the field of protect grain products from pathogenic fungi. It was found that the problem of grain processing during the laying of the deposit is still topical. Special topicality this problem is for water transport, during transport.

Keywords: microbiological contamination of grain, grain processing, self-warming

Проведен ретроспективный анализ исследований в области защиты зернопродуктов от патогенных грибов. Выяснено, что проблема обработки зерна при закладке на хранение актуальна в настоящее время. Особую актуальность имеет данная проблема для водного транспорта, при транспортировке зернопродуктов.

Зерно и продукты его переработки являются благоприятной питательной средой для развития многочисленных видов грибов при неблагоприятных условиях хранения.

Особенно при повышенной влажности и значительной микробиологической засоренности в зерновой массе начинается процесс самосогревания, при котором его температура может подняться до 55-65 °С. Главные причины самосогревания – теплота, выделяемая в результате дыхания зерна и деятельности микроорганизмов, а также низкая теплопроводность зерновой массы. Самосогревание зерна представляет собой сложный биохимический процесс, в котором одновременно участвуют все компоненты зерна и эпифитная микрофлора. Самосогревание сопровождается значительными изменениями химического состава, ухудшением семенных и технологических достоинств зерна под влиянием высокой температуры и интенсивного развития микроорганизмов.

На нормальном зерне, не подвергшемся неблагоприятным воздействиям при хранении, численность «плесеней хранения» очень низкая (0-0,5 тыс. на 1 г зерна). Нарушение правил хранения сопровождается быстрым развитием плесневых грибов. Число их за непродолжительный период (3-5 дней) может достигать 300-5000 млн. на 1 г зерна. Развитие плесеней зерна при неблагоприятных условиях хранения приводит к потерям сухого вещества, увеличению влажности, потере всхожести, снижения пищевой и товарной ценности зерна, ухудшению его хлебопекарных достоинств.

Плесневые грибы способны образовывать многочисленные микотоксины, некоторые из которых канцерогенны. Установлена способность обычных плесеней хранения (виды *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*) образовывать более 200 вредных и токсичных соединений для человека и животных, среди которых ввиду особой токсичности и канцерогенности наибольшую опасность представляют афлатоксины. Афлатоксины обнаружены в различных злаковых культурах (пшенице, ячмене, кукурузе, рисе и других) и продуктах их переработки (муке, крупе, хлебе). В пищевых продуктах найдено четыре главных афлатоксина, продуцируемых плесневыми грибами (B_1 , B_2 , G_1 , G_2).

По данным ФАО ООН около 30% мирового объема зерновых поражено патогенными и

условно патогенными грибами и продуктами их жизнедеятельности – микотоксинами, а в неблагоприятные годы эта цифра может достигать больших величин. При среднегодовом сборе зерна в России ~80-85 млн. т. объемы зараженного зерна могут достигать 25 млн. т. Например, грибы рода *Fusarium* могут развиваться на зерне во время зимнего хранения, причем гриб пораженного зерна может заразить и здоровое зерно.

Зерно является живой биологической системой, в связи с чем подвержено влиянию неблагоприятных внешних факторов, что приводит к снижению его качества и ухудшению потребительских и технологических достоинств. Повреждение зерна происходит:

- в поле, при воздействии неблагоприятных климатических факторов и вредителей (засуха, град и т. д.);
- при уборке урожая – механические повреждения комбайнами, подборщиками, косилками и т. д.;
- при подработке и сушке зерна;
- при хранении.

Известны следующие виды повреждения зерна: поросшее, морозобойное, суховейное, поврежденное полевыми вредителями, засоренное семенами и частями ядовитых растений, перезимовавшее в поле или на току, механически поврежденное, самосогревшееся, испорченное сушкой и вредителями хлебных злаков, поврежденные микроорганизмами и так далее.

Зерно, пораженное различными грибами, сильно изменяет свои физические свойства. Мука, полученная из такого зерна, непригодна для питания, так как может привести к отравлениям.

Вопросам снижения микробиологической обсемененности зерна уделяется много внимания. На рисунке 1 изображена гистограмма, полученная в ходе мониторинга патентных документов, на которой отображено количество публикаций, посвященных обработке зерна в разные годы.

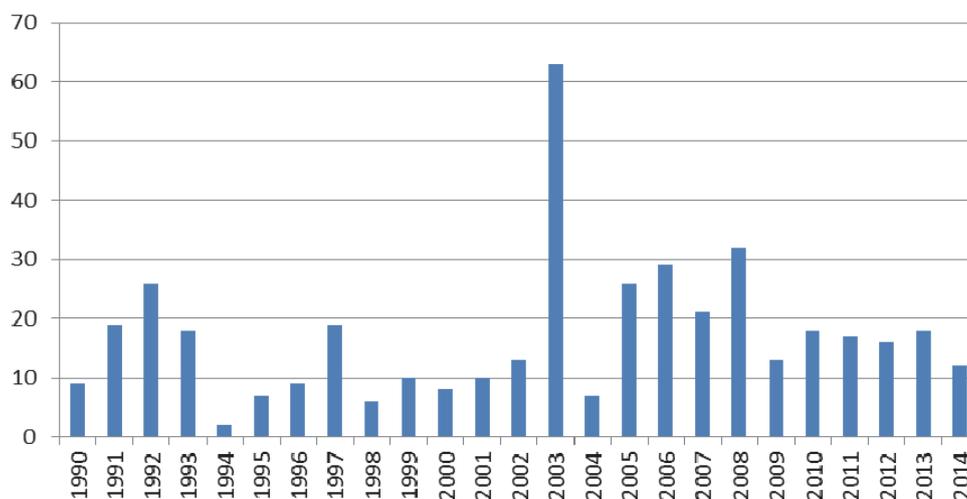


Рисунок 1 – Количество публикаций по годам

Судя по гистограмме можно сделать вывод, что тема изучалась многие годы и придумано много способов обработки, однако до настоящего времени проблема обеззараживания зерна не решена в полной мере.

Для детоксикации товарного зерна в настоящее время используют различные способы, но эффективность этих способов низкая, вследствие того, что зерно обычно заражено широким спектром микроорганизмов, которые продуцируют гамму микотоксинов.

Условно способы детоксикации можно разделить на химические, биологические, физические.

К химическим относятся: термическая обработка зерна бисульфитом натрия, высокотемпературная (95-100 °С) обработка газообразным аммиаком, обработка 20% аммиачной водой, обработка негашеной известью, обработка гидроокисью натрия, озоном, кальцинированной содой, перекисью натрия. В последнее время практикуется обработка органическими кислотами: муравьиной, молочной и уксусной. Химические способы обеззараживания дорогостоящи, требуют квалифицированного подхода, загрязняют зерно химическими реагентами.

ми, что ухудшает качество зерна.

К биологическим способам обеззараживания относится обработка различными ферментными препаратами. Основными недостатками этих препаратов являются относительная дороговизна, продолжительный период воздействия, невысокая активность.

К физическим способам обеззараживания зерна относится электротехническая обработка:

- инфракрасным и ультрафиолетовым излучением;
- радиоактивным излучением;
- микроволновым излучением (СВЧ);
- магнитным полем;
- электростатическим полем;
- электрическим током коронного разряда.

Попытки использовать физические способы обеззараживания зерна не дали существенных результатов по ряду причин: сложное оборудование, большие затраты энергии, неустойчивый технологический эффект и так далее. Лишь последний способ может дать многообещающий результат. Способ заключается в пропускании потока зерна через разрядный промежуток, в котором горит коронный разряд. Этот способ в течение многих лет был испытан в технологии предпосевной обработки семян и дал однозначный положительный эффект. Эффект обеззараживания зерна возникает вследствие того, что:

- силовые линии электрического поля в разрядном промежутке сгущаются в области пространства, где поверхность раздела сред имеет максимальную кривизну;
- соотношение размеров спор паразитических грибов и зерновок составляет 4 порядка и поэтому, соответственно, напряженность электрического поля в спорах также на порядки больше, чем в семенах растений;
- массовое количество спор паразитических грибов, находящихся в зерновом ворохе, на котором выделяется энергия тока короны соответствует массе, которую весь ток коронного разряда может нагреть до температуры стерилизации.

Было экспериментально установлено, что при обработке семян электрическим током коронного разряда происходит подавление жизнеспособности спор патогенных грибов всегда обитающих на поверхности зерна.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *микробиологическая зараженность зерна, обработка зерна, самосогревание*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шейкин Виктор Владимирович, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
Порсев Евгений Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

НА СТЫКЕ ИНТЕРЕСОВ: УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЁМА ПЕРЕВОЗОК РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ СПОСОБСТВУЕТ СОХРАНЕНИЮ СЕТИ АВТОДОРОГ И ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия водного транспорта»

Н.А. Жаворонков

AT THE JUNCTION OF INTERESTS: INCREASING TRAFFIC BY RIVER TRANSPORT CONTRIBUTES TO THE CONSERVATION OF THE ROAD NETWORK AND ENHANCE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF LIVING
Moscow state academy of water transport
N.A. Zhavoronkov

The problem of the harmful effects of road transport on the environment, human health, deterioration of the pavement. The ways of reducing of these negative impacts by using IWT (inland water transport) are presented.

Keywords: transport ecology, acoustic pollution, toxic emission, water transport, legal restriction

Исследуется проблема вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, здоровье людей, износ дорожного покрытия. Приведены пути сокращения этих негативных воздействий использованием внутреннего водного транспорта (ВВТ).

Прошедший 2014 год обострил давно назревавшие проблемы экономики страны, и транспортная отрасль не стала исключением. Еще в первой половине года многие транспортные компании с осторожным оптимизмом строили планы своего развития, но уже во

второй его половине замедление наметившегося роста ВВП (по итогам года отмечается рост 0,5%) [1] на фоне падения курса рубля (падение больше 40%) [1], санкции и гигантский отток капитала (достигает 100 млрд. долл. США) [1] вернули к действительности и высветили застарелые проблемы отрасли.

Транспорт, на долгие годы оставленный государством без внимания и поддержки, вынужденный «донашивать» оставшуюся от Советского Союза инфраструктуру или модернизировать ее за счет дорогостоящих кредитов и без того с трудом справляется со своими задачами. Причем, санкции, снижение объемов, предъявляемых к перевозке, грузов и дорожающий капитал, прежде всего, задевают стабильные и успешно работающие транспортные компании. В такой ситуации трудно переоценить роль государства, которая, по мнению большинства экспертов, заключается в увеличении госрасходов на финансирование утилизационных программ, субсидирование процентных ставок по важным направлениям модернизации экономики в целом и транспортной отрасли в частности.

В такой ситуации очень важно предотвратить ужесточение конкуренции, разворачивающейся между различными видами транспорта как в борьбе за грузы, так и за государственное финансирование. Необходимо уравнивать условия для всех игроков, что заставит их более охотно искать точки соприкосновения, постепенно превращая конкурирующие между собой виды транспорта в единый транспортный комплекс.

Подготовительная работа проводится уже несколько лет: автомобилисты, железнодорожники и речники ведут как заочные, так и очные дискуссии о наиболее рациональном распределении грузопотоков с точки зрения загрузки провозных мощностей, нагрузки на элементы транспортной инфраструктуры и влияния на окружающую среду и здоровье людей. Это непростая задача: необходимо учесть текущее состояние транспортных путей и транспортных средств, руководствуясь общей стратегией развития, но не в ущерб настоящим интересам грузовладельцев.

Промежуточным результатом этой работы стало поручение президента РФ правительству России подготовить с участием заинтересованных организаций предложения по переориентации перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов с автомобильного на железнодорожный и внутренний водный транспорт [2].

Также поручено рассмотреть вопрос о целесообразности лицензирования деятельности, связанной с осуществлением перевозок грузов по автомобильным дорогам общего пользования тяжеловесными и (или) крупногабаритными транспортными средствами. Кроме того, подготовить предложения о введении на автомобильных дорогах системы взимания платы в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования грузовыми транспортными средствами, имеющими разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн и свыше 3,5 тонн [2].

Срок исполнения поручения – I квартал 2015 года. Но вопрос по-прежнему остается остро дискуссионным. Не смотря на то, что все участники обсуждения прекрасно осведомлены о вреде, наносимом дорожному покрытию и экологии придорожных районов автомобильным транспортом, обсуждаемые инициативы воспринимаются некоторыми экспертами как грубое вмешательство и даже лоббирование с использованием административного ресурса в интересах РЖД и судоходных компаний. Также отмечается неготовность как железнодорожного, так и водного транспорта, прежде всего по причине недостаточной технической оснащенности составить значимую конкуренцию автомобилистам.

Автомобильный транспорт, мелкодисперсный по структуре собственности (до 90% автоперевозок приходится на компании малого и среднего бизнеса) [3] имеет достаточно низкий барьер входа на рынок перевозок, легко реагируя на его меняющиеся потребности. Кроме того, расходы на содержание, ремонт и развитие дорожного хозяйства преимущественно финансируются государством. Получается, что в тарифе автомобильных услуг инфраструктурная составляющая минимальна, и они, соответственно, дешевле, чем услуги железнодорожников и водников. Этим объясняется выбор грузовладельцев, предпочитающих автомобилями везти на тысячу и больше километров массовые грузы, которые нигде автомобильным транспортом не перевозятся [4].

Не смотря на то, что автомобилисты не видят соперников в других видах транспорта, на рынке грузовых автомобильных перевозок разворачивается жесткая конкуренция. Что мотивирует перевозчиков к максимальной экономии в ущерб безопасности дорожного движения. Это относится к затратам на техническое обслуживание, расходные материалы и запасные части, к режиму труда и отдыха водителей, к загрузке автомобилей (перевозка навалочных

грузов часто проходит с превышением разрешенной максимальной массы транспортного средства) [5]. И все это приобретает катастрофические масштабы.

Безусловно, страдают федеральные трассы, а если будет введена плата, возмещающая ущерб федеральным трассам, то под удар попадут и региональные. С такой проблемой сталкиваются городские и федеральные дорожные службы по всему миру, в том числе наши ближайшие соседи: «Если мы не переориентируем грузопотоки, то сколько бы денег не тратилось на ремонт и реконструкцию дорог, какие бы добросовестные люди не выполняли эти работы, никогда наши дороги не станут удовлетворительными для проезда, так как не существует таких государственных строительных норм в дорожном разделе, которые будут выдерживать сверхбольшие нагрузки», – подчеркнул заместитель министра инфраструктуры Украины А. Малин [8].

Ощутимые траты несут муниципальные власти, вынужденные оплачивать из городского бюджета строительство, ремонт, реконструкцию городских улиц и дорог не говоря уже о введении шумо и пыли заградительных стен. По данным НИПИ ТРТИ (СПБ) около 20% сооружения автомобильных дорог в городе составляет расходы на шумозащиту. Можно предположить, что все человечество тратит на эти цели до 300 млрд. долл. в год [9]. Эта проблема заставляет муниципальные власти крупных городов искать выход самостоятельно. Например, в мае 2013 года правительство Москвы ввело ограничения на движение грузовых автомобилей с разрешенной максимальной массой более 12 т с 6:00 до 22:00 по МКАД и в пределах МКАД [7].

Но гораздо сильнее, чем городские дороги страдают городские жители, особенно в городах и населенных пунктах, через которые проходят транзитные грузопотоки. Каждый автомобиль выбрасывает в атмосферу с отработавшими газами около 200 различных компонентов. Период их существования длится от нескольких минут до 4-5 лет. В состав выхлопных газов входят угарный газ, оксиды азота и серы, углеводороды, соединения тяжелых металлов - вещества, чрезвычайно токсичные для живых организмов. Эти вещества вовлекаются в круговорот веществ, попадают в организмы растений, животных и человека. Кроме того в результате выбросов автомобильных двигателей атмосфера обогащается рассеянным свинцом, оседающим на поверхность почвы в придорожной зоне. При сгорании 1 л этилированного бензина выделяется от 200 до 500 мг свинца (в выбросах дизельного транспорта свинец отсутствует) [11].

Вредные вещества могут поступать в организм человека через органы дыхания (пары, газы, пыль), кожу (жидкие, масляные, твердые вещества), желудочно-кишечный тракт (жидкие, твердые, и газы). Наиболее часто вредные вещества попадают в организм человека через органы дыхания и быстро проникают к жизненно важным центрам человека.

Установлено присутствие в легких вследствие проникновения придорожной пыли, соединений углерода, углеводорода, парафина, ароматических веществ, мышьяка, ртути, а также связь с частотой заболевания раком, хроническим заболеванием дыхательных путей, астмой, бронхитом, эмфиземой легких.

Резкое увеличение частоты хронических бронхитов начинается с концентрации 150-200 мкг/м³. При попадании в дыхательные пути сажи, возникают хронические заболевания. Сернистый ангидрид. Оказывает пагубное влияние на слизистую оболочку верхних дыхательных путей, вызывает бронхиальную закупорку. Начиная с 500 мкг/м³ у больных бронхитом наблюдаются осложнения, 200 мкг/м³ вызывает увеличение приступов у астматиков [11].

Разумеется, автомобилисты стараются выполнять рекомендации экологов, стремятся использовать современные автомобили со сниженным процентом вредных выбросов, но процесс замены автомобилей на экологически безопасные идет очень медленно. По данным мониторинга в дневное время автодорогами Москвы пользуются около 120 тыс. грузовых автомобилей, причем примерно 40 тыс. прибывают из регионов. Технические характеристики и техническое состояние большинства из них не отвечают современным требованиям. В частности, из зарегистрированных в Москве грузовых автомобилей около 30% старше 10 лет, а более 60% имеют экологический класс двигателя ниже «Евро-2».

Чтобы улучшить экологическую обстановку, Правительство Москвы с 2011 года запретило въезд грузовых автомобилей, не соответствующих по экологическим характеристикам требованиям экологического класса 2, в пределы Третьего транспортного кольца (ТТК). С 1 января 2015 года будет введен круглосуточный запрет движения автомобилей с двигателями ниже экологического класса «Евро-3» в пределах ТТК включительно, автомобилей с двигателями ниже экологического класса «Евро-2» в пределах МКАД включительно [5].

К сожалению, несмотря на меры, принимаемые городскими властями по защите здоровья населения статистика заболеваемости связываемая с вредными выбросами автотранспорта неутешительная.

Это особенно видно на примере хронических обструктивных болезней лёгких (ХОБЛ). ХОБЛ собирательное понятие, включающее хронические экологически опосредованные заболевания дыхательной системы [10]. В последние годы они встали в один ряд с такими грозными заболеваниями, как инфаркт, инсульт, рак. Среди причин заболевания на первом месте стоит экологически неблагоприятная обстановка.

В России более 11 млн. человек страдает ХОБЛ. Общий объем госрасходов на хроников-легочников в нашей стране, по данным отчета «Экономическое бремя респираторных заболеваний», в 2013 году достиг 27 млрд. рублей. Это 6% всего бюджета, выделяемого на здравоохранение. А за пять лет (2009-2013 года) общая сумма израсходованных средств в России на лечение таких больных выросла на 3,8%. Распространенность этого заболевания в нашей стране продолжает увеличиваться. Например, за минувшую пятилетку (2009-2013 года) темпы прироста ХОБЛ составили 4,39% [11].

Нет необходимости приводить печальную статистику расходов на лечение других не менее опасных болезней, связанных с загрязнением атмосферы выхлопными газами. Безусловно, у всех этих страшных болезней могут быть и другие причины, но нельзя отрицать, что все вещества, входящие в состав отработавших газов негативно влияют на здоровье человека. Автомобильный транспорт является основным загрязнителем воздушного бассейна крупных городов (до 80% общих выбросов), его доля в общих выбросах по стране составляет 40%. А общее количество вредных веществ, ежегодно выбрасываемых автомобилями в России, превышает цифру в 20 млн. т [14]. Не говоря о стабильно высокой аварийности: по официальным данным Госавтоинспекции МВД РФ за 2014 год произошло 181 540 ДТП, было ранено 228 855 человек, погибло 24 423 человек [13].

Загрязненность придорожного пространства отходящими газами, зависит от интенсивности движения транспортных средств. Так, выброс газообразных загрязнителей наиболее высокий в режиме медленного движения, меньше он при ускорении (разгоне) и минимален при установившейся скорости. Однако, количество оксидов азота и непредельных углеводородов пропорционально скорости движения [12]. Таким образом, меры, направленные на снижение интенсивности автоперевозок, безусловно, направлены на снижение и аварийности и загазованности, а следовательно на сохранение здоровья и экономию бюджетных средств.

Подводя итог, необходимо отметить: несмотря на то, что по всему миру в транспортной системе применяется множество механизмов оптимизации грузовой логистики, позволяющих сократить суммарный пробег автомобилей, развести их во времени и пространстве с пассажирским транспортом, частично перераспределить грузы на железнодорожный и речной транспорт [6], далеко не все они подходят к нашим условиям.

К сожалению, у нас уже накоплено немало ошибок, поэтому нельзя действовать слишком поспешно и радикально, слепо копируя европейский опыт. Важно не испортить то, что хоть как-то работает.

Никто не сможет лишить автомобильный транспорт его главного конкурентного преимущества – гибкости и мобильности. Поэтому он не останется без работы даже когда будут выстроены новые логистические цепочки, ведь ни один вид транспорта, кроме автомобильного, не сможет обеспечить доставку «от двери до двери». Но также глупо игнорировать тот факт, что на сегодняшний день внутренний водный транспорт обеспечивает самую низкую себестоимость грузовых перевозок в пересчете на 1 т груза, оказывая при этом наименьшее экологическое воздействие. Показатель энергоэффективности речных перевозок в 10 раз превышает этот показатель для автомобильных и в 5 раз – для железнодорожных перевозок. Скажем, 5 л условного топлива хватит, чтобы перевезти 1 т груза речным транспортом на 500 км, по железной дороге – на 333 км, автомобильным транспортом – всего на 100 км [8].

Таким образом, постепенно встраивая водный транспорт в уже работающие схемы доставки, начиная с «узких» мест, например, посредством паромов или судов типа «ро-ро» можно будет сократить автомобильную часть маршрута. Это позволит автотранспорту сохранить свою грузовую базу и повысить качество работы, уменьшения пробега, и как следствие износ дорог и автомобилей, расход топлива и вредных выбросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вязовский, Алексей. Экономическая ситуация в мире и России: итоги 2014 года и прогноз на 2015 / Алексей Вязовский // Факты и мнения. -2014. -27 нояб.
- 2 Владимир Путин подписал перечень поручений по итогам заседания президиума Государственного совета по вопросам совершенствования сети автодорог, состоявшегося 8 октября 2014 года [Электронный ресурс]. -Режим доступа: www.kremlin.ru. -12 нояб. 2014 г.
- 3 Демидов, Николай. Грузовой автотранспорт: проблемы развития отрасли / Николай Демидов // Грузавтоинфо. -2011. - №87.
- 4 Лобов, Вячеслав. Трудности переключения / Вячеслав Лобов // Трансп. России. -2014. -24 июля.
- 5 Ермаков, А. Ю. Развитие грузовой логистики в Москве как инструмент снижения загрузки улично-дорожной сети / А. Ю. Ермаков // Трансп. Рос. Федерации. -2014. -№1 (50).
- 6 Блинкин, М. Я. Безопасность дорожного движения. История вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетникова. -Москва: Изд. дом Высш. шк. экономики, 2013. -240 с.
- 7 Об ограничениях движения грузового автотранспорта в городе Москве и признании утратившими силу отдельных правовых актов Правительства Москвы: постановление Правительства Москвы от 22.08.2011 г. №379-ПП (в ред. постановлений Правительства Москвы от 15.11.2012 г. №650-ПП, от 26.12.2012 г. №833-ПП, от 14.02.2013 г. №75-ПП, от 01.10.2013 г. №647-ПП).
- 8 Свирид, Андрей. Днепровский транспортный коридор / Андрей Свирид // Капитал. -2014. -№6.
- 9 Защита населения от повышенного шумового воздействия : II всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием , Санкт-Петербург, 17-19 марта 2009 г.
- 10 Зиновьева, Александра. Вот ХОБЛ, блин / Александра Зиновьева // Моск. комсомолец. -2014. -27 дек.
- 11 Величковский, Б.Т. Здоровье человека и окружающая среда: учеб. пособие / Б. Т. Величковский, В. И. Кирпичев, И. Т. Суравегина. -Москва: Новая шк., 1997. -235 с.
- 12 Негативное воздействие автотранспорта на состояние окружающей среды и здоровье человека. -Москва: Минтранс России, 2001. -23 с.
- 13 Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://www.gibdd.ru/stat/>.
- 14 Стратегия ВВТ РФ на период до 2030 года / Минтранс РФ. -2013.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экология транспорта, акустическое загрязнение, токсичные выбросы, водный транспорт, законодательные ограничения*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Жаворонков Никита Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «МГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *117105, г. Москва, ул. Новоданиловская набережная, 2, к.1, ФГБОУ ВО «МГАВТ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ВОДОСБОРНЫХ ПЛОЩАДЯХ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»**

Е.В. Рощина, О.В. Спиренкова, М.Ю. Сидорова

RESEARCH OF SNOW COVER ON WATER-COLLECTING AREAS OF THE SMALL RIVERS OF THE CITY OF NOVOSIBIRSK
Siberian state university of water transport
Siberian state transport university
E.V. Roshtina, O.V. Spirenkova, M.Yu. Sidorova

Data of the analysis of snow cover are given in water-collecting areas of the small rivers. The assessment of pollution of snow cover is given.

Keywords: small rivers, snow cover, pollutants

Приведены данные анализа снежного покрова на водосборных площадях малых рек. Дана оценка загрязнения снежного покрова.

Снежный покров является эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. При снеготаянии эти вещества поступают в природные среды, главным образом в воду, загрязняя их.

При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2-3 порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе.

Измерение загрязняющих веществ в снежном покрове позволяет оценить загрязнение атмосферного воздуха.

Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов важное место занимают металлы, большинство которых относится к первому и второму классам опасности.

Оценка содержания металлов в атмосфере воздуха проводится по среднесуточным

концентрациям. Из-за трудоемкости отбора проб воздуха и сложности их анализа на широкий спектр химических элементов в городах, как правило, металлы в атмосферном воздухе не контролируются. Кроме того, в условиях крупных городов со сложной промышленно-селитебной застройкой ограниченное число стационарных постов не позволяет получить достоверную информацию о пространственном распределении загрязняющих веществ на всей территории [1].

Снежный покров является одним из источников загрязнения поверхностных вод. Установлено, что доля сульфатов, выносимых в половодье в речную систему бассейна средней реки в фоновых условиях формирования сульфатного стока, составляет 15-25%.

При изучении экологии региона становится очевидной необходимость анализа не только водных экосистем и происходящих в них изменений, но и водоем вместе с водосборной площадью.

Гидрографическую сеть г. Новосибирска составляют р. Обь и ее крупный приток – р. Иня (нижняя), а также малые реки – Ельцовка-1, Ельцовка-2, Нижняя Ельцовка, Каменка, Тула, Камышенка, Плющиха, с общей протяженностью в пределах города более 125 км. Малые реки, протекая по территории города Новосибирска, принимают основную массу сточных вод городских промышленных предприятий, а также поверхностный сток с территорий.

Исследование снежного покрова Новосибирска показало, что его загрязнение в разных районах города зависит от количества и специфики техногенных выбросов промышленных предприятий, густоты транспортной сети и её нагрузки. В снеговых водах реакция среды и содержание различных компонентов на территории Новосибирска варьируют в широких пределах.

Картина пространственного изменения реакции среды снеговых вод города показывает, что в западных и юго-западных районах Новосибирска (Ленинский и Кировский районы) снеговые воды более щелочные, чем в северо-восточных районах (Дзержинский). Это говорит о том, что содержащиеся в техногенных выбросах окислы серы и азота в основном уносятся за пределы города в северо-восточном направлении. Поэтому, по сравнению с фоновыми территориями, снеговые воды города более щелочные, их реакция среды в среднем близка к нейтральной – 7,1.

Вследствие поступления в городскую атмосферу большого количества твердых выбросов, содержание взвешенных веществ (пылеватых частиц) в снегу города в среднем в 6 раз выше, чем в снегу фоновых территорий, а вдоль автомагистралей концентрация взвешенных веществ больше фона в 50 раз. Ярко выраженные ареолы загрязнения снегового покрова взвешенными веществами образуются вокруг ТЭЦ и котельных крупных промышленных предприятий, а также транспортных узлов.

В снегу города концентрация нефтепродуктов больше, чем на фоновых территориях в 10 раз, а вблизи магистралей – в 200 раз. Транспортные зоны в целом наиболее загрязненные, в них содержание в снегу твердой фракции (пыли или взвешенных веществ) и нефтепродуктов в среднем в 2-4 раза выше, чем в селитебных зонах. Эти различия между зонами наиболее контрастны в Советском районе, а наименее – в Железнодорожном и Центральном районах, где и транспортные магистрали густо пронизывают селитебную зону.

Отбор проб снега на территории водосборных площадей малых рек г. Новосибирска и расчеты степени его загрязнения выполнялись в соответствии с «Методическими рекомендациями» [1]. Пробы отбирались из шурфов (скважин), вскрывающих всю толщу снегового покрова. Точки отбора проб распределялись с целью охвата водосборной территории рек и учета розы ветров, переносящих загрязнители атмосферы от промышленных предприятий и автомагистралей.

Анализ проб снега выполнен в аккредитованной Новосибирской городской специализированной инспекции аналитического контроля Новосибирского городского комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов. Аналитические работы выполнялись атомно-эмиссионным, гравиметрическим, потенциометрическим и флуориметрическим методами, в соответствии с методическими рекомендациями и техническими требованиями [2]. В пробах определялись следующие показатели: pH, взвешенные вещества, нефтепродукты, металлы (хром, цинк, свинец, кадмий, никель, марганец, железо, медь, алюминий).

Оценку загрязнения атмосферы города проводили по концентрации загрязнителей в снеговой воде и содержащихся в ней взвешенных частицах, по суммарному показателю загрязнения их тяжелыми металлами (Z_c).

Расчет суммарного показателя загрязнения проводили по следующим формулам

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1), \quad (1)$$

где K_c – коэффициент концентрации, который рассчитывается как отношение содержания элемента в исследуемом объекте C к среднему фоновому содержанию C_ϕ

$$K_c = C/C_\phi; \quad (2)$$

n – число учитываемых аномальных элементов, в которых величина $K_c > 1,5$ (таблица).

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в снегу были взяты в трех точках, расположенных в 5 км на северо-запад от Ордынской и 400 м от Толмачевской трассы.

Анализ качества снежного покрова на водосборных площадях малых рек проведен по выборке проб, предоставленных Новосибирским городским комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов по данным 2013 года, а также по результатам анализа проб снежного покрова, отобранным автомобилями в 2015 года (рисунок).

Таблица – Уровни загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами [1]

Уровень	Суммарный показатель загрязнения снежного покрова Z_c
Незагрязненный	менее 32
Низкий	32-64
Средний	64-128
Высокий	128-256
Очень высокий	более 256

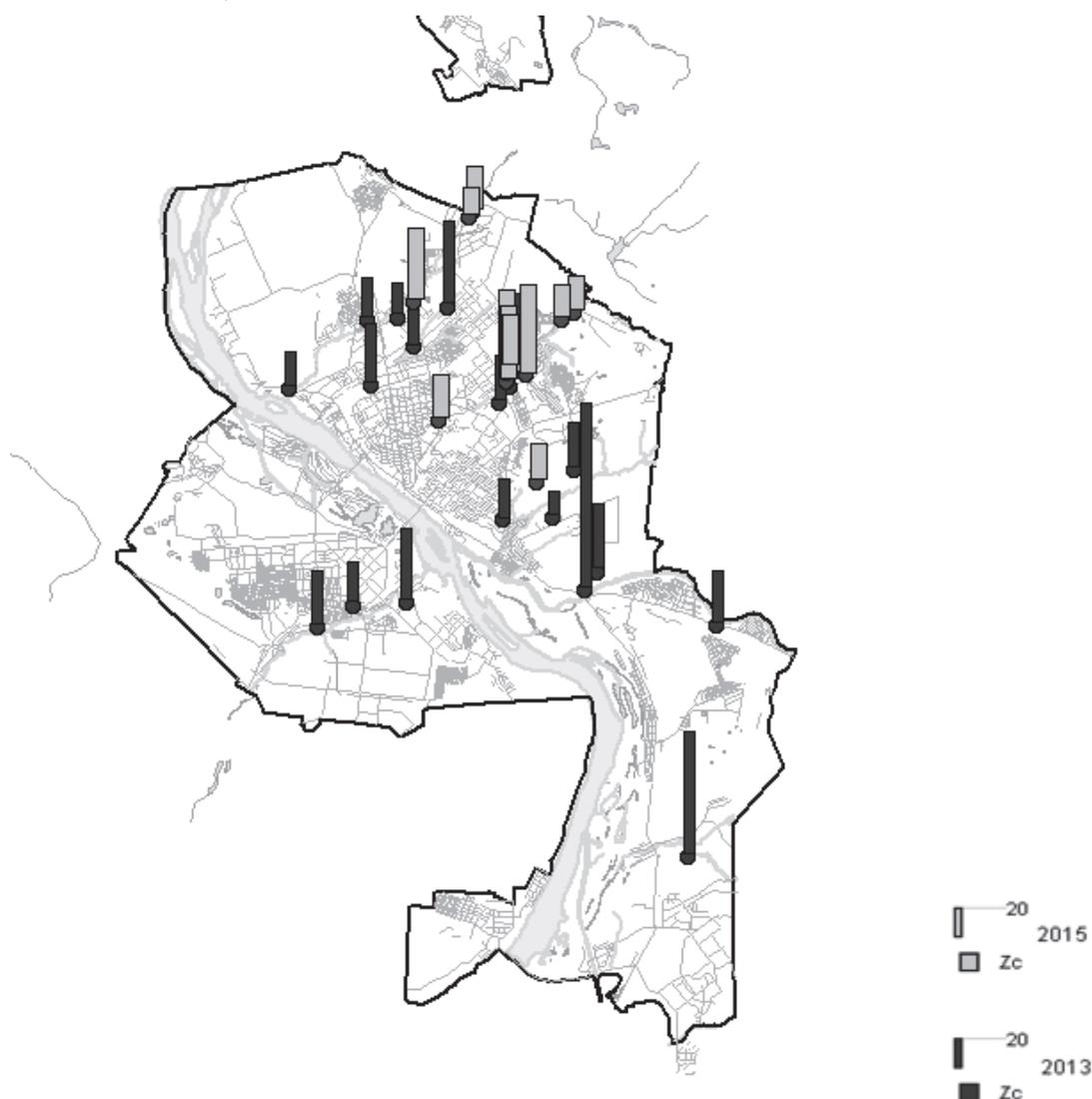


Рисунок – Значения показателя Z_c в местах отбора проб снега в 2013 и 2015 гг.

На исследуемых территориях во всех анализируемых пробах снега показатель pH был близок к фоновому. Концентрация взвешенных веществ за исследуемые года превышает фон в среднем в 2-4 раза. Интересно, что содержание нефтепродуктов в пробах меньше или равно фоновому, связано это скорее всего с тем, что пробы отобраны вне зоны действия магистральных улиц города, в основном, на селитебных территориях.

В 2013 г. показатель Z_c колеблется в пределах от 12,3 – «незагрязненный» (р. Плющиха) до 90,9 – «средний» (р. Иня). На водосборной площади рек Ельцовка-2, Каменка и Тула во всех пробах Z_c имеет уровень загрязнения «низкий», у р. Плющиха – «незагрязненный» и «низкий». Водосборная площадь р. Ельцовка-1 имеет уровень загрязненности по показателю Z_c «незагрязненный». В одной пробе, отобранной возле р. Иня, степень загрязнения характеризуется как «средняя», остальные пробы имеют уровень загрязнения «низкий».

В 2015 г. пробы снега были взяты для исследования с водосборных площадей рек Каменка, Плющиха и Ельцовка-2. Пробы, отобранные возле р. Каменка имеют показатель Z_c от 16,4 (уровень «незагрязненный») до 44 («низкий»). Степень загрязненности в пробах с водосборных площадей рек Ельцовка-2 и Плющиха – «незагрязненный». Значения показателя Z_c за 2013 и 2015 гг. в точках пробоотбора показаны на рисунке.

Таким образом, на изучаемых территориях наблюдаются невысокое загрязнение снежного покрова по всем рассматриваемым показателям. Однако, содержание металлов в пробах как в 2013 г., так и в 2015 г. превышают фоновые. Так, например, содержание меди и железа в снегу возле р. Каменка превышает фон в более чем в 10 раз, алюминия – в 17 раз. Соответственно, при таянии снега все металлы попадают непосредственно в воды малых рек. Для более детального изучения необходим совместный отбор проб снега и воды в малых реках. Для очистки загрязненного снега необходимо рассмотреть установку снегоперерабатывающих сооружений, таких, что принесет как экономическую, так и экологическую выгоду для Новосибирска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. Гл. гос. санитар. врачом СССР 15 мая 1990 г. №5174-90. -Москва: ИМГРЭ, 1990.

2 Оценка состояния атмосферного воздуха г. Новосибирска на основании снеговой съемки зимнего сезона 2003-2008 гг. - Новосибирск, 2004 -59 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *малые реки, снежный покров, загрязняющие вещества*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Рощина Екатерина Валерьевна, инженер ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Спиренкова Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Сидорова Мария Юрьевна, канд. геогр. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Попова Н.Б. СТАБИЛЬНОСТЬ ПАССАЖИРОПОТОКА КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК.....	3
Перепельцев В.Л. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВОКУПНОСТИ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАССАЖИРОПОТОК ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ МЕТОДАМИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ	6
Чухломина И.А. РЕКОНСТРУКЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	9
Калидова А.Д. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПУНКТОВ СТЫКОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАЛОГИИ ОБЪЕКТОВ.....	12
Никитенко Д.О. ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ РОССИИ	15
Кузьмина П.И. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БИЗНЕС-ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ КАК ОБЪЕКТА МИКРОУРОВНЯ НА РЫНКЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ	19
Храпова Е.В., Кычанов Б.И. СТРУКТУРА КАПИТАЛА И ЗАЕМНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СУДОХОДНЫХ КОМПАНИЙ	21
Корец Е.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ МОРСКИХ ПОРТОВ И ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА	27
Поликарпова Я.Н. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ФИНАНСОВО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	31
Рехалова Н.А. ПЛАНИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДНА.....	35
Поликарпова Я.Н. ФИНАНСОВО-ИНВЕСТИЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА	38
Ванеева Т.А. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КРИЗИСНОЙ ТЕМАТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	42
Коробова Е.А. МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИЗИСНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА.....	45
Коробова Е.А. СИНХРОНИЗАЦИЯ СКОРОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ И СКРЫТАЯ ФАЗА КРИЗИСА В РАМКАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИЗИСНОГО ПРОЦЕССА	48
Буровцев В.В. КОЛЕБАТЕЛЬНО-МАЯТНИКОВЫЙ ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЫНОЧНЫХ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ.....	51
Исроиллов Р.М. ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗВАННЫЕ ЗАКРЫТИЕМ ШАХТ, И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	54
Попова Н.Б., Степанова Е.С. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	57
Речкунова О.В., Ларионов М.А. АУДИТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	60
Прудников А.А. ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА	62
Филатов И.В., Спицына И.Н. ОСОБЕННОСТИ ВОЗМЕЩЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА	65
Островский А.М., Лисютин А.М. ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ	68
Казакова С.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	71
Согрин И.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК.....	74
Рожков А.Н. АДАПТАЦИИ НОВЫХ ПРАКТИК В СИСТЕМУ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	76

СОДЕРЖАНИЕ

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Глушков С.П., Донец Н.А. ДЕМПФИРОВАНИЕ В ЭЛЕМЕНТАХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ КОЛЕБАНИЯХ.....	80
Порсев Е.Г., Малозёмов Б.В., Брахнов А.В. СИСТЕМА РАЗГРУЗКИ КУЗОВОВ АВТОСАМОСВАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОЙ ОБЛИЦОВКИ.....	82
Черемисин В.Т., Гателюк О.В., Истомина С.Г. ОЦЕНКА ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЭП2К И 2ЭС6 НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ.....	85
Беляев В.В. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ УГЛЕПОГРУЗОЧНЫХ РАЙОНОВ.....	89
Плотников Д.Н., Дёмин Ю.В., Мироненко И.Г., Палагушкин Б.В., Иванов Г.В., Садовская Л.В. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	92
Дёмин Ю.В., Будкин А.С., Демьянчук А.В., Иванов Г.В., Власов И.Л., Шмаков Д.А. СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГРУНТОВОЙ КОРРОЗИИ И ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ НА ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	96
Карпущенко Н.И., Гречко Д.Н., Труханов П.С. ВИБРОЗАЩИТНАЯ МАЛООБСЛУЖИВАЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПУТИ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСКЕ.....	98
Плотников Д.Н., Дёмин Ю.В., Иванов Г.В., Палагушкин Б.В., Власов И.Л., Глаголев А.М. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	102
СУДОВОЖДЕНИЕ	
Оськин Д.А., Осокина Е.Б., Константинова Е.А., Дыда А.А. СИНТЕЗ РОБАСТНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОМ СУДНА.....	106
Сичкарев В.И. ИЗОЛИНИИ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗНОСТЬ ВЫСОТ И РАЗНОСТЬ АЗИМУТОВ ДВУХ СВЕТИЛ.....	109
Умрихин В.П., Поминов А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧКИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ТЕХНИКИ.....	114
Маликова Т.Е., Аносов Н.М. ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ШТАБЕЛЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ПАЛУБЕ СУДНА.....	117
Осокина Е.Б. ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ НОМОТО 2-ГО ПОРЯДКА.....	120
Бимбереков П.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДКРЕПЛЕНИЯ ПО ПАТЕНТУ РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2094296 «СПОСОБ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЕННЫХ СВЯЗЕЙ».....	124
Бимбереков П.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ТЕРМОСИЛОВОЙ ПРАВКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАТЕНТА РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ №2094296 «СПОСОБ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЕННЫХ СВЯЗЕЙ».....	129
Рехалова Н.А., Этин В.Л. ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАГРУЗКИ МАСС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ.....	133
Олейников Б.И., Глушец В.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТОВ.....	136
Комаровский Ю.А. ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СПУТНИКОВ СРНС НАВСТАР GPS НА РАБОТУ ТРЁХАНТЕННОГО СПУТНИКОВОГО КОМПАСА.....	139
Кац В.А., Комаровский Ю.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧИСЛА ВИДИМЫХ СПУТНИКОВ НА ТОЧНОСТЬ СУДОВОГО DGPS-ПРИЁМНИКА.....	143
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
Надежкин А.В., Лыу К.Х. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ ДИСТИЛЛЯТНЫХ ТОПЛИВ НА ИХ СМАЗЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ.....	148
Пак Н.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕПАРИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА В КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ НА ИЗНАШИВАНИЕ ДИЗЕЛЯ.....	152
Батухтин А.Г., Батухтин С.Г., Кобылкин М.В., Сафронов П.Г. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	157
Телидис К.К. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ВЫПУСКНЫМИ ГАЗАМИ В АТМОСФЕРУ.....	160
Корнейчук Ю.А. НАТЯЖИТЕЛЬ ЦЕПНОГО ПРИВОДА СУДОВОГО МАЛООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ.....	165

СОДЕРЖАНИЕ

Попович В.С., Свистула А.Е., Коновалов В.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ КОРЕННОГО ОПОРНОГО УЗЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	168
Шувалов Г.В., Селятицкий В.Г., Васильева Т.В., Клековкина М.Г., Ясырова О.А. РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ ДЛЯ УЧЕТА МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ	172
Тарасов В.В., Кулямов П.В. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ	175
Лебедев О.Б., Глушков С.П., Лебедев Б.О., Сибриков Д.А., Геращенко А.А. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	179
Шувалов Г.В., Горелов С.В., Клековкина М.Г., Ясырова О.А. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	181
Шувалов Г.В., Генералов В.М., Горелов С.В., Клековкина М.Г. РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	183
Зуев А.К., Зуев А.А. К ВОПРОСУ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ПОРШНЕВЫХ МАШИН	186
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
Горелов В.П., Горелов С.В., Данилов Г.А., Левчишин О.Н., Шемшурин А.А. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110-220 кВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	189
Христинич Р.М., Луковенко А.С. РАСЧЕТ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	192
Смыков Ю.Н., Иванов М.Н., Иванова Е.В. ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ ЗАМКЫВАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА УСТАВКИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 0,4 кВ «БЕРЕГ-СУДНО».....	195
Лыкин А.В., Жилина Н.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ЭНЕРГОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	197
Левин В.М. УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	202
Денчик Ю.М., Сальников В.Г., Ковалева Н.А., Кислицин Е.Ю. КРИТЕРИИ ДОСТАТОЧНОСТИ ЗАПАСА СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКИ НЕФТЕДОБЫЧИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	206
Юрин В.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С НАЛОЖЕННЫМ ИНДУКТОРОМ ПРИ ПОМОЩИ СИМУЛЯТОРА LTSPICE	211
Дёмин Ю.В., Иванов Г.В., Будкин А.С., Демьянчук А.В., Палагушкин Б.В., Шамаков Д.А. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	214
Довгун В.П., Сташков И.А. ДВУХРЕЗОНАНСНЫЕ СИЛОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	217
ЭКОЛОГИЯ	
Бучельников М.А. ТРАНЗИТНЫЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ В РУСЛЕ РЕКИ ОБИ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	221
Шейкин В.В., Порсев Е.Г. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОПРОДУКТОВ ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	224
Жаворонков Н.А. НА СТЫКЕ ИНТЕРЕСОВ: УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК РЕЧНЫМ ТРАНСПОРТОМ СПОСОБСТВУЕТ СОХРАНЕНИЮ СЕТИ АВТОДОРОГ И ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ.....	226
Рощина Е.В., Спиренкова О.В., Сидорова М.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ВОДОСБОРНЫХ ПЛОЩАДЯХ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА НОВОСИБИРСКА	230

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в очередном номере журнала. Материалы (заявку, статью, рецензию) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: konvalov@nsawt.ru. Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Коновалова В.В.

Заявка на публикацию научной статьи

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (не более 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес для каждого из авторов)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, числовой идентификационный номер автора: Author ID в системе РИНЦ)		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		X

*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, рецензию от компетентного по тематике статьи лица гарантируем.

Дата

Подпись(и)

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи.
- 3 Заверенная рецензия (оригинал) и ее электронная копия (от компетентного по тематике статьи лица, с полным указанием ФИО, ученой степени, ученого звания, должности и почтового адреса организации).
- 4 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 5 Ширина таблиц не более 15 см.
- 6 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (MathType и др.), шрифт Arial.
- 7 Ссылки на литературу выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник, должны быть ссылки в тексте статьи.

Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича, тел./факс (383)222-49-83, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта» а также на интернет-странице по адресу: <http://www.ssuwt.ru> в разделе «Наука-Научные издания». Для аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока
№2 за 2015 год

Главный редактор – Зачёсов В.П.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 24.06.2015 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 27,6; тираж 500 экз. Заказ №
Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390