

РАЗВИТИЕ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА: ПОТРЕБНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.С. Никифоров, С.Н. Масленников, В.Н. Цыпляков

DEVELOPMENT OF RIVER TRANSPORT OF SIBERIA AND FAR EAST: NEEDS AND POSSIBILITIES

Siberian state university of water transport

V.S. Nikiforov, S.N. Maslennikov, V.N. Tsypliyakov

Results of the analysis and the prognosis of development of river transport of Siberia and Far East.

Keywords: river transport, transport fleet, new shipbuilding

Результаты анализа и прогноза развития речного транспорта Сибири и Дальнего Востока.

Сибирь и Дальний Восток – это 19 субъектов Федерации, 64% территории России, 18% населения; 22% валового продукта. Это 4 речных бассейна, практически совпадающие с территорией трех экономических районов. Это 64 тыс. км внутренних водных путей (из 100), на 33 тыс. км установлены гарантированные габариты. Как показывает рисунок 1, наибольшую протяженность имеют участки 2 и 3 классов, с глубиной 1,9-3,2 м: 18,5 тыс. км, или свыше 56%. Участки с глубинами менее 1,5 м составляют по протяженности 8,5 тыс. км, или 26%.

До начала 1990-х гг. перевозки осуществляли семь речных пароходств: Обь-Иртышское, Иртышское и Западно-Сибирское (Западно-Сибирский бассейн), Енисейское и Восточно-Сибирское (Восточно-Сибирский бассейн), Ленское объединенное (Северо-Восточный бассейн), Амурское (Дальневосточный бассейн). В пароходствах восточных бассейнов в 1990 г. эксплуатировалось 5149 транспортных грузовых и буксирных судов, а также 993 рейдово-вспомогательных. Общий объем перевозок в восточных бассейнах составил 151 млн. т (из 562 млн. т в целом по РФ) с грузооборотом свыше 57 млрд. ткм (из 214). Использование флота, практически полностью обновленного в 1970-80 гг., характеризовалось высокими показателями производительности в условиях нарастающих потребностей в перевозках, насыщения портов высокопроизводительной техникой, масштабных дноуглубительных работ: коэффициент использования флота, определяемый отношением фактического грузооборота к провозной способности флота достигал 0,7 [1].

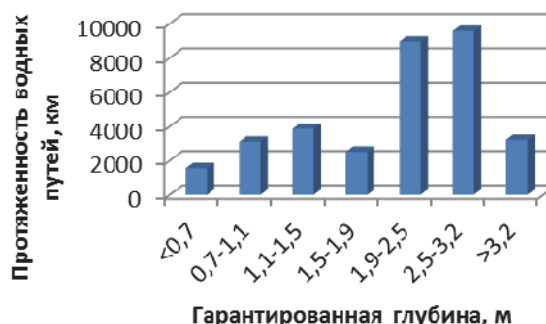


Рисунок 1 – Структура внутренних водных путей восточных бассейнов

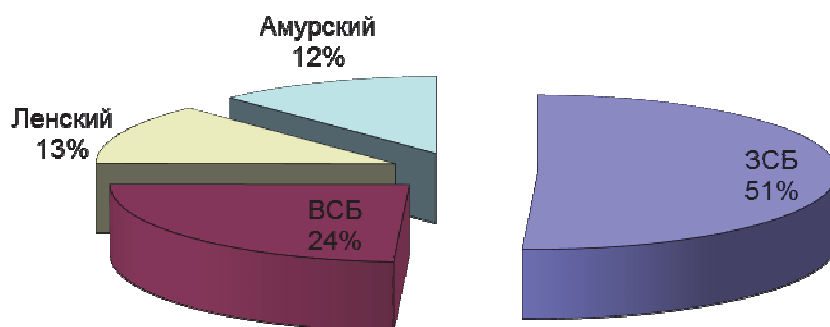


Рисунок 2 – Структура речных грузовых перевозок в восточных бассейнах

В 1992-1994 гг. в соответствии с программой приватизации на базе семи пароходств восточных бассейнов было образовано два десятка ОАО, возникло множество частных судоходных компаний. За годы реформ произошли глубокие изменения, в основном негативного характера: снизилась протяженность судоходных путей с гарантированными габаритами, нормам безопасности соответствует

лишь треть причальных сооружений, средний возраст транспортных судов приближается к 40 годам. Если спрос на грузовые перевозки в целом по отрасли снизился впятеро, то в восточных бассейнах – в 8-10 раз. Общий объем перевозок достиг максимума в предкризисном

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

2007 г. – свыше 41 млн. т. Распределение перевозок по бассейнам приведено на рисунке 2.

Наличие и использование флота по наиболее крупным судоходным компаниям характеризуется таблицей 1.

Таким образом, флот используется вдвое хуже, чем в наиболее благоприятные для речного транспорта России 1980-е гг. Очевидно, что повышение эффективности речного транспорта в первую очередь связано с повышением спроса на грузовые перевозки.

Таблица 1 – Наличие и использование транспортного флота

Показатель	Бассейн				Итого
	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Северо-Восточный	Дальне-восточный	
Количество перевозок, тыс. т	6 446	4 816	2 300	1 400	14 962
Грузооборот, млрд. ткм	3,5	3,0	2,5	0,6	9,6
Наличие судов, тыс. т (п. с.):					
Самоходные грузовые	3 655	90 078	77 170	11 714	182 617
Несамоходные	1 136 077	706 006	315 245	140 040	2 297 368
Буксирные	81 207	57 016	40 387	10 820	189 430
Провозная способность флота, млрд. ткм	10,0	9,0	6,0	2,0	27,0
Коэффициент использования флота	0,35	0,30	0,41	0,3	0,35

Перспективы развития отрасли определены «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г.», однако документ разрабатывался в докризисный период и прогнозировал рост объема речных грузовых перевозок почти вдвое. По нашей оценке, объем грузовых перевозок в бассейнах Сибири и Дальнего Востока лишь за пределами 2020 г. может превысить уровень, достигнутый в предкризисном 2007 г. При этом грузооборотом может составить 17 млрд. ткм. Исходя из показателей производительности флота на уровне 65-70% использования провозной способности, общая потребность в транспортных судах может составить почти 1750 ед., в том числе 176 самоходных сухогрузных теплоходов (ГТ) и танкеров (ТН), 1290 несамоходных – сухогрузных (НС) и наливных (НН), 292 буксирных судов (БС) (таблица 2).

Таблица 2 – Потребность в перевозках и транспортных судах

Показатель	Бассейн				Итого
	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Северо-Восточный	Дальне-восточный	
Грузооборот, млрд. ткм	6,2	5,3	3,9	1,6	17,0
Потребность в судах, единиц:					
ГТ	14	14	56	7	91
ТН	10	26	26	13	75
НС	452	351	191	94	1088
НН	32	30	125	15	202
БС	94	98	72	28	292
Всего	602	519	470	158	1748

Проблема развития флота и транспортной инфраструктуры тесно связаны с рационализацией схем доставки грузов. Старейшие порты Восточных бассейнов (Тюменский, Омский, Новосибирский, Красноярский, Иркутский, Благовещенский, Хабаровский) характеризуются 100-процентным износом причальных сооружений и близким к предельному –

Таблица 3 – Рациональная схема загрузки перевалочных портов

Бассейн	Порт	Объем перевалки, тыс. т
Западно-Сибирский	Омск	250
	Тобольск	2 000
	Сургут	500
	Сергино	1 500
	Томск	1 750
	Итого	6 000
Восточно-Сибирский	Лесосибирск	2 000
Северо-Восточный	Осетрово	700
	Якутск	300
	Итого	1 000
Дальневосточный	Хабаровск	1 000
Всего:		10 000

перегрузочного оборудования и складского хозяйства; к тому же оказались в самом центре городской территории, в непосредственной близости от жилых кварталов. В последние годы Тюменский, Омский и Новосибирский порты потеряли значение транспортных узлов, перевалочные грузы уже перераспределились в Тобольский, Сургутский, Сергинский и Томский порты (таблица 3). Что касается Красноярского порта, по-прежнему выполняющему значительный объем перевалки, то перераспределение перевалочных грузопотоков на участок «Песчанка» и в Лесосибирский речной порт целесообразно со всех точек зрения, в том числе, социальной.

Следует отметить, что перераспределение грузопотоков в пользу портов Тобольск, Сургут, Сергино, Лесосибирск, Якутск (с вводом в строй Амуро-Якутской магистрали) позволит увеличить загрузку флота благодаря его работе на участках с большими глубинами, сократить порожние пробеги, что позволит осуществлять перевозки в целом по восточным бассейнам меньшими затратами флота, следовательно, потребуются меньшие инвестиции в строительство нового флота, а также минимизируют затраты на содержание водных путей и развитие портового хозяйства.

С учетом современной тенденции к типизации и унификации параметров транспортного флота связь между ними и путевыми условиями может быть представлена в следующем виде (таблица 4).

Таблица 4 – Типовые параметры грузовых и буксирных судов

Класс водных путей	Средняя глубина судового хода, м	Грузовые суда		Буксирные суда	
		грузоподъемность, т	осадка в полном грузу, м	мощность, л. с.	осадка с полными запасами, м
1	более 3,2	2800-3000	2,6-2,8	1500-2000	более 2,2
2	2,5-3,2	2000-2500	2,1-2,4	800-1200	2,0-2,2
3	1,9-2,5	1500-1800	1,8-2,0	600	1,8
4	1,5-1,9	1000	1,5	450	1,4
5	1,1-1,5	600	1,1	300	1,2
6	0,7-1,1	200-300	0,8-0,9	225	0,8
7	менее 0,7	100-150	0,6-0,8	150	0,6

Для нового судостроения наиболее целесообразны грузовые теплоходы грузоподъемностью 600 и 1500 т, несамоходные суда грузоподъемностью 600, 1500 и 2500 т, буксирные суда мощностью 600 и 1200 л. с.

Общие затраты на строительство судов при сегодняшних ценах на металл и другие материалы могут составить не менее 100 млрд. руб., а в годовом исчислении – свыше 5 млрд. руб. Для реализации программы обновления флота в Сибири и на Дальнем Востоке должно быть создано три центра судостроения: в Томске, Красноярске, Хабаровске.

При этом в условиях ограниченного бюджетного финансирования перспективы развития речного транспорта видятся в схеме государственно-частного партнерства по модели ВОО: Built, Own, Operate, а также в практике проектного финансирования – такого финансирования инвестиционных проектов, при котором источником обслуживания долговых обязательств являются денежные потоки, генерируемые проектом, при этом оценка затрат и доходов осуществляется с учётом распределения риска между участниками проекта: проектной компанией, создаваемой специально для проекта и отвечающей за его реализацию; инвестором, вкладывающем средства в собственный капитал проектной компании; кредитором.

Главным преимуществом проектного финансирования является то, что оно позволяет сконцентрировать значительные денежные ресурсы на решении конкретной хозяйственной задачи, существенно снижая риск благодаря значительному числу участников соглашения.

Проектное финансирование обычно используется для финансирования относительно «обособленного» нового проекта, при этом источником возврата вложенных средств служит прибыль от реализации инвестиционного проекта, обособленная от финансовых результатов деятельности инициаторов проекта. Доля привлечённого капитала в общем объёме финансирования проекта составляет 70-80%. Формы финансирования могут быть различными: с полным регрессом на заемщика (заемщик принимает на себя все риски, связанные с реализацией проекта); финансирование без регресса на заемщика (все риски, связанные с проектом, берёт на себя кредитор); с ограниченным регрессом на заемщика, когда все участни-

ки распределяют генерируемые проектом риски [3].

В Сибири и на Дальнем Востоке реализуются самые крупные инфраструктурные проекты, связанные с развитием топливно-энергетического комплекса и международных связей. Проектное финансирование, до сих пор не применяемое в транспортной отрасли, может стать важным экономическим инструментом развития речного транспорта восточных бассейнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Никифоров, В.С. Оптимизация функционирования и развития речных транспортных систем / В.С. Никифоров, В.П. Носов, М.Ф. Скомаров и др. Под ред. В.С. Никифорова. –Новосибирск, 1995. –260 с.
- 2 Никифоров, В.С. Рациональная схема перевозок перевалочных грузов в восточных бассейнах / В.С. Никифоров, К.А. Кречетова // Эффективность функционирования и развития трансп. системы Сибири: сб. науч. тр. –Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2014. –С. 19-27.
- 3 Проектное финансирование и реальные инвестиции [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://referatwork.ru/refs/source/ref-76345.html>. –30.08.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *речной транспорт, транспортный флот, новое судостроение*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Никифоров Владимир Семенович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

Цыпляков Валентин Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В СМЕШАННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-ВОДНОМ СООБЩЕНИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.Ю. Зыкова

THEORY AND PRACTICE ORGANIZATION OF CARGOES TRANSPORTATIONS IN COMBINED RAILWAY-WATER TRANSPORTATION

Siberian state university of water transport

V.Yu. Zyкова

Theory and practice organization of cargoes transportations in combined railway-water transportation are considered.

Keywords: combined transportation, technology of transportation, organization of transportation, system analysis, logistics

Рассматривается теория и практика организации перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении.

Вопросы доставки грузов с использованием различных видов транспорта на основе эффективного управления движением материальных ресурсов в сферах производства и потребления находились в центре внимания таких виднейших ученых как академик В.Н. Образцов, лауреат нобелевской премии академик Л.В. Канторович, академик Т.С. Хачатуров, член-корреспондент АН СССР В.В. Звонков. В трудах последнего уже в 1920-30 гг. были сформулированы основные принципы функционирования и развития технических средств транспорта в их взаимосвязи и взаимозависимости. В.В. Звонков одним из первых указал на необходимость согласования параметров и типизации технических средств внутреннего водного транспорта как составных частей единого комплекса [1].

Впервые в 1939 г. в угольных трестах Союза и на станциях Министерства путей сообщения был введен единый технологический процесс под руководством академика В.Н. Образцова.

В 1952 г. Министерством путей сообщения и Министерством речного флота (МРФ) было дано совместное указание о разработке на навигацию 1952 г. единых технологических процессов по основным перевалочным пунктам.

Министерство путей сообщения в 1952 г. утвердило инструкцию по разработке единых технологических процессов работы станций примыкания и подъездных путей, а в 1953 г. – «Указания по разработке единого технологического процесса работы станций и примыкающих к ним подъездных путей».

В 1953 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта и Центральный научно-исследовательский институт экономики и эксплуатации водного транспорта разработали «Типовой единый технологический процесс работы железнодорож-

ных станций перевалки и речных портов». Однако в данном документе не были решены основные вопросы единой технологии, обеспечивающие взаимодействие в работе порта и станции перевалки, как между собой, так и с графиками движения флота и поездов.

Предстоящее дальнейшее развитие смешанных железнодорожно-водных сообщений выдвигает вопросы улучшения взаимодействия различных видов транспорта на первый план, особенно на тех направлениях транспортной сети, где велик удельный вес смешанных перевозок.

В Западной Сибири одними из первых начали работать по единому технологическому процессу Новосибирский порт и станция Новосибирск-товарный. Начало внедрения передовых приемов организации и взаимодействия относится к 1962 г. [3].

Работа по единому технологическому процессу (ЕТП) позволила повысить технико-технологическую дисциплину обслуживания: осуществлена специализация причалов, установлены нормативы движения и обработки подвижного состава. Главным элементом единой технологии явились совместное планирование работы, составление сменно-суточного плана-графика для всех участков порта и станции. Согласно этому плану организована работа смен и бригад. Применение ЕТП позволило довести до 100% объем перевалки пиломатериалов и щебня, до 82% – труб, оборудования, железобетонных изделий по прямому варианту [1]. Следующим шагом стал выход работы по единой технологии за пределы одного транспортного узла. В Обском бассейне в 1970-х гг. сложилась система комплексного взаимодействия работников Западно-Сибирского пароходства и Западно-Сибирской железной дороги на базе трех крупнейших транспортных узлов: Новосибирского, Томского и Барнаульского. Объем переработки по прямому варианту (62%) вдвое превысил средние показатели по отрасли. Важнейшим элементом эффективного взаимодействия стала организация единых комплексных смен, состоящих из работников портов, станций.

Качественно новым этапом на пути повышения эффективности работы смежных видов транспорта, ускорения доставки грузов, снижения транспортных затрат является использование системы взаимоувязанного непрерывного планирования работы разных видов транспорта на базе порта. Речь идет о работе Ленинградского транспортного узла (Октябрьская железная дорога, Балтийское морское и Северо-Западное речное пароходства, Главленавтотранс, Ленинградская контора В/О «Союзвнештранс»), где с середины 1977 г. на базе морского торгового порта функционировала система НПГРТУ — построения непрерывного плана-графика работы транспортного узла. Система НПГРТУ предполагала согласование оперативных планов передачи грузов с одного вида транспорта на другой на 10 суток вперед с постоянной, выполняемой ежедневно корректировкой этих планов. Информация о времени подхода судов передавалась в вычислительный центр (ВЦ) порта. ВЦ передавал сведения в отделение железной дороги и одновременно делал заявку на подвижной состав. Здесь план уточнялся, после чего в ВЦ порта на ЭВМ составлялся план работы всех звеньев транспортного узла на предстоящий период – 10 суток. Этот процесс происходил непрерывно, а все оперативное управление транспортным процессом было сосредоточено на низшем уровне – в диспетчерской, на перегрузочных комплексах, железнодорожных станциях. Эта система с полным основанием сегодня может быть отнесена к логистическим технологиям управления перевозочным процессом. Она открывала новые возможности в совершенствовании управления работой перевалочных узлов и повышении эффективности всей системы смешанных перевозок. В 1978 г. по непрерывным планам-графикам работали 20 речных портов, в 1985 г. – 80, что способствовало перевыполнению плана погрузочно-разгрузочных работ в портах МРФ.

Общий экономический эффект от внедрения НПГРТУ составил по всем транспортным узлам свыше 80 млн. руб.

В условиях рыночных отношений требования к качеству перевозок, снижению транспортных издержек и доставке грузов «точно в срок» повышаются. Поэтому система НПГРТУ должна получить «вторую жизнь». Должна быть усовершенствована и методика оценки экономической эффективности системы непрерывного планирования. В прошлом эффект от применения НПГРТУ определялся только в границах транспортного узла (зачастую — только порта). Отсюда время нахождения грузов в транспортном узле необоснованно принималось равным продолжительности пропуска их через порт. Кроме того, в расчетах при определении экономического эффекта не учитывалась составляющая, характеризующая работу прочих звеньев транспортной сети за пределами узла. Доля влияния собственно НПГРТУ определялась экспертным путем и принималась равной 15-20% совокупного экономического

эффекта, что недостаточно обосновано.

Исследование показало, что главными источниками эффективности НППРТУ являются:

- ускорение обработки подвижного состава различных видов транспорта в порту по совокупности всех операций, включая перегрузочные;
- повышение доли переработки грузов по прямому варианту;
- увеличение доли вагонопотока, охватываемого отправительской маршрутизацией;
- прирост производственной мощности перевалочных узлов и возможность освоения на этой основе дополнительных объемов перевозок.

На востоке страны одним из первых стал применять на практике ленинградский метод Новосибирский транспортный узел, включающий Новосибирский речной порт, припортовую железнодорожную станцию Новосибирск-Товарный и автоколонну №1231, до этого транспортники Новосибирска уже имели двадцатипятилетний опыт работы порта и припортовой железнодорожной станции по ЕТП и, благодаря слаженности в совместной работе, успешно выполняли ежегодные совместные планы производственной деятельности и довели размер перегрузки грузов по прямому варианту до 60 и более процентов. Коллективы Новосибирского транспортного узла уже в первый 1978 г. достигли положительных совместных результатов: нормы обработки флота были снижены на 3,9%, вагонов – на 8,5%, автомашин – на 6,1%, по прямому варианту из вагонов в суда и обратно перегружено более миллиона тонн, или 62,0% от общего количества перевалочных грузов. В транспортном узле Новосибирска плодотворно функционируют единые сквозные диспетчерские смены речников, железнодорожников и автомобилистов, соревнующиеся между собой. Большую работу в порту выполняет диспетчер по координации смешанных перевозок. Для удобства в работе в комплексных сменах порта и станции установлен единый час начала и окончания работ.

В последующие 1979-1985 гг. Новосибирский транспортный узел, добивался переменных результатов. В этот период ежегодно выполнялись нормы обработки автотранспорта, ежегодно, кроме 1982 г. выполнялись нормы обработки вагонов, в 1980, 1983-85 гг. выполнялись нормы обработки судов. При этом общее количество грузов смешанного сообщения, достигшее 1718,9 тыс. т. в 1980 г., снизилось до 1120,1 тыс. т. в 1983 г. и только в 1985 г. было перегружено 1903,0 тыс. т. План перевалки грузов смешанного сообщения в Новосибирском транспортном узле был выполнен по родам в следующих размерах: 1979 – на 79,8%, в 1980 – на 92,3%, в 1981 г. – на 90,3%, в 1982 г. – на 93,7%, в 1983 г. – на 68,0%, в 1984 г. – на 87,0% и лишь в 1985 г. – на 99,0%.

Основными причинами невыполнения плана смешанных перевозок грузов явилось не поступление плановых грузов, планирование отраслевым предприятиям, речному и железнодорожному транспорту разного количества грузов и другое. Более успешно по сравнению с 1981-1982 гг. осуществлялось взаимодействие в Новосибирском транспортном узле в период с 1983 по 1985 гг., когда были снижены по сравнению с планом нормы обработки судов, вагонов и автомобилей. Наилучшие результаты достигнуты в 1985 г. – нормы обработки флота уменьшены на 4%, в том числе под грузовыми операциями на 13%, нормы обработки вагонов снижены на 25% (53,6%) грузов при плане – 52,0% [3].

В начале XXI в. появились обнадеживающие признаки развития транспортного комплекса России. После провала в 1998 г., когда всеми видами транспорта общего пользования было перевезено лишь 2,348 млрд. т, что втрое меньше уровня 1990 г., начался рост перевозок, за исключением морского транспорта. Особенный рост наблюдался на железнодорожном и внутреннем водном транспорте.

Не менее важным явилось и то, что у государства появилась более последовательная транспортная политика, направленная на совершенствование правовых и экономических условий транспортной деятельности, обеспечение ее безопасности, поддержку социально значимых видов перевозок (пассажиры), стимулирование инвестиций, повышение конкурентоспособности российского транспорта на мировом рынке транспортных услуг, развитие сети международных транспортных коридоров, формирование единой гармонично развитой транспортной системы страны [1].

Практическим воплощением основ транспортной логистики в работу перевалочных узлов стало создание промышленно-транспортного комплекса (ПТК) в Западной Сибири на основе ОАО «Томская судоходная компания». Он позволил ликвидировать ведомственную разобщенность, более полно и своевременно удовлетворить потребности народного хозяйства и населения в инфраструктурных услугах. В состав ПТК вошло около 20 предприятий и организаций различных отраслей народного хозяйства, транспорта, связи, материально-

технического снабжения, энергетики [2].

Более чем десятилетний опыт работы промышленно-транспортного комплекса в Западной Сибири поднял на качественно новый уровень развитие этой структуры. В настоящее время ПТК представляет собой совокупность технологически и экономически взаимосвязанных разнопрофильных производств, сосредоточенных в рамках единой территории и обслуживаемых одной инфраструктурой.

Таким образом, в Западно-Сибирском регионе имеются определенные предпосылки совершенствования организации перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Драчев, П.Т. Транспортная стратегия Сибири и Дальнего Востока / П.Т. Драчев, В.А. Кноль. -Новосибирск: Наука, 2004. -520 с.
- 2 Никифоров, В.С. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика: учебное пособие / В.С. Никифоров. -М.: Транслит, 2007. -272 с.
- 3 Носов, В.П. Железнодорожно-водные перевозки в восточных районах СССР / В.П. Носов, В.А. Минеев, П.А. Курносенко. -Якутск, 1991. -362 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: смешанные перевозки, технология перевозки, организация перевозки, системный анализ, логистика

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зыкова Валентина Юрьевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕПАРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ НА ДОЛЮ ПРОБЕГА ЛОКОМОТИВОВ В ОДИНОЧНОМ СЛЕДОВАНИИ

Центральная дирекция управления движением – филиал
ОАО «РЖД»

А.А. Власенский

EFFECT OF CHANGES IN NONBINARY TRAINS RUN AT A FRACTION OF LOCOMOTIVES IN A SINGLE FOLLOW

Central directorate of motion control – branch of Russian Railways

A.A. Vlasenskiy

A simulation model of flow directions for different power trains. The approaches to the determination of current values Daily flows of trains for the considered direction of the landfill.

Keywords: flows of trains, locomotives, a statistical model

Разработана имитационная модель работы направлений для поездопотоков различной мощности. Сформулированы подходы к определению текущих посуточных значений поездопотока для рассматриваемого направления полигона.

Учитывая большое влияние изменения непарности движения $\gamma_{нп}$ на величину $\beta_{од}$, разработана имитационная модель работы направлений для определения зависимости $\beta_{од} = f(\gamma_{нп})$.

Известно, что поездопотоки на направлениях имеют посуточную неравномерность, описываемую нормальным законом распределения [1-3]. При этом поездопотоки четного и нечетного направлений следования поездов по величине являются независимыми друг от друга.

В работе [3] получены параметры нормального закона распределения для поездопотоков различной мощности для современных условий (рисунок 1).

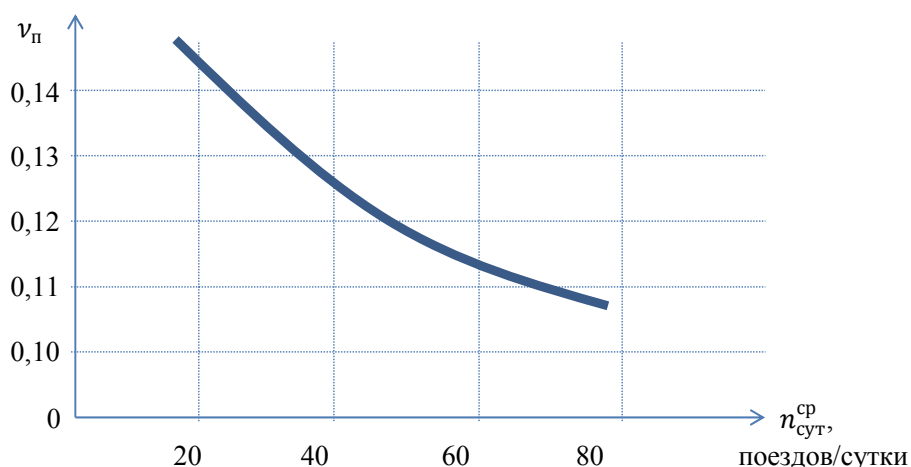


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента вариации поездопотока от среднесуточного поездопотока в течение года

Известно, что среднеквадратическое отклонение поездопотока равно

$$\sigma_n = v_n n_{\text{сут}}^{\text{cp}}, \text{ поездов/сутки,} \quad (1)$$

где v_n – коэффициент вариации поездопотока;

$n_{\text{сут}}^{\text{cp}}$ – среднесуточный поездопоток в течение года (математическое ожидание).

Учитывая случайную природу суточного образования числа поездов в четном и нечетном направлении движения, с использованием метода Монте-Карло можно в статистической модели работы направления получить посуточные размеры движения поездов с использованием формулы

$$n_{\text{сут } i} = n_{\text{сут}}^{\text{cp}} + v_n n_{\text{сут}}^{\text{cp}} t, \quad (2)$$

где t – нормированное отклонение,

i – текущие сутки.

Алгоритм (блок-схема) определения текущих посуточных значений поездопотока представлен на рисунке 2.

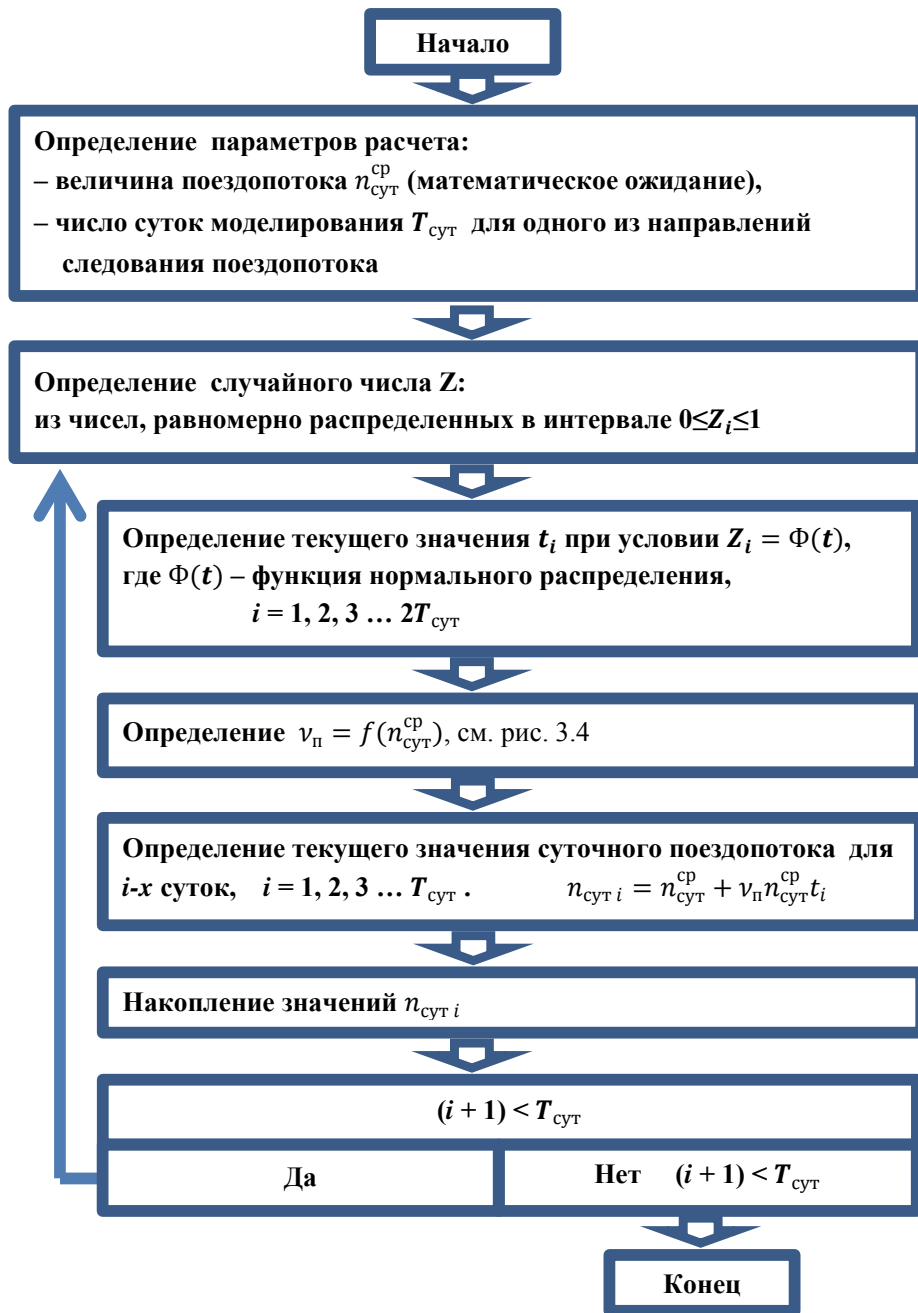


Рисунок 2 – Алгоритм определения текущих посуточных значений поездопотока для рассматриваемого направления полигона

Величина $T_{сут}$ может определяться на основе известной зависимости [4]

$$T_{сут} = K = \frac{t^2 \sigma_n^2}{\Delta^2},$$

где K – число наблюдений,

t – величина нормированного отклонения при заданной надежности (для эксплуатационных расчетов $p \approx 0,95$, тогда $t = 1,96$);

Δ – допустимое отклонение выборочной средней от генеральной средней (для данных расчетов $\Delta \approx 1$ поезд/сутки).

Для рассмотренных условий $K = T_{сут} \approx 100-150$.

С использованием данного алгоритма (рисунок 2) определяется суточные значения поездопотоков для четного $n_{сут i}$ и нечетного $n_{сут j}$ направлений следования за $T_{сут}$.

С использованием полученных значений $n_{сут i}$ и $n_{сут j}$ может быть установлена суточная потребность в рейсах локомотивов одиночного следования $n_{сут}^{од}$. Для этого значения $n_{сут i}$ и $n_{сут j}$ располагаются попарно и определяется разница между ними:

Схема расчетов понятна из таблицы 1. Здесь приведены конкретные данные на основе рассмотренного алгоритма (рисунок 2) для среднесуточного поездопотока в четном направлении $n_{сут i}^{ср ч} = 49$ поездов/сутки и в нечетном направлении $n_{сут j}^{ср нч} = 51$ поезд/сутки.

Таблица 1 – Определение суточной потребности в рейсах локомотивов одиночного следования $\Delta n_{сут i j}$

Поездопоток, поездов/сутки	Сутки, i						
	1	2	3	4	...	($T-1$)	T
$n_{сут i}^ч$	34	50	48	44	...	52	48
$n_{сут i}^{нч}$	47	51	47	42	...	47	41
$\Delta n_{сут i}^{ч, нч}$	-13	-1	+1	+2	...	+5	+7

Среднее значение суточной потребности в рейсах локомотивов одиночного следования равно

$$n_{сут}^{ч, нч} = \frac{\sum_{i=1}^T \Delta n_{сут i}^{ч, нч}}{T}; \tag{4}$$

$$\Delta n_{сут}^{од} = n_{сут i} - n_{сут j}. \tag{3}$$

Коэффициент $\beta_{од}$ определяется с учетом пробега локомотивов в голове поездов; вторых локомотивов, работающих по системе многих единиц; локомотивов при двойной тяге и в подталкивании (в целом около 3-5% линейного пробега локомотивов).

Расчеты с использованием статистической модели были выполнены для коэффициента непарности движения, определяемого как отношение поездопотока встречного направления к поездопоток преимущественного направления, равного от 1,0 до 0,85.

Таблица 2 – Результаты расчетов по определению $\beta_{од}$ в зависимости от $\gamma_{нп}$

Поездопотоки ч/нч, поездов/сутки	$\gamma_{нп}$	$n_{сут}^{ч, нч}$ рейсов одиночн. локомотивов в сутки	$\beta_{од}$	$\beta_{од}, \%$
50/50	1,00	7,4	0,066	6,6
49/51	0,96	8,2	0,072	7,2
47/53	0,89	10,2	0,088	8,8
46/54	0,85	11,4	0,098	9,8

Результаты расчетов для одного из вариантов представлены в таблице 2.

На основе выполненных расчетов установлено, что

$$\beta_{од} = 0,282 - 0,216\gamma_{нп}, \tag{5}$$

при $0,85 \leq \gamma_{нп} \leq 1,0$.

Зависимость (5) используется для решения поставленной задачи определения влияния изменения $\gamma_{нп}$ на изменение $\beta_{од}$. Изменение $\Delta\gamma_{нп} = 0,01$ соответствует изменению $\Delta\beta_{од} \approx 0,002$ или $\Delta\beta_{од} = 0,2\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Угрюмов, А.К. Неравномерность движения поездов / А.К. Угрюмов. -М.: Транспорт. -1968. -112 с.
 2 Каретников, А.Д. График движения поездов / А.Д. Каретников, Н.А. Воробьев. -М.: Транспорт. -1979. -301 с.
 3 Шенфельд, К.П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность / К.П. Шенфельд, Е.А. Сотников // Вестник ВНИИЖТ.-2011. -№5. -С. 3-9.

4 Длин, А.М. Математическая статистика в технике / А.М. Длин. -М.: Советская наука. -1958. -466 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *поездотоки, локомотивы, статистическая модель*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Власенский Артем Андреевич, заместитель начальника Центральной дирекция управления движением – филиал ОАО «РЖД»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *107174, г.Москва, ул.Каланчевская, 35, Центральная дирекция управления движением - филиал ОАО «РЖД»*

РОЛЬ КРУПНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АЭРОПОРТОВ В РАЗВИТИИ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Н.М. Мжельская

THE ROLE OF LARGE REGIONAL AIRPORTS IN DEVELOPMENT OF RUSSIAN AVIATION MARKET

Siberian state transport university

N.M. Mzhel'skaya

The paper discusses the role of large regional Russian airports in development of aviation market. It is noted that the passenger flows are distributed disproportionately across regions of the country due to large territory and sufficient disbalance in the level of development. The paper highlights the role of large hub regional airports as the supporting elements of transport system of the country, especially in development of regional and interregional air communication.

Keywords: large regional airports, airports categories, aviation mobility rate, passenger growth drivers, tendency of aviation market development

Рассмотрена роль крупных региональных российских аэропортов в дальнейшем развитии рынка авиационных перевозок. Отмечено неравномерное распределение пассажиропотока по регионам страны ввиду обширной территории и существенного дисбаланса в уровне развития регионов. Отмечена роль крупных узловых региональных аэропортов, как опорных пунктов транспортной системы страны, особенно в отношении развития регионального и межрегионального сообщения.

Одной из особенностей авиаперевозок России является неравномерное распределение пассажиропотока по регионам страны из-за обширной территории и существенного дисбаланса в уровне развития регионов.

В таблице 1 приведено распределение пассажиропотока и населения по федеральным округам РФ.

Таблица 1 – Распределение пассажиропотока и населения по федеральным округам (по статистическим данным Федерального Агентства Воздушного Транспорта и Федеральной службы государственной статистики), %

Федеральный округ	Численность населения	Количество обслуженных пассажиров
Дальневосточный	4	5
Приволжский	20	7
Северо-Западный	9	12
Северо-Кавказский	7	2
Сибирский	13	8
Уральский	8	7
Центральный	27	50
Южный	10	7
Крымский	2	2

Уровень авиационной подвижности населения страны также достаточно сильно варьируется в зависимости от региона и составляет от 0,2 до 1,0. В таблице 2 приведено отклонение коэффициента авиационной подвижности населения и ВВП на душу населения федеральных округов от среднероссийских показателей.

Основной поток пассажиров сконцентрирован в Европейской части России. Так, аэропорты Центрального федерального округа обслуживают половину пассажиропотока страны, при этом доля населения округа составляет 27% от населения России. Это объясняется тем, что через аэропорты-хабы московского авиационного узла проходят основные трансферные потоки из регионов в другие города России и в зарубежные страны. Кроме того, Москва является центром деловой активности, а, следовательно, центром притяжения делово-

го сегмента пассажиров со всей России и других стран. Это объясняет высокий показатель авиационной подвижности населения в сравнении с общероссийским.

Таблица 2 – Отклонение коэффициента авиационной подвижности населения (АПН) и ВВП на душу населения федеральных округов от среднероссийских показателей, %

Федеральный округ	Коэффициент АПН	Отклонение от среднероссийского показателя подвижности, %	ВВП на душу населения в 2013 г., руб.	Отклонение от среднероссийского показателя среднедушевого ВВП, %
Дальневосточный	0,6	-2	340 000	-10
Приволжский	0,2	-70	217 600	-42
Северо-Западный	0,7	5	306 700	-19
Северо-Кавказский	0,1	-77	107 300	-71
Сибирский	0,3	-51	216 800	-42
Уральский	0,5	-25	472 900	26
Центральный	1,0	60	369 900	-2
Южный	0,4	-36	191 200	-49
Среднее значение	0,6	–	376 400	–

Помимо Центрального федерального округа достаточно развитым в отношении авиаперевозок является Северо-Западный федеральный округ, показатель авиационной подвижности населения в котором также превышает средний по России. Здесь пассажиропоток формирует аэропорт-хаб Пулково – третий по количеству обслуженных пассажиров в России. После запуска в конце 2013 г. нового терминального комплекса аэропорт еще больше усилил свои позиции, в том числе в качестве трансферного хаба.

Наряду с этим существует и обратная ситуация, когда при высокой численности населения объем пассажиропотока аэропортов региона незначителен. Например, подобная ситуация характерна для Приволжского федерального округа, где проживает 1/5 часть населения России, при этом количество обслуженных аэропортами округа пассажиров составляет лишь 7% от общего показателя. Это объясняется как достаточно низким среднедушевым ВВП, так и неразвитостью межрегиональной авиационной сети, а также несоответствием аэропортовой инфраструктуры потребностям региона.

Определив среднегодовые темпы роста авиационной подвижности населения и среднедушевого ВВП каждого федерального округа за период 2009-2013 гг., можно рассчитать коэффициент, показывающий во сколько раз среднегодовой темп роста (CAGR, compound average growth rate) авиационной подвижности, превышает среднегодовой рост ВВП на душу населения того или иного федерального округа (таблица 3). Прирост ВВП на душу населения указан в номинальных значениях, приведенных к базе 2009 г. и рассчитан на основе данных федеральной службы государственной статистики о реальном среднедушевом ВВП и инфляции [2].

Таблица 3 – Коэффициент превышения среднегодового темпа прироста авиационной подвижности над среднегодовым приростом ВВП на душу населения, 2009-2013 гг.

Федеральный округ	CAGR ВВП на душу населения, 2009-2013 гг., %	CAGR авиационной подвижности, 2009-2013 гг., %	Коэффициент превышения CAGR авиационной подвижности над CAGR среднедушевого ВВП
Дальневосточный	6	14	2,5
Центральный	6	14	2,6
Северо-Западный	5	15	2,9
Южный	7	15	2,1
Северо-Кавказский	6	20	3,2
Сибирский	5	20	3,7
Уральский	7	20	2,9
Приволжский	7	22	3,0
Общий итог	7	17	2,6

Как видно, наибольшие значения коэффициента характерны для федеральных округов с наиболее низким уровнем авиационной подвижности населения, таким как Северо-Кавказский, Западно-Сибирский, Приволжский и Уральский. Это позволяет предположить, что именно эти регионы являются главной движущей силой ускоренного роста авиаперевозок в стране. Наряду с этими регионами опережающими темпами скорее всего будут разви-

ваться Дальний Восток и Юг России, чему будут способствовать укрепление связей с Китаем и странами Юго-Восточной Азии, а также развитие внутрироссийского туризма. При этом главная роль будет отводиться крупным узловым региональным аэропортам, способным стать опорными пунктами транспортной системы страны особенно в отношении развития регионального и межрегионального сообщения.

Согласно государственному реестру аэродромов по состоянию на 01.01.2015 г. в России зарегистрировано 282 аэропорта, из них 71 аэродром имеет допуск к обслуживанию международных перевозок [1].

Для более детального анализа аэропортовой отрасли все аэропорты страны предлагается условно разделить на следующие категории:

- аэропорты-хабы московского авиационного узла (МАУ) и Санкт-Петербурга (СПб);
- крупные региональные аэропорты с пассажиропотоком свыше 1 миллиона пассажиров в год (кроме аэропортов МАУ и Санкт-Петербурга);
- средние региональные аэропорты с пассажиропотоком от 500 тысяч до 1 миллиона пассажиров;
- малые региональные аэропорты с пассажиропотоком от 100 тысяч пассажиров до 500 тысяч пассажиров.

Аэропорты с годовым пассажиропотоком менее 100 тысяч пассажиров в настоящей работе не рассматриваются ввиду отсутствия соответствующих статистических данных.

Ниже представлена статистика количества обслуженных пассажиров по категориям аэропортов (таблица 4) [1].

Таблица 4 – Статистика количества обслуженных пассажиров по категориям аэропортов, 2013-2014 гг.

Категория аэропорта	Пассажиропоток, млн. пасс.		Доля в 2014 г.	Прирост, млн. пасс.(%)
	2013 г.	2014 г.		
МАУ и Санкт-Петербург	83,8	91,3	59%	7,5 (9)
более 1 миллиона пассажиров (кроме МАУ и СПб)	39,3	45,9	30%	6,5 (17)
от 500 тысяч до 1 миллиона пассажиров	6,8	7,2	5%	0,5 (7)
от 100 до 500 тысяч пассажиров	9,3	10,2	7%	0,8 (9)
Всего	139,2	154,6	100%	15,3 (11)

В 2014 г. аэропорты московского авиационного узла (МАУ) и Санкт-Петербурга обслужили 59% всего объема пассажиров, обслуженных российскими аэропортами. Порядка 30% было обслужено крупными региональными аэропортами. На средние и малые региональные аэропорты приходится 5% и 7% соответственно [1].

В таблице 5 приведена динамика изменения пассажиропотока и доли количества обслуженных пассажиров по категориям аэропортов в 2009-2014 гг.

Таблица 5 – Динамика изменения пассажиропотока и доли количества обслуженных пассажиров по категориям аэропортов в 2009-2014 гг., %

Категория аэропортов	CAGR 2009-2014 гг.	Доля от пассажиропотока 2009 г., %	Доля от пассажиропотока 2014 г., %
МАУ и Санкт-Петербург	14	61,2	58,8
более 1000000 пассажиров	17	26,9	29,6
от 500000 до 1000000 пассажиров	12	4,8	4,7
от 100000 до 500000 пассажиров	14	7,1	6,5

Из вышеприведенной таблицы можно увидеть следующие тенденции развития рынка авиаперевозок в России:

- наиболее динамично развивающейся категорией аэропортов являются аэропорты-миллионники, среднегодовой прирост пассажиропотока которых в 2009-2014 гг. составил 17%, что превышает темпы прироста для других аэропортов;
- процесс постепенной децентрализации потоков пассажиров из МАУ и Санкт-Петербурга в пользу крупных региональных аэропортов; доля последних в общем объеме обслуженных пассажиров возросла за анализируемый период с 27% до 30% при сокращении доли аэропортов МАУ и Санкт-Петербурга с 61% до 59%.

Резюмируя вышесказанное, можно ожидать, что главными драйверами дальнейшего

роста пассажиропотока в России становятся крупные региональные аэропорты, активно инвестирующие в развитие инфраструктуры, использующие свои конкурентные преимущества для расширения спроса со стороны населения зоны охвата и реализации хабового потенциала за счет привлечения трансферных потоков и развития региональных перевозок. Соответственно, темпы прироста пассажиропотока в этих аэропортах в ближайшие 10-15 лет будут превышать средний темп прироста пассажиропотока в России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *крупные региональные аэропорты, категории аэропортов, коэффициент авиационной подвижности населения, драйверы роста пассажиропотока, тенденции развития рынка авиаперевозок*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Мжельская Наталья Михайловна, преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛИЗАЦИИ НА РАЗВИТИЕ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова» МО РФ
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного
транспорта»

М.И. Краморенко, А.М. Варакса

CRITERION APPROACH TO AN EVALUATION OF THE INFLUENCE OF GLOBALIZATION TO THE DEVELOPMENT OF RUSSIAN REGIONS

Military medical academy named S.M. Kirov
Siberian state university of water transport
M.I. Kramorenko, A.M. Varaksa

In the article deals with criterion approach of the globalization influence. The article points of view to the term «globalization» and factors of globalization. The criterion model is given.

Keywords: region, globalization, criteria approach, the volume of accumulated foreign investments, gross regional product

Представлен способ определения влияния глобализации на экономику отдельных регионов. Выделены факторы, формирующие вовлечение регионов в мировую экономику. На их основе предложена критериальная модель, по которой было рассчитано, какие регионы РФ наиболее подвержены глобализационным процессам.

Особенностью российской экономики выступает значительная дифференциация регионов РФ и неоднородность их развития. Это вполне объяснимо, если учитывать масштабы страны и неравномерность в распределении ресурсов. Поэтому для более точного анализа целесообразно уделять больше внимания региональному фактору. С одной стороны, регионы, как субъекты экономики стремительно развиваются и им необходимо осознавать собственные интересы и иметь соответствующие ресурсы. С другой стороны, региональное развитие невозможно без поддержки государства, а также без долгосрочных стратегических планов, без наличия методологических подходов, эффективных схем и механизмов, направленных на предотвращение неудач и обеспечения становления регионов. При этом следует учитывать тенденции современной экономики, а одна из основополагающих тенденций – это глобализация. Проявляется она в том, что с середины XX века в мировой экономике активно происходят процессы интеграции и интернационализации а также расширение деятельности ТНК и углубление международной специализации и кооперации [1].

Данный вопрос затрагивали в своих статьях известные российские экономисты: Л. Абалкин, Е. Авдокушин, Г. Багиев, В. Белоцерковский, И. Бельчук, О. Богомолов, О. Братимов, Н. Котляров, Э. Кочетов, А. Леусский, Е. Лозовская, А. Макхиджани, В. Оболенский, Б. Смитиенко, В. Соловьев, А. Уткин, Е. Халевинская, Н. Шмелев и др. Однако до сих пор не были выделены все факторы влияния глобализации и степень их воздействия на регион.

Цель данной статьи – представить модель, с помощью которой мы могли бы оценить влияние глобализационных процессов на экономику отдельных регионов РФ.

С помощью глобализации решается много проблем, она приносит немало преимуществ, через международное разделение труда и углубление спецификации в регионе, экономия тем самым ресурсы. По мнению известного немецкого социолога У. Бека «... глобализация имеет в виду процессы, в которых национальные государства и их суверенитеты вплетаются

в паутину транснациональных активов и подчиняются их власти и возможностям, их ориентации и идентичности» [2].

Сравнительный анализ влияния глобализации может быть продемонстрирован в критериальной модели, с помощью которой будет рассчитан интегральный показатель, характеризующий влияние глобализационных процессов на экономику региона. Модели, основанные на критериальных правилах, наиболее часто применяются при решении практических задач. В их основе лежит предположение о том, что между качественными и количественными оценками каждого элемента предъявления может быть установлено соответствие, обеспечивающее расчет интегрального показателя.

Под критерием понимают совокупность условий, определяющих решение задачи. При этом критерий – количественная мера качества определяемых свойств, а его показатель – функция их качества.

Под параметрами понимают непосредственно наблюдаемые и измеримые величины, являющиеся характеристиками изучаемого явления. На базе параметров формируются показатели свойств, из которых, в свою очередь, формируется функция критерия.

Исходя из вышесказанного, метод многокритериальных задач будет состоять из следующих действий:

- свертка частных критериев в глобальный;
- назначение «весов» частных критериев, когда глобальный критерий представляется в виде линейной свертки;
- выведение всех, кроме одного, частных критериев в ограничения или установка предпочтения на частных критериях.

Предлагаемая методика сравнения построена на основе одного из эвристических методов исследования, который заключается в ранжировании частных критериев с присвоением им оценок в зависимости от частоты случаев предпочтения, отдаваемому тому или иному частному критерию при рассмотрении их экспертами.

Для определения весовых коэффициентов критериев оценки использован метод ранжирования приоритетов с построением квадратной матрицы смежности

$$k_{ij} = \begin{cases} 2 & X_i > X_j \\ 1 & X_i = X_j \\ 0 & X_i < X_j \end{cases},$$

где $X_i > X_j$ – критерий X_i более важен по отношению к X_j ;

$X_i = X_j$ – критерии равны по важности;

$X_i < X_j$ – критерий X_i менее важен по отношению к X_j .

Вес каждого из критериев определяется по формуле

$$P_{кр} = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} k_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=\infty} \sum_{i=1}^{i=\infty} k_{ij}},$$

где k_{ij} – численное значение приоритетности.

Вопрос о том, какие критерии следует учитывать и какова важность каждого из них, является в определенной степени субъективным. При составлении нашей модели мы опирались на мнение российских специалистов по глобализации: А. Бузгалина, А. Варакса, Ю. Левицкого и др. [1, 3-7].

Все критерии, по которым происходит сравнительная оценка вариантов налоговых систем, необходимо разделить на три группы по степени значимости:

- критерии группы А – самые значимые;
- критерии группы В – значимые;
- критерии группы С – наименее значимые.

К критериям группы А относятся:

- А1 – доля внешнеторгового оборота в ВРП;
- А2 – накопленный объем иностранных инвестиций.

К критериям группы В относятся:

- В1 – доля иностранного участия в основном капитале;
- В2 – индекс промышленного производства.

К критериям группы С относятся:

- С1 – доля людей, занятых в экономике в общей численности трудоспособного население.

ния;

– С2 – доля иностранных работников в общей численности работающего населения.

Численная оценка критериев:

– 3 – доля высокая;

– 2 – доля средняя;

– 1 – доля низкая

Исходя из вышесказанного, с учетом количества критериев в группах выполнен расчет их весов (таблица).

Таблица – Результаты расчета коэффициентов веса критериев

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	Σ	Вес критерия
A1	1	1	1	2	2	2	9	0,28
A2	0	1	1	0	2	0	4	0,13
B1	0	1	1	1	2	2	7	0,22
B2	0	0	1	1	2	2	6	0,19
C1	0	1	0	1	1	1	4	0,12
C2	0	0	0	0	1	1	2	0,06
Сумма							32	1,00

Глобальный (обобщенный) критерий при ранжировании с разбиением критериев на три группы вычисляются по формуле

$$P_i = P_A \sum A + P_B \sum B + P_C \sum C, \quad (3)$$

где P_A, P_B, P_C – вес критериев группы А, В и С;

$\sum A, \sum B, \sum C$ – сумма дискретных значений критериев группы А, В и С (таблица).

С использованием данной системы расчетов нами было рассмотрено 48 регионов, которые включены в Центральный, Южный, Северо-Западный и Приволжский федеральные округа [8, 9]. Как показали расчеты, максимально подвержены глобализации Московская область, Калининградская область, Москва и Санкт-Петербург (как города Ф3), Ленинградская, Самарская, Калужская области и Республика Татарстан.

Эти итоги в целом совпадают с ожиданиями. Однако надо учитывать, что все расчеты опираются на официальные данные и могут не учитывать некоторые незаконные реалии – в том числе теневой сектор и неофициальную занятость.

Кроме того следует отметить, что для регионов РФ характерно вовлечение в глобализацию по всем указанным критериям одновременно. При снижении одного из показателей, в большинстве случаев, понижаются и остальные.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что вовлечение регионов в мировую экономику является крайне неравномерным даже на Европейской части России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Варакса, А.М. Глобализация как фактор финансовой неустойчивости / А.М. Варакса // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: материалы 3-ей междунар. науч.-практ. конф. (17-20 сентября 2013 года). Под ред. А.А. Горохова. -Курск: Изд-во Юго-западного фед. ун-та, 2013. -С. 76.
- 2 Бек, У. Что такое глобализация? Ошибки глобализма – ответы на глобализацию / У. Бек. Науч. ред. А. Филиппов. Пер. с нем. А. Григорьева, В. Седелник. -М.: Прогресс-Традиция, 2001.
- 3 Бугалин, А.В. Глобализация, антиглобалистское движение в России / А.В. Бугалин // Альтернативы. -2001. -№1. -С. 2.
- 4 Левицкий, Ю.В. Саморазвитие образования и науки как результат экономической глобализации / А.М. Варакса, Ю.В. Левицкий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. -2014. -№11. -С. 105.
- 5 Левашов, В.К. Глобализация и социальная безопасность / В.К. Левашов // Социол. исследования. -2002. -№3. -С. 17.
- 6 Шишков, Ю. Россия в глобализируемой системе международных хозяйственных связей // Рос. экон. журн. -1998. -№10. -С. 79-81.
- 7 Ласкина, Л.Ю. Операционный, финансовый и налоговый левверидж: трактовка и соотношение / М.С. Власова., Л.Ю. Ласкина // Финансовая аналитика: проблемы и решения. -2014. -№40. -С. 37.
- 8 Внешняя торговля РФ (по методологии платежного баланса) [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>. -11.09.2014.
- 9 Регионы России. Социально-экономические показатели – 2014 г. (по методологии платежного баланса). [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>. -11.09.2014.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *регион, глобализация, критериальный подход, объем накопленных иностранных инвестиций, валовой региональный продукт*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Краморенко Мария Ивановна, старший преподаватель ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *Варакса Анна Михайловна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ» 194353, г. Санкт-Петербург, пр.Большой Сампсониевский, 63, ФГБОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ*

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

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА РОСТА РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Н.М. Мжельская

ANALYSIS OF GROWTH POTENTIAL OF RUSSIAN AVIATION MARKET

Siberian state transport university

N.M. Mzhel'skaya

The paper presents the analysis of growth potential of Russian aviation market. It is noted that in comparison with countries with developed aviation market the propensity to fly of Russian population is far from its maximum level and has good potential for further growth due to development of industry and country's economy. The paper highlights the factors that determine the level and dynamic of aviation mobility of population as well as identifies the correlation between the aviation mobility rate and GDP per capita (PPP) of population.

Keywords: aviation mobility of population, aviation mobility rate, growth potential of Russian aviation market, system problems of Russian transport industry development, correlation ratio

Представлен анализ потенциала роста рынка авиационных перевозок России. Отмечено, что в сравнении со странами с развитым рынком авиаперевозок авиационная мобильность населения России еще далека от своего предельного значения и имеет хороший потенциал для дальнейшего роста по мере развития отрасли и экономики страны в целом. Выделены факторы, определяющие величину и динамику уровня авиационной подвижности населения. Выявлена корреляция между уровнем авиационной подвижности населения и уровнем среднедушевого ВВП.

Согласно данным, опубликованным Всемирным Банком за 2014 г., мировой пассажиропоток составил 3,2 млрд. человек, что на 6,3% выше уровня 2013 г. При расчете показателя пассажиропотока по странам Всемирный Банк учитывает отправленных и прибывших пассажиров, перевезенных авиакомпаниями, зарегистрированными в данной стране. Россия в этом списке занимает 13-е место с объемом пассажиропотока 2,2% от мирового. При этом авиакомпании первых 15 стран, среди которых лидируют США, Китай и Великобритания, перевозят более 70% мирового пассажиропотока (таблица 1). Темпы роста пассажиропотока, перевезенного авиакомпаниями России в 2014 г. по данным Всемирного Банка в 1,5 раза превышают средний мировой показатель и составляют 9,4%.

Таблица 1 – Пассажиропоток стран по данным Всемирного Банка

Страна	Пассажиропоток, млн. пасс.		Прирост 2014 г./2013 г., %	Доля от мирового пассажиропотока, %
	2013 г.	2014 г.		
Всего	3023	3214	6,3	100,0
США	743	763	2,6	23,7
Китай	353	391	10,8	12,2
Великобритания	118	125	5,7	3,9
Япония	106	111	4,4	3,4
Германия	105	108	2,4	3,3
Ирландия	96	101	5,6	3,1
Бразилия	96	100	4,7	3,1
Индонезия	85	95	11,0	2,9
Турция	74	93	24,6	2,9
Индия	75	83	9,9	2,6
ОАЭ	69	76	10,3	2,4
Канада	72	76	5,6	2,4
Российская Федерация	66	72	9,4	2,2
Австралия	71	68	-4,5	2,1
Франция	67	63	-4,9	2,0
прочие	828	891	7,6	27,7

По данным Росавиации в 2014 г. в России было перевезено 93,2 млн. человек, что на 10,3% превышает уровень 2013 г. Несмотря на то, что к 2014 г. пассажиропоток вырос в 4 раза в сравнении с уровнем 2000 г., можно констатировать, что лишь в 2014 году был достигнут уровень РСФСР 1990 г. (рисунок 1) [1].

В последние годы пассажиропоток России растет опережающими темпами, особенно в сопоставлении со странами, характеризующимися развитым рынком авиаперевозок, такими

как США и странами Европейского Союза. Для сравнения в таблице 2 представлены среднегодовые темпы прироста (CAGR, Compound Average Growth Rate) пассажиропотока и ВВП на душу населения этих стран за период 2009-2013 гг. [2, 3].

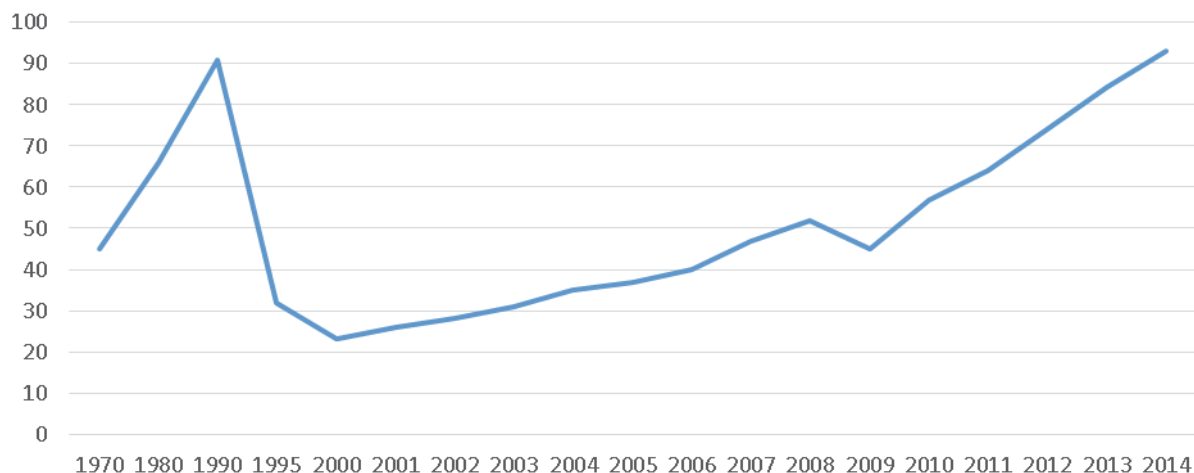


Рисунок 1 – Динамика относительного изменения пассажиропотока РФ, 1970-2014 гг.

Таблица 2 – Сравнение среднегодовых показателей прироста пассажиропотока и ВВП на душу населения России с показателями США и Европейского Союза в 2009-2013 гг., %

Страна	CAGR пассажиропотока	CAGR ВВП на душу населения
США	2	3
Европейский Союз	2	2
Россия	17	7

За период 2009-2013 гг. среднегодовые темпы роста пассажиропотока в России составили 17%, что почти в 2,5 раза превышает среднегодовые темпы прироста среднедушевого ВВП страны в размере 7%. В странах с развитым рынком авиаперевозок, таких как США и страны Европейского Союза, среднегодовой темп прироста пассажиропотока за этот период существенно ниже и составляет порядка 2%, что примерно соответствует темпам прироста ВВП на душу населения. Это свидетельствует о том, что на развитых рынках рост спроса пропорционален повышению благосостояния населения. В России же рынок авиаперевозок находится еще на этапе становления, что объясняет высокие темпы роста, превышающие темпы роста доходов населения. Это свидетельствует о наличии ряда сопутствующих факторов, оказывающих влияние на спрос. Таким образом, можно сделать вывод о том, что авиационная мобильность населения России еще далека от своего предельного значения и имеет хороший потенциал для дальнейшего роста по мере развития отрасли и экономики страны в целом.

Для проведения более глубокого анализа уровня авиационной мобильности населения России и потенциала его роста, рассмотрим такой показатель, как коэффициент авиационной подвижности населения.

Коэффициент авиационной подвижности – это отношение количества суммарных отправок пассажиров из аэропортов страны к численности населения в стране. Данный показатель характеризует среднее количество авиаперелетов, приходящихся на одного жителя страны [4].

Исходя из определения, авиационная подвижность населения, по сути, является индикатором доступности авиаперевозок для населения. Основными драйверами роста показателя являются:

- рост благосостояния населения;
- снижение стоимости авиабилетов;
- наличие достаточного предложения провозных емкостей, соответствующего уровню потенциального спроса.

Можно выделить следующие факторы, которые определяют величину и динамику уровня авиационной подвижности населения той или иной страны:

- Динамика макроэкономических показателей. Подвижность населения страны растет,

прежде всего, по мере роста благосостояния населения, а также роста деловой активности бизнес-сообщества. Поэтому основными макроэкономическими показателями, влияющими на динамику изменения подвижности, являются ВВП и ВВП на душу населения, а также степень расслоения общества по уровню среднедушевых доходов.

В России, помимо высоких среднегодовых темпов прироста ВВП на душу населения по итогам последних лет, меняется структура населения по величине среднедушевых доходов. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики РФ [5] за 2008-2014 гг. доля жителей с более высокими доходами стабильно растет, а с низкими – уменьшается, что также стимулирует спрос на авиаперевозки (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение населения России по величине среднедушевых доходов в 2008 и 2014 г., %

Среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.	2008 г.	2014 г.
до 5 000,0	15,9	3,3
от 5 000,1 до 7 000,0	12,6	4,8
от 7 000,1 до 9 000,0	11,7	6,1
от 9 000,1 до 12 000,0	14,5	10,0
от 12 000,1 до 15 000,0	10,9	9,9
от 15 000,1 до 20 000,0	12,3	14,4
от 20 000,1 до 25 000,0	7,5	11,4
от 25 000,1 до 30 000,0	4,7	8,8
от 30 000,1 до 35 000,0	3,0	6,7
от 35 000,1 до 40 000,0	6,9	5,1
от 40 000,1 до 50 000,0	–	7,0
от 50 000,1 до 60 000,0	–	4,2
свыше 60 000,0	–	8,3

– Уровень зрелости авиационного рынка. Степень развитости рынка авиаперевозок определяется, прежде всего, наличием достаточного и диверсифицированного предложения, удовлетворяющего спрос со стороны различных сегментов пассажиров (от лоу-кост сегмента до премиум-класса) и обеспечивающего наличие здоровой конкуренции между перевозчиками. Конкурентный и диверсифицированный рынок обеспечивает большую доступность авиаперевозок для населения. Формирование такого рынка возможно только при условии максимально эффективного взаимодействия всех участников рынка авиаперевозок.

В России в настоящее время на многих направлениях внутрироссийских перевозок, в особенности региональных, наблюдается дефицит провозных емкостей, а также отсутствие конкуренции между авиаперевозчиками, что ограничивает доступность авиаперелетов для населения. Постепенное развитие лоу-кост (low-cost) сегмента и государственные программы субсидирования региональных перевозок способствуют росту предложения и снижению тарифов, что стимулирует мобильность населения страны.

– Демографическая ситуация. Численность населения и изменение его структуры может оказывать непосредственное влияние на подвижность населения. Например, процесс урбанизации населения способствуют повышению авиационной мобильности.

В России доля городского населения на 01 января 2014 г. составила 74,2% от общей численности. По степени урбанизации наша страна находится на 51 месте в мире. Это достаточно высокий показатель, который соответствует уровню таких стран как Германия, Болгария, Швейцария, Чехия, Турция. При этом согласно статистическим данным процесс урбанизации продолжается, что постепенно увеличивает степень вовлеченности населения в транспортную систему [6].

– Географическое положение страны. Подвижность населения обычно выше у островных государств, стран с большой территорией, а также стран, имеющих труднодоступные регионы с ограниченным наземным сообщением.

Россия является самой большой по территории страной в мире с площадью 17 млн. кв. км, что почти вдвое превышает следующую по величине страну – Канаду. Большая протяженность территории как с Запада на Восток, так и с Севера на Юг, а также наличие труднодоступных территорий, где авиационный транспорт является единственным средством сообщения, придает особое значение развитию воздушных перевозок.

– Наличие соответствующей аэропортовой инфраструктуры. Для достижения потенциального уровня авиационной подвижности населения страна должна обеспечить наличие достаточного количества аэропортов для охвата всей территории и населения страны, об-

ладающих соответствующей наземной инфраструктурой для удовлетворения потенциально-го спроса.

В настоящее время авиатранспортная инфраструктура большинства региональных аэропортов находится в достаточно плачевном состоянии. Несмотря на это аэропортовая отрасль постепенно вступает в эпоху модернизации, чему в первую очередь способствует приток частных инвестиций [7]. Кроме того, в последние годы очень серьезный импульс в развитие и модернизацию аэропортовой инфраструктуры был запущен государством: в 2013 г. Правительство РФ утвердило новую редакцию Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., одним из приоритетных направлений которой является; реализуется подпрограмма «Гражданская авиация» в рамках федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 гг.)», основной целью которой является развитие объектов инфраструктуры воздушного транспорта, согласно которой будет сформирована опорная сеть аэропортов, будут построены и реконструированы 103 взлетно-посадочных полосы, в том числе 10 из них – в крупных международных узловых аэропортах. В рамках подпрограммы уже была осуществлена модернизация ряда аэродромов за счет федерального и внебюджетного финансирования. Общий объем финансирования подпрограммы составит более 1,7 трлн. руб., из которых более 1,2 трлн. руб. – внебюджетные средства [8].

– Наличие аэропортов-хабов. Хабовая модель развития аэропортов позволяет мультиплицировать объемы пассажиропотока за счет притяжения трансферных потоков из других стран. В связи с этим в странах, в которых есть крупные аэропорты-хабы, показатель подвижности выше. К таким странам можно отнести Объединенные Арабские Эмираты и Сингапур.

В настоящее время в России можно выделить 2 крупных хабовых авиаузла – МАУ и Санкт-Петербург. Однако их перегруженность и очевидный перекося маршрутной сети в сторону столичных аэропортов подталкивают аэропортовых операторов к формированию посадочных узлов (хабов) в регионах, которые в будущем помимо внутрироссийских хабов потенциально могут стать пунктами транзитной посадки на направлениях Европа – Юго-Восточная Азия.

Рассмотрим, как соотносится показатель авиационной подвижности населения в России в сравнении с некоторыми странами Европы и Евросоюзом в целом, а также существует ли корреляция между уровнем авиационной подвижности населения и уровнем среднедушевого ВВП (по паритету покупательной способности). Для анализа использовались данные Федерального Агентства Воздушного Транспорта [2] Всемирного Банка [3] и Евростата [9] за 2013 г. (рисунок 2). Период анализа ограничивается 2013 г. из-за отсутствия статистических данных о пассажиропотоке стран Европейского союза по итогам 2014 г.

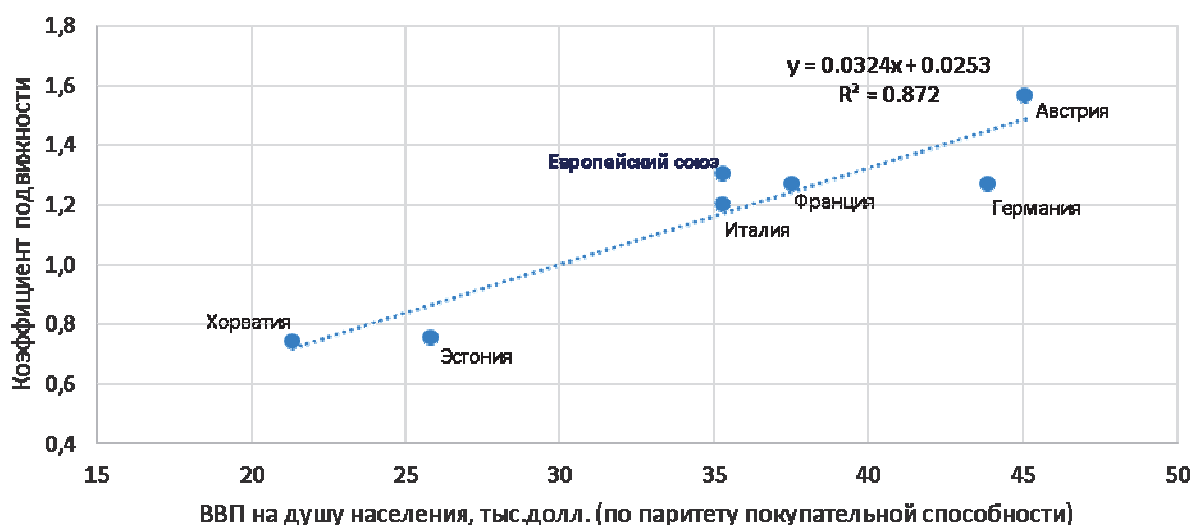


Рисунок 2 – Связь между показателями подвижности населения и ВВП на душу населения некоторых стран континентальной Европы в 2013 г.

Как видно из рисунка 2, уровень авиационной подвижности населения в России по состоянию на 2013 г. составил 0,59 при ВВП на душу населения 25 тысяч долларов США. В

Австрии, Германии, Франции и Италии показатель авиационной подвижности выше, при этом ВВП на душу населения также превышает уровень РФ. Эстония имеет сопоставимый с Россией уровень среднедушевого ВВП, однако авиационная подвижность населения составляет 0,75, что на 27% выше, чем в России. В Хорватии даже при более низком ВВП на душу населения, уровень авиационной подвижности несколько превышает уровень РФ.

Основываясь на полученной линии тренда (см. рисунок 2) можно сделать следующие выводы:

– величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,87$, что соответствует коэффициенту корреляции $R = 0,93$ и свидетельствует о наличии достаточно высокой связи между показателями подвижности населения и ВВП на душу населения в этой выборке стран (согласно шкале Чеддока, оценивающей тесноту связи между показателями через коэффициент корреляции).

– связь между показателями выражается линейным уравнением $y = 0,0324x + 0,0253$.

Применив данное уравнение к России, можем определить потенциальный уровень авиационной подвижности населения, характерный для России при текущем ВВП на душу населения при условии наличия развитого рынка авиаперевозок. Потенциальный показатель авиационной подвижности для РФ по состоянию на 2013 г. составляет 0,84, что на 42% превышает фактический уровень.

Вышеприведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что в ближайшие годы при благоприятной экономической ситуации в стране и успешной реализации утвержденной Правительством РФ Транспортной стратегии России до 2030 г. можно надеяться на сохранение высоких темпов роста пассажирских перевозок.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г., направленная на создание эффективной конкурентоспособной транспортной системы страны, была принята Правительством РФ в 2008 г. Последняя редакция документа была утверждена в июне 2014 г.

В стратегии определены основные общесистемные проблемы развития транспортной отрасли Российской Федерации, которые состоят в следующем [10]:

- наличие территориальных и структурных диспропорций в развитии транспортной инфраструктуры;
- недостаточный уровень доступности транспортных услуг и мобильности населения;
- недостаточное качество транспортных услуг;
- низкий уровень экспорта транспортных услуг, в том числе использования транзитного потенциала;
- недостаточный уровень обеспечения транспортной безопасности;
- усиление негативного влияния транспорта на экологию.

Главными целями стратегии является устранение вышеуказанных проблем посредством реализации комплекса мероприятий на период до 2030 г. В сфере воздушных перевозок основными мероприятиями, которые будут способствовать развитию авиаперевозок и росту мобильности населения, являются следующие [10]:

- реконструкция существующих взлетно-посадочных полос и строительство новых взлетно-посадочных полос, реконструкция и развитие аэродромов и аэропортовых комплексов, модернизация аэронавигационной системы;
- развитие инфраструктуры аэропортов регионального и местного значения, особенно в труднодоступных районах Севера, Сибири, Дальнего Востока и приравненных к ним местностях;
- закупка пассажирских самолетов и стимулирование приобретения воздушных судов российского производства;
- совершенствование государственного регулирования и форм государственной поддержки при осуществлении социально значимых перевозок;
- совершенствование тарифного регулирования и государственной поддержки развития пассажирских перевозок;
- развитие хабовых технологий и совершенствование технологий обслуживания пассажиров.

Реализация мероприятий предусматривает активное вовлечение частного капитала в отрасль посредством реализации механизмов государственно-частного партнерства. Общая сумма капиталовложений в реализацию инвестиционных проектов в авиационной отрасли,

предусмотренных стратегий, составляет 8,1-9,5 трлн. руб., из которых 5,2-6,5 трлн. руб. – внебюджетные средства [10].

Реализация стратегии направлена на форсирование процесса формирования в России эффективного развитого рынка авиаперевозок к 2030 г. Однако, учитывая, что основные инфраструктурные мероприятия планируется завершить до 2020 г., в качестве оптимистического сценария развития событий можно предположить, что уже к 2025 г. Россия может приблизиться к уровню стран с развитым авиарынком.

Ниже представлены потенциальные показатели авиационной подвижности населения и пассажиропотока при условии, если уровень рынка авиаперевозок приблизится к уровню развитых стран к 2030 г. и если это произойдет к 2025 г. при двух сценариях среднегодового роста ВВП на душу населения:

Сценарий 1 – среднегодовой рост ВВП на душу населения составит 2%.

Сценарий 2 – среднегодовой рост ВВП на душу населения составит 4%.

Расчеты основаны на линейном уравнении зависимости коэффициента авиационной подвижности от ВВП на душу населения $y = 0,0324x + 0,0253$.

Таблица 4 – Показатели отрасли при достижении потенциала рынка к 2025 г. и 2030 г. при различных сценариях роста среднедушевого ВВП

Показатель	2025 г.		2030 г.	
	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 1	Сценарий 2
Среднегодовой прирост ВВП на душу населения, %	2,0	4,0	2,0	4,0
ВВП по ППС на душу, тыс. долл.	32	40	35	49
Подвижность населения	1,1	1,3	1,2	1,6
Прогноз численности (средний вариант), млн. чел.*	148,3	148,3	147,8	147,8
Прогноз пассажиропотока млн. пасс.	157,7	198,0	173,1	239,3
Среднегодовой прирост пассажиропотока, %	5	7	4	6

*-согласно среднему варианту прогноза изменения численности РФ на период до 2030 года, опубликованному Федеральной службой государственной статистики по состоянию на 06.02.2015.

Таким образом, в случае завершения процесса формирования в России развитого рынка авиаперевозок к 2025 г., коэффициент авиационной подвижности вырастет к этому году до показателя 1,1-1,3 (157-198 млн. пассажиров) в зависимости от темпов роста среднедушевого ВВП, что соответствует среднегодовому приросту пассажиропотока на 5-7% за период до 2025 г. Если это произойдет к 2030 г., то пассажиропоток к этому году вырастет до 173-239 млн. пассажиров с коэффициентом авиационной подвижности 1,2-1,6 и среднегодовым приростом пассажиропотока на 4-6%.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать наличие большого потенциала роста пассажирских авиаперевозок в ближайшие 10-15 лет, а, соответственно, производственных и финансовых показателей российских аэропортов, что делает аэропортовую отрасль все более привлекательной для частных инвесторов. Однако по мере становления рынка и усиления конкуренции возможность достижения максимального потенциала будет во многом зависеть от эффективности системы управления аэропортовым бизнесом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Российский статистический ежегодник. 2011. -М.: Росстат, 2011. -795 с.
- 2 Федеральное Агентство Воздушного Транспорта. -Режим доступа: <http://www.favt.ru>.
- 3 Всемирный Банк. -Режим доступа: <http://www.worldbank.org>.
- 4 Airports International. Словарь терминов. -Режим доступа: <http://www.airportsint.ru>.
- 5 Федеральная служба государственной статистики. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
- 6 Департамент ООН по экономическим и социальным вопросам: рейтинг стран мира по уровню урбанизации. -Режим доступа: <http://hdr.undp.org>.
- 7 Мжельская, И.В. Драйверы стоимости компании транспортной инфраструктуры в системе стоимостного менеджмента / И.В. Мжельская, Н.М. Мжельская // Сиб. финанс. шк. -2015. -№5. -С. 100-105.
- 8 Постановление Правительства России от 05 декабря 2001 года №848 О Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)».
- 9 Статистическая служба Европейского союза. -Режим доступа: <http://ec.europa.eu/eurostat>.
- 10 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. №1032-р).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: авиационная мобильность населения, коэффициент авиационной подвижности населения, потенциал роста рынка авиационных перевозок в России, общесистемные проблемы развития транспортной отрасли Российской Федерации, коэффициент корреляции

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Мжельская Наталья Михайловна, преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМИ РЕСУРСАМИ

Центральная дирекция управления движением – филиал
ОАО «РЖД»

А.А. Власенский

THE DEVELOPMENT MODEL OF CONTROL TRACTION RESOURCES

Central directorate of motion control – branch of Russian Railways

A.A. Vlasenskiy

The article presents the main points of the definition of regional zones of control locomotives and locomotive crews, as well as the operating conditions of the traction control system resources.

Keywords: railways, locomotives, locomotive crews, ground, traction control system resources, traction control center resources

Представлены основные положения по определению региональных зон управления локомотивами и локомотивными бригадами, а также условия функционирования систем управления тяговыми ресурсами.

В крупных технических системах (больших системах), таких как отрасли хозяйства, транспортные, энергетические и другие системы, иерархические структуры формируются в ходе их естественного развития. К таким системам, несомненно, относится и система управления тяговыми ресурсами (СУТР) на сети ОАО «РЖД», в которой осуществляется управление локомотивами (Л) и локомотивными бригадами (ЛБ).

На этапе функционирования российского железнодорожного транспорта до 1917 г. сетевого уровня управления Л и ЛБ не существовало, так как железные дороги были как «казенными» (государственными), так и частными с собственным локомотивным парком. После национализации железных дорог в СССР постепенно образовалась четырехуровневая система (сеть-железные дороги-отделения железных дорог-линейный уровень) с региональными зонами управления Л и ЛБ в границах железных дорог, число которых изменялось в разное время от 25 до 54 (в границах СССР) и дополнительно в пределах ~70-100 отделений железных дорог. Трехуровневая структура сформировалась в 1990-е гг. с региональным управлением тяговыми ресурсами в границах железных дорог, так как отделения железных дорог были ликвидированы.

На региональном уровне, состоящем из n подсистем большой системы СУТР (каждая из n подсистем включает в себя некоторое количество УОЛ – участков обращения Л, и УРЛБ – участков работы ЛБ), на основе заданий сетевого уровня и фактического состояния подсистем вырабатываются решения для всех подразделений линейного уровня, который включает в себя технические и стыковые станции, эксплуатационные депо, пункты технического обслуживания Л, пункты смены ЛБ и др.

Подсистемы регионального уровня управления, по существу, представляют собой зоны управления Л и ЛБ в некоторых границах.

Понятие «региональная зона управления Л и ЛБ» ранее не рассматривалось, поскольку такие зоны полностью определялись границами железных дорог. При изменении границ железных дорог соответственно менялись и границы региональных зон управления Л и ЛБ.

В современных условиях, когда в ОАО «РЖД» реализована вертикально интегрированная структура управления перевозочным процессом по направлениям деятельности, возможно несовпадение границ железных дорог с границами управления движением и в частности с границами зон управления тяговыми ресурсами.

Изменение условий выполнения перевозочного процесса в последние десятилетия вызвали появление технологического требования изменения таких границ.

Укрупненные зоны управления Л и ЛБ, которые могут включать в себя участки нескольких железных дорог, стали называть полигонами управления, а технологии перевозочного процесса на таких полигонах – полигонными технологиями.

Выбор границ региональных зон управления в современных условиях зависит от технико-технологического состояния и условий функционирования «большой системы» СУТР. Можно выделить четыре основных фактора, влияющих на выбор таких зон:

– F_1 – наличие грузопотоков, обеспечивающих формирование составов, следующих между техническими станциями регионального полигона управления с высокой степенью транзитности поездопотока;

– F_2 – обеспечение возможности следования транзитных поездов в пределах регионального полигона управления без перелома массы (длины) составов (по устройствам инфраструктуры и тяги);

– F_3 – изменение размеров полигонов сети обращения однотипных локомотивов (электровозов переменного – $\mathcal{E}_{пер}$ и постоянного – $\mathcal{E}_{пост}$ тока, тепловозов – T), обеспеченных тяговой инфраструктурой – ТЧЭ, ПТОЛ и др.;

– F_4 – обеспечение региональных полигонов управления информационно-управляющим ресурсом.

Перечисленные факторы определяют состояние технико-технологической базы и условий функционирования региональных полигонов управления тяговыми ресурсами. Отметим тенденции их изменения, которые имели место в последние десятилетия.

По фактору F_1 – это образование на сети мощных грузопотоков со следованием значительного числа поездов на большие расстояния по полигонам, включающих несколько железных дорог, без переформирования в пути следования.

По фактору F_2 – это развитие технических средств (инфраструктуры и тяги) на направлениях концентрации грузопотоков по полигонам нескольких железных дорог, позволяющее на направлениях большой протяженности по полигонам, включающим несколько железных дорог, водить поезда повышенной массы и длины без переработки, то есть без изменения массы (длины) поездов, а, значит, и без отцепки локомотивов.

По фактору F_3 – это образование крупных полигонов тяги, включающих в себя полигоны нескольких железных дорог, по которым локомотивы могут свободно передвигаться на расстояния 3000-4000 км и более. Это полигоны: электрической тяги с постоянным током ($\mathcal{E}_{пост}$), электрической тяги с переменным током ($\mathcal{E}_{пер}$), тепловозной тяги (T); что обеспечило образование протяженных участков обращения локомотивов (УОЛ).

По фактору F_4 – это повышение качества работы различных информационных систем (АСОУП-2, ДИСТПС, АСУ_{лок} и др.), которые в настоящее время позволяют организовывать управление тяговыми ресурсами на полигонах большой протяженности.

Условия функционирования СУТР можно рассмотреть применительно к двум периодам времени: исходному периоду с региональными зонами управления тяговыми ресурсами в границах железных дорог – $T_{и}$ и расчетному периоду с измененными границами региональных полигонов управления – $T_{р}$ – современный период.

Определяется переход состояния системы от периода $T_{и}$ к периоду $T_{р}$ по основным факторам (причинам), влияющим на размещение границ региональных полигонов управления Л и ЛБ, то есть в терминах теории множеств

$$S^u \{s_i^u\}_n \rightarrow S^p \{s_j^p\}_m, \text{ при } m < n, \quad (1)$$

где $S^u \{s_i^u\}_n$ – множество зон управления тяговыми ресурсами на сети железных дорог в период $T_{и}$, включающих в себя n элементов – зон управления в исходном состоянии в границах железных дорог – s_i^u ;

$S^p \{s_j^p\}_m$ – то же в расчетный период, включающих в себя m элементов в расчетных границах укрупненных полигонов сети (полигоны из нескольких железных дорог).

Требуется определить границы региональных полигонов управления тяговыми ресурсами, то есть элементов множества S_j^p , соответствующие современным условиям функционирования СУТР.

В расчетный период времени множество $S^p \{s_j^p\}_m$, отражающее состояние «большой системы» СУТР определяется зависимостью

$$S^p \{s_j^p\}_m = f_1(A, B, C, D), \quad (2)$$

где A – множество, состоящее из элементов a_x – струй поездопотоков между техническими станциями сети, состоящих из поездов, следующих без переработки в пути следования, характеризующееся коэффициентом транзитности поездопотоков $\alpha_{мп}$;

- B – множество, состоящее из элементов b_y – маршрутов следования поездов в пределах регионального полигона управления без перелома массы (длины) составов, характеризующееся числом пунктов перелома массы (длины) составов $n_{прп}$;
- C – множество, состоящее из элементов c_z – возможных участков следования однотипных поездных локомотивов между техническими станциями полигона;
- D – множество, состоящее из элементов d_u – региональных полигонов управления тяговыми ресурсами, обеспеченные техническими средствами и информационным ресурсом для устойчивого управления регулированием Л и ЛБ.

Множество A может быть представлено в виде

$$A = GUE, \quad (3)$$

- где G – множество струй поездопотоков между техническими станциями по плану отправительской маршрутизации g_{ij} – элементы множества (здесь i, j – ближайшие к станциям отправления и назначения отправительского маршрута технические станции по пути его следования) с учетом отправительских маршрутов, формируемых на основе действия фактора F_1 ;
- E – множество струй поездопотоков между техническими станциями по плану технической маршрутизации $e_{\varphi\psi}$ – элементы множества (здесь φ, ψ – станции формирования и расформирования сквозных маршрутов по плану формирования) с учетом сквозных маршрутов, формируемых на основе действия фактора F_1 .

Определение элементов $b_{\alpha\beta}$ (здесь α, β – начальная и конечная станции для данных маршрутов) множества B производится на основе установления маршрутов следования поездов одинаковой массы (длины) в соответствии с графиком движения поездов между техническими станциями с учетом действия основного F_2 и дополнительного фактора $F_{2.1}$.

Множество может быть представлено в виде

$$C = HU/UK, \quad (4)$$

- где H – множество участков следования электровозов постоянного тока на ограниченном полигоне сети $h_{\gamma\eta}$ – элементы множества (здесь γ, η – начальный и конечный участки) с учетом действия фактора F_3 ;
- U – то же для электровозов переменного тока (элементы $i_{\epsilon\mu}$);
- K – то же для тепловозов (элементы $k_{\rho\tau}$).

Множество D включает в себя элементы d_u – информационные системы регионального уровня. В исходном периоде T_i элементы d_u являются информационными системами дорожного уровня. В расчетный период T_p эти элементы трансформируются для полигонного уровня в границах, определяемых множеством $S^p \{s_j^p\}_m$.

Графическая интерпретация функционала (2) для линейного полигона части сети представлена на рисунке. Рассмотрим данные этого рисунка более детально.

В качестве первого приближения при определении элементов s_j^p рассмотрим множество R включающее в себя элементы r_x – возможные максимальные пробеги локомотивов с поездами, следующими без переработки. Такое множество R определяется пересечением множеств

$$R = A' \cap B \cap C, \quad (5)$$

где A' – множество, включающее часть элементов множества A , представленных струями поездопотоков множеств G и E с максимальной длиной маршрута следования поездов.

Из рисунка видно, что для ограниченного полигона сети из двух железных дорог O_1 и O_2 множество A' представляется струей поездопотока g_{17} . При этом элемент множества R – r_{17} определяет максимальный пробег локомотивов с поездами, следующими без переработки (на рассматриваемой части полигона сети с железными дорогами O_1 и O_2). Данный элемент множества – r_{17} указывает на возможность достижения технико-экономического эффекта при образовании расчетного регионального полигона управления Л (и ЛБ) в пределах, ограниченных техническими станциями 1с (вкл.)-7с (вкл.). Это и есть один из элементов

множества $S^p \{s_j^p\}_m$, который обозначим $s_1^p = r_{17}$.

Указанный эффект может быть получен за счет того, что при переходе к полигону управления тяговыми ресурсами s_1^p часть поездов (струи поездопотоков n_{17}, n_{26}) обслуживаются на всем протяжении без отцепки локомотивов от составов.

Но возможны случаи, когда отсутствует струя поездопотока, подобная струе g_{17} (рисунок) или элемент множества $B - b_{\alpha\beta}$ может быть по протяженности менее элемента множества $H - h_{\gamma\eta}$. Это, однако, не значит, что необходимо обязательно изменять протяженность элемента s_1^p . Дело в том, что все локомотивы на полигоне сети, включающем технические станции 1с-7с, могут регулироваться как общий парк Л в соответствии со значениями элемента $h_{\gamma\eta}$, что по сравнению с региональными зонами управления на основе множества $S^u \{s_i^u\}_n$, обеспечивает

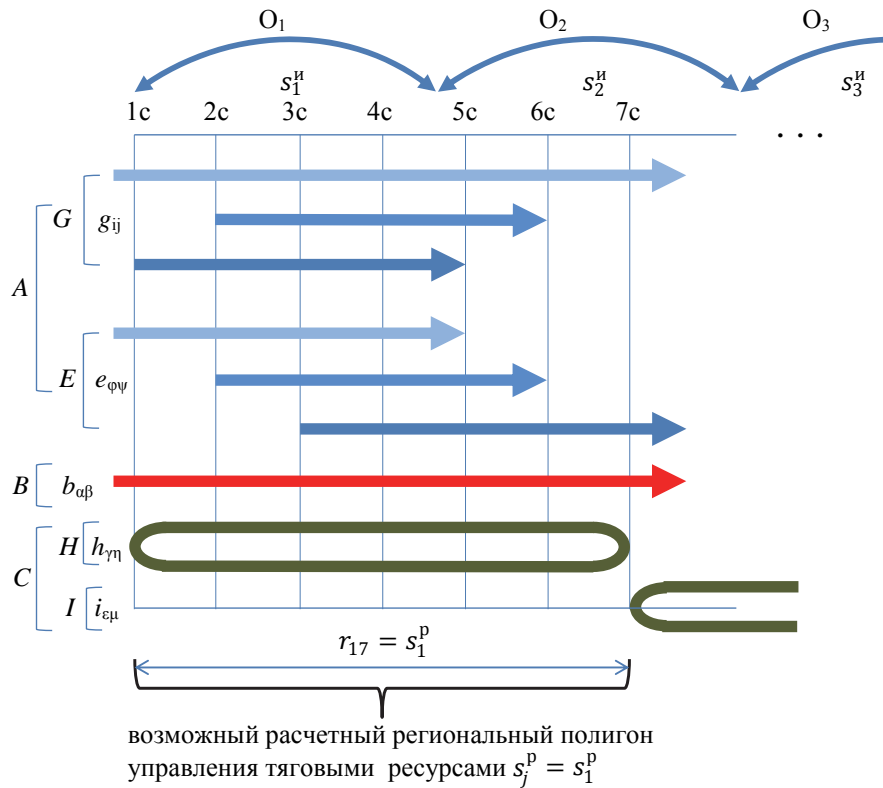


Рисунок – Графическая интерпретация функционала $S^p \{s_j^p\}_m$

лучшие условия для вывоза составов с технических станций и качества использования Л и ЛБ. В этом случае элемент s_1^p определяется на основе элемента $h_{\gamma\eta}$, то есть $s_1^p = h_{\gamma\eta}$. Важно при этом обеспечить высокую транзитность поездопотоков.

Подобным образом могут определяться элементы s_j^p и для других полигонов сети, включающим железные дороги O_3-O_{15} (Калининградская железная дорога для данных расчетов не включается в единую сеть).

Заметим, что расчетные полигоны, определяемые с использованием зависимости (6), включают в себя части полигонов, определяемые с использованием зависимости (5). Это относится и к достигаемому эффекту \mathcal{E}_s .

Таким образом, при определении множества $S^p \{s_j^p\}_m$ основным технологическим фактором является регулирование поездных локомотивов на основе использования их как общего парка, что позволяет улучшить выполнение качественных показателей эксплуатационной работы в части использования поездных локомотивов, локомотивных бригад и вагонного парка

$$S^p \{s_j^p\}_m = HU/UK, \tag{6}$$

при выполнении условий (ограничениях):

- $\alpha_{mp} \rightarrow \max$;
- $n_{npp} \rightarrow \min$;
- границы элементов d_{ij} множества D должны совпадать с границами элементов s_j^p ;
- при переходе $S^u \{s_i^u\}_n \rightarrow S^p \{s_j^p\}_m$ должен достигаться экономический эффект $\mathcal{E}_s \rightarrow \max$.

В данном случае \mathcal{E}_s – это экономия производственных затрат по перевозкам с учетом дополнительных затрат, связанных с переходом

$$S^u \{s_i^u\}_n \rightarrow S^p \{s_j^p\}_m.$$

Определение тяговых полигонов на основе функционалов (1), (2), (5) и (6) обеспечивает повышение эффективности функционирования управления тяговыми ресурсами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный транспорт, локомотивы, локомотивные бригады, полигон, система управления тяговыми ресурсами (СУТР), центр управления тяговыми ресурсами (ЦУТР)
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Власенский Артем Андреевич, заместитель начальника Центральной дирекция управления движением - филиал ОАО «РЖД»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 107174, г.Москва, ул.Каланчевская, 35, Центральная дирекция управления движением - филиал ОАО «РЖД»

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПассажиРОПОТОКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

В.Л. Перепельцев

METHODS OF PREDICTING PASSENGER HIGH-SPEED RAILWAY LINES
 Scientific research institute of railway transport
 V.L. Perepeltsev

In the article approaches to forecasting passenger high-speed line on the basis of multifactor models and range of factors for each region of the line of high-speed rail.

Keywords: multivariate regression model, forecasting, high-speed rail (HSR), passenger traffic

Предложены подходы к прогнозированию пассажиропотока высокоскоростной линии на основе многофакторных моделей и номенклатуре факторов для каждого региона линии высокоскоростной железнодорожной магистрали.

Величина пассажиропотока высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) формируется под действием не одного, а целой группы факторов [1], так как невозможно при определении величины пассажиропотока выделить один доминирующий фактор. Данную связь можно представить следующим выражением

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

где A – зависимая переменная (пассажиропоток ВСМ);

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – независимые переменные номенклатура факторов, определяющие величину пассажиропотока;

ε – ошибка модели (случайная величина).

Постановка задачи многофакторного прогнозирования: если принять A_i^{∂} – значение пассажиропотока для i -го наблюдения, x_{ij} – значение в i -ый момент наблюдения j -го фактора ($i = 1, 2, 3, \dots, n$; $j = 1, 2, 3, \dots, m$), то выражение можно записать как

$$\begin{cases} A_1^{\partial} = b_0 + b_1 x_{11} + b_2 x_{12} + \dots + b_m x_{1m} + \varepsilon_1; \\ A_2^{\partial} = b_0 + b_1 x_{21} + b_2 x_{22} + \dots + b_m x_{2m} + \varepsilon_2; \\ \dots \\ A_n^{\partial} = b_0 + b_1 x_{n1} + b_2 x_{n2} + \dots + b_m x_{nm} + \varepsilon_n. \end{cases} \quad (2)$$

Ограничениями для случайных величин $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ формируются из следующих условий [1, 2]:

– математическое ожидание случайной величины ε_n в любом наблюдении равно нулю

$$M(\varepsilon_i) = 0; \quad (3)$$

– дисперсия случайной величины ε_n является постоянной при всех наблюдениях

$$D(\varepsilon_i) = \sigma^2; \quad (4)$$

– значения случайного члена для всех наблюдений ε_i и ε_j не коррелируют между собой

$$C_0 V(\varepsilon_i \varepsilon_j) = \sigma^2, \text{ при } i \neq j. \quad (5)$$

Для решения системы уравнений введем обозначения:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \dots \\ A_n \end{pmatrix}; \quad b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}; \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}; \quad x = \begin{pmatrix} 1x_{11}x_{12}\dots x_{1m} \\ 1x_{21}x_{22}\dots x_{2m} \\ 1x_{31}x_{32}\dots x_{3m} \\ \dots \\ 1x_{n1}x_{n2}\dots x_{nm} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где A – матрица-столбец значения существующего пассажиропотока (зависимая переменная);
 b – матрица-столбец состоящая из коэффициентов уравнения;
 ε – матрица-столбец включающая случайные величины;
 x – матрица значений факторов (независимых переменных) оказывающих влияние на пассажиропоток ВСМ.

Таким образом, с учетом введенных обозначений уравнение (2) в матричной интерпретации примет вид

$$A = bx + \varepsilon. \quad (7)$$

Далее необходимо решить задачу по поиску вектора b^* , суть которого заключается в минимизации суммы квадратов отклонений значений (действительных) потока от значений определенных по формуле, можно решить исходя из следующего выражения:

$$S = \sum_{i=1}^n (A_i - \Delta_R^p b^*)^2 = (A - xb^*)' (A - xb^*), \quad (8)$$

где b^* – вектор оценок коэффициентов (неизвестных);
 Δ_R^p – вектор-строка ($\Delta_R^p = 1, x_k^1, x_k^2, \dots, x_k^m$);
 $(A - xb^*)'$ – матрица транспонированная.

Для получения системы нормальных уравнений, необходимо продифференцировать приведенное выше уравнение (8) по $b_0^*, b_1^*, b_2^*, \dots, b_m^*$ и приравнять производную нулю. После чего получим выражение

$$x'xb^* = x'A, \quad (9)$$

где x' – это транспонированная матрица x .

Путем преобразования формулы (9) можно найти искомый вектор b^* исходя из соотношения

$$b^* = (x'x)^{-1} x'A. \quad (10)$$

Решение данной задачи следует проводить в следующем порядке: найти произведение матриц $x'x$; определить обратную матрицу $(x'x)^{-1}$; найти произведение $x'A$; определить обратную матрицу $(x'x)^{-1} x'A$.

На основании приведенных математических методов прогнозирования произведем расчет перспективного пассажиропотока на новой выделенной высокоскоростной железнодорожной линии (на примере проекта Москва-Казань).

Для каждого региона количество объясняющих переменных будет своим ($M(k=10)$; $V(k=6)$; $H(k=7)$; $Ч(k=8)$; $К(k=10)$). Число наблюдений находится во временном промежутке с 2000 по 2011 годы (то есть $n=12$). Данные с 2012 по 2013 годы включаем в контрольную выборку. На основании предложенной схемы расчета были получены прогнозные модели для каждого региона прохождения ВСМ. Так для описания поведения пассажиропотока региона «М» получено следующее уравнение

$$A_n^M = -879,75 \cdot 10^3 + 399,9802 X_1 + 81,454 \cdot 10^{-6} X_2 + 1,403 \cdot 10^3 X_3 + (-1,484 \cdot 10^3) X_4 + 9,326 \cdot 10^{-3} X_5 + (-0,12) X_6 + 3,237 \cdot 10^{-3} X_7 + (-3,73 \cdot 10^{-3}) X_8 + 3,21 \cdot 10^{-3} X_9 + (-0,48 \cdot 10^{-3}) X_{10}, \quad (11)$$

где X_1 – порядковый номер года;
 X_2 – численность области, чел.;
 X_3 – городское население, %;
 X_4 – население в трудоспособном возрасте, в % от общей численности населения;
 X_5 – численность экономически активного населения, чел.;
 X_6 – среднедушевые денежные доходы населения, руб.;

- X_7 – число студентов, чел.;
- X_8 – численность пенсионеров, чел.;
- X_9 – валовой региональный продукт на душу населения, руб.;
- X_{10} – число предприятий и организаций, шт.

Оценку качества разработанной модели оцениваем коэффициентом детерминации R^2 и множественной корреляции R . Значение коэффициента детерминации R^2 находим по формуле

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{A}_i - \bar{A})^2}{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}, \quad (12)$$

- где \hat{A}_i – индивидуальные значения пассажиропотока по уравнению связи;
- \bar{A} – общее среднее значение пассажиропотока;
- A_i – значения пассажиропотока в рассматриваемый период.

Коэффициент детерминации R^2 отображает долю вариации изучаемого пассажиропотока под действием изучаемых факторов ($R^2 = 0,99952307825322$).

Коэффициент множественной корреляции R находим из следующего выражения

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{A}_i - \bar{A})^2}{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}} = 0,999761510688034. \quad (13)$$

Оценку точности разработанных моделей проведем на основании расчетов средней ошибки аппроксимации определенной по формуле:

$$E_{отн} = \frac{1}{n} \sum \frac{|A_i - \hat{A}_i|}{A_i} 100\%, \quad (14)$$

- где A_i – значения существующего пассажиропотока для i -го наблюдения;
- \hat{A}_i – значения предсказанного пассажиропотока для i -го наблюдения;
- n – число наблюдений.

Значения средней ошибки аппроксимации принято $E_{отн} \leq 12\%$ [2].

Оценка точности модели для региона «М» составила $E_{отн} = 0,565\%$. На основании полученного результата делаем вывод о достаточно высокой точности модели. Далее необходимо проверить значимость регрессионного уравнения на основе критерия Фишера F , который определяется по формуле

$$F = \frac{R^2}{k} \bigg/ \frac{(1-R^2)}{(n-k-1)}, \quad (16)$$

- где n – число наблюдений;
- k – число факторов в модели.

По результатам расчета критерия Фишера $F_{расч} = 628,734012446014$.

Для признания уравнения регрессии значимым необходимо выполнить сравнительный анализ критерия Фишера расчетного $F_{расч}$ с табличным значением $F_{табл}$ по условию $F_{табл} < F_{расч}$. Значение табличного критерия Фишера при $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $v_1 = k = 10$, $v_2 = n - k - 1 = 12 - 10 - 1 = 1$ равно 241,88.

Делая промежуточный вывод на основании расчета критерия F уравнение признается значимым в связи с тем, что при сравнении $F_{табл} (241,88) < F_{расч} (628,734012446014)$, то есть регрессионную модель можно применять для прогнозирования пассажиропотока рассматриваемого региона «М» входящего в состав одного из пунктов прохождения высокоскоростной магистрали.

В работе сформулированы многофакторные прогнозные модели по каждому пункту прохождения ВСМ.

Поведение пассажиропотока региона «В» описывается следующим уравнением

$$A_n^B = 2,205 \cdot 10^6 + (-1,137 \cdot 10^3) X_1 + 93,415 \cdot 10^{-3} X_2 + (-2,34) X_3 + 0,182 X_4 + 0,267 X_5 + (-0,098) X_6, \quad (17)$$

где X_1 – порядковый номер года;

- X_2 – численность области, чел.;
 X_3 – городское население, %;
 X_4 – население в трудоспособном возрасте, в % от общей численности населения;
 X_5 – численность экономически активного населения, чел.; X_6 – численность пенсионеров, чел.

$$R^2 = 0,803621969319498; R = 0,896449646839965;$$

$$E_{отн} (10,914\%) \leq 12\%; F_{табл} (4,95) < F_{расч} (5,77425586231409).$$

Поведение пассажиропотока региона «Н» описывается следующим уравнением

$$A_n^H = 258,427 \cdot 10^3 + (-141,3) X_1 + 222,288 X_2 + 111,106 X_3 +$$

$$+ 38,941 \cdot 10^{-3} X_4 + (-3,27 \cdot 10^{-3}) X_5 + 2,233 \cdot 10^{-3} X_6 + 0,01 X_7, \quad (18)$$

- где X_1 – порядковый номер года;
 X_2 – городское население, %;
 X_3 – население в трудоспособном возрасте, в % от общей численности населения;
 X_4 – среднедушевые денежные доходы населения, руб.;
 X_6 – число студентов, чел.;
 X_7 – валовой региональный продукт на душу населения, руб.
 X_8 – численность пенсионеров, чел.;
 X_9 – число предприятий и организаций, шт.

$$R^2 = 0,994838907681505; R = 0,997416115611486;$$

$$E_{отн} (1,33\%) \leq 12\%; F_{табл} (19,38) < F_{расч} (165,22065700536).$$

Для пассажиропотока региона «Ч» приведено следующее выражение

$$A_n^Ч = -5,841 \cdot 10^3 + 2,999 X_1 + (-0,241) X_2 + (-4,618) X_3 + (-0,33 \cdot 10^{-3}) X_4 +$$

$$+ 0,751 \cdot 10^{-3} X_5 + 0,36 \cdot 10^{-3} X_6 + 77,409 \cdot 10^{-6} X_7 + (-1,87 \cdot 10^{-3}) X_8, \quad (19)$$

- где X_1 – порядковый номер года;
 X_2 – сельское население, %;
 X_3 – население в трудоспособном возрасте, в % от общей численности населения;
 X_4 – среднедушевые денежные доходы населения, руб.;
 X_5 – число студентов, чел.;
 X_6 – численность пенсионеров, чел.;
 X_7 – валовой региональный продукт на душу населения, руб.;
 X_8 – число предприятий и организаций, шт.

$$R^2 = 0,998148167071475; R = 0,999073654477724;$$

$$E_{отн} (3,45\%) \leq 12\%; F_{табл} (8,85) < F_{расч} (336,878448811597).$$

Для пассажиропотока региона «К» сформулировано следующее выражение

$$A_n^K = -291,792 \cdot 10^3 + 129,602 X_1 + (-5,5 \cdot 10^{-3}) X_2 + 434,541 X_3 + 407,272 X_4 + (4,86 \cdot 10^{-3}) X_5 +$$

$$+ (-0,1404) X_6 + (-43,25 \cdot 10^{-3}) X_7 + 9,011 X_8 + (-1,63 \cdot 10^{-3}) X_9 + 69,059 \cdot 10^{-3} X_{10}, \quad (20)$$

- где X_1 – порядковый номер года;
 X_2 – численность области, чел.;
 X_3 – городское население, %;
 X_4 – население в трудоспособном возрасте, в % от общей численности населения;
 X_5 – численность экономически активного населения, чел.;
 X_6 – среднедушевые денежные доходы населения, руб.;
 X_7 – число студентов, чел.;
 X_8 – численность пенсионеров, чел.;
 X_9 – валовой региональный продукт на душу населения, руб.; X_{10} – Число предприятий и организаций, шт.

$$R^2 = 0,99937314307841; R = 0,999686522405104;$$

$$E_{отн} (1,68\%) \leq 12\% ; F_{табл} (241,88) < F_{расч} (478,278108763476).$$

Следующим этапом исследования является проверка прогнозных моделей на временном интервале контрольной выборки с 2012 по 2013 годы, данные регионов сведены в таблицу.

Таблица – Данные контрольной выборки 2012-2013 гг.

Регионы	Период контрольной выборки	Пассажиропоток региона	Предсказанный пассажиропоток региона	Ошибка
М	2012	25,30729	25,372290000	0,0025681770
	2013	25,06579	25,000800000	0,0025929200
В	2012	6,95700	6,712173138	0,0351914420
	2013	7,45900	6,638320431	0,1100254150
Н	2012	1,23860	1,276710112	0,0307687000
	2013	1,26720	1,254795275	0,0097890820
Ч	2012	0,34967	0,347204142	0,0070566910
	2013	0,39159	0,391132984	0,0011670780
К	2012	5,32781	5,327318058	0,0000922455
	2013	5,80162	5,801668576	0,0000085371

Проведенный анализ предсказанного пассажиропотока показывает небольшой разброс данных между существующими и предсказанными значениями.

На основе разработанной методики автором были разработаны многофакторные регрессионные модели прогнозирования пассажиропотока высокоскоростных железнодорожных линий. Оценка уравнений с учетом контрольного периода выборки дала высокую степень достоверности описания поведения пассажиропотока независимыми переменными (факторами), что позволяет сделать вывод о значимости разработанного метода детального анализа данных и достаточно высоком качестве разработанных прогнозных моделей на его основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правдин, Н.В. Прогнозирование пассажирских потоков. Методика, расчеты, примеры / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей. -М.: Транспорт, 1980. -222 с.
- 2 Бестужев-Лада, И.В. Рабочая книга по прогнозированию / И.В. Бестужев-Лада. -М.: Мысль, 1982. -430 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *многофакторная регрессионная модель, прогнозирование, высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСМ), пассажиропоток*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Перепельцев Вячеслав Леонардович, аспирант ОАО «ВНИИЖТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *129626, г.Москва, ул.3-ья Мытищинская, 10, ОАО «ВНИИЖТ»*

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОССИЙСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

В.Л. Перепельцев

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE RUSSIAN RAILWAY PASSENGER TRANSPORT AND ITS DEVELOPMENT PROSPECTS

Scientific research institute of railway transport

V.L. Perepeltsev

The article describes the existing market of passenger traffic on the infrastructure of JSC Russian Railways. The basic Sttu especially passenger rail. The analysis of the basic indicators of passenger railway complex. The main directions and priorities for improving the quality of the development of passenger rail.

Keywords: railway transport, passenger rail transportation, high-speed rail (HSR), passenger turnover, passenger traffic

Рассмотрен существующий рынок пассажирских перевозок на инфраструктуре компании ОАО «РЖД». Сформулированы основные особенности пассажирских железнодорожных перевозок. Проведен анализ основных показателей пассажирского железнодорожного комплекса. Определены основные направления повышения качества и приоритетные пути развития пассажирских железнодорожных перевозок.

Перевозки пассажиров железнодорожным транспортом играют важную роль в развитии социально-экономической сферы жизни граждан Российской Федерации (рисунок 1). Являются немаловажным фактором в становление культурных, спортивных, туристических и других видов связей в межобластном и в межгосударственном сообщении. Все это формируется, прежде всего, в связи с огромными территориями страны, многообразием природно-климатических и ландшафтно-географических условий свободного передвижения [1]. Что также находит свое отображение в Конституции Российской Федерации [2] в части 1 статьи 27 и в 1 статье закона о праве на свободу передвижения [3].

Развитие существующего рынка перевозок железнодорожного транспорта в России началось 18 сентября 2003 г. с постановления Правительства Российской Федерации №585 о создании Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»).

Сегментация рынка пассажирских перевозок осуществляется по выделению основных видов сообщений пригородного и дальнего. Причем для повышения качества и роста эффективности перевозок ОАО «РЖД» создает в 2006 году специализированный филиал - Федеральную пассажирскую дирекцию. В 2009 году в результате реформы на базе дирекции начинает свое существование ОАО «Федеральная пассажирская компания» (переименованная 20 ноября 2014 года в АО «ФПК»).

На сегодняшний день железнодорожные пассажирские перевозки по инфраструктуре ОАО «РЖД» в дальнем следовании осуществляют следующие компании:

- дочерние и зависимые общества холдинга «РЖД» (доля в пассажирообороте 97%): АО «Федеральная пассажирская компания; ОАО «Пассажирская компания Сахалин»; ОАО «Кузбасс-пригород»;
- независимые перевозчики (доля в пассажирообороте 0,9%): ЗАО ТК «Гранд Сервис Экспресс»; ООО «Тверской экспресс»; ЗАО «ТрансКлассСервис»;
- филиалы ОАО «РЖД» (доля в пассажирообороте 2,1%): Дирекция скоростного сообщения.

В пригородном комплексе услуги предоставляются 26 пригородными пассажирскими компаниями (ППК), осуществляющими свою деятельность на 73 субъектах Российской Федерации.

Суммарный пассажирооборот за 2014 год на железнодорожном транспорте составил 128,8 млрд. пасс-км. Общее количество отправленных пассажиров составило 1070,3 млн. чел., из них 103,1 млн. чел. в дальнем следовании, 967,2 млн. чел. в пригородном сообщении и 3,9 млн. чел. в скоростном сообщении [4].

Основной особенностью пассажирских железнодорожных перевозок является высокая степень сезонной неравномерности (годам, месяцам года и часам суток) пассажиропотока. Для подтверждения неравномерности приведем пример (рисунок 2) на котором представлена динамика изменения пассажиропотока железнодорожного транспорта России за десятилетний период с разложением по месяцам.

На основании графиков (рисунок 2) можно сделать вывод о выраженной тенденции к снижению перевозок на железнодорожном транспорте в различные периоды года и значительной неравномерности перевозок.

Необходимо отметить «кризисный» 2009 год на протяжении, которого прослеживается существенное снижение перевозок железнодорожным транспортом, что подтверждает высокую тесноту связи социально-экономических факторов и рассматриваемого показателя.

Деятельность пассажирского железнодорожного комплекса ОАО «РЖД» оценивается двумя основными показателями пассажирооборотом и пассажиропотоком. В ходе исследования автором был проведен ретроспективный анализ, отображающий изменения пассажирооборота и пассажиропотока на железнодорожном транспорте России приведенный на рисунке 3 и 4 соответственно.

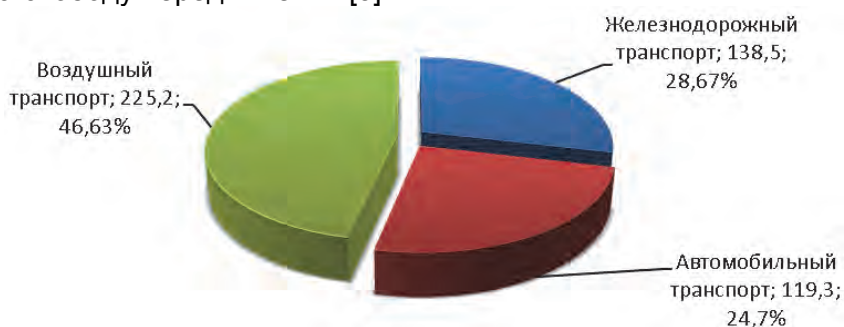


Рисунок 1 – Пассажирооборот по основным видам транспорта (млрд. пасс-км)

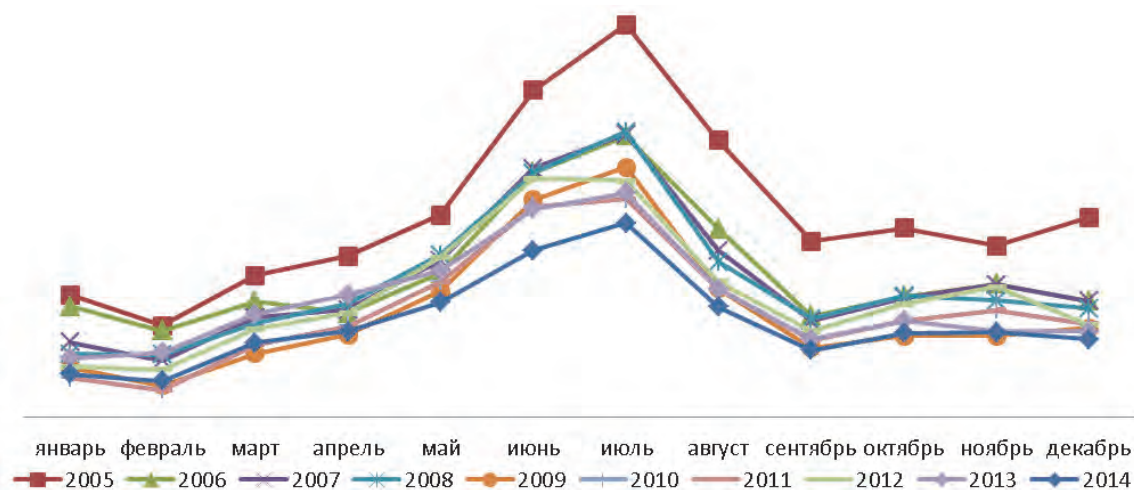


Рисунок 2 – Динамика изменения пассажиропотока на железнодорожном транспорте с 2005 по 2014 годы

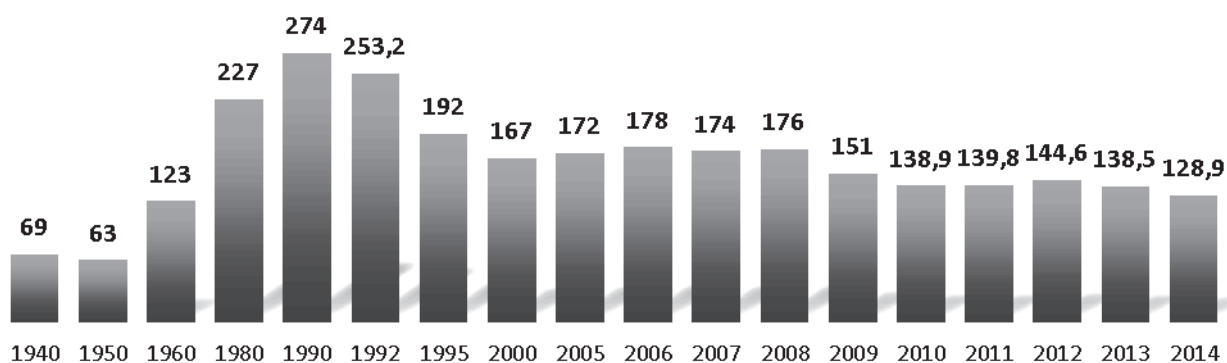


Рисунок 3 – Пассажирооборот на железнодорожном транспорте России (млрд. пасс-км)

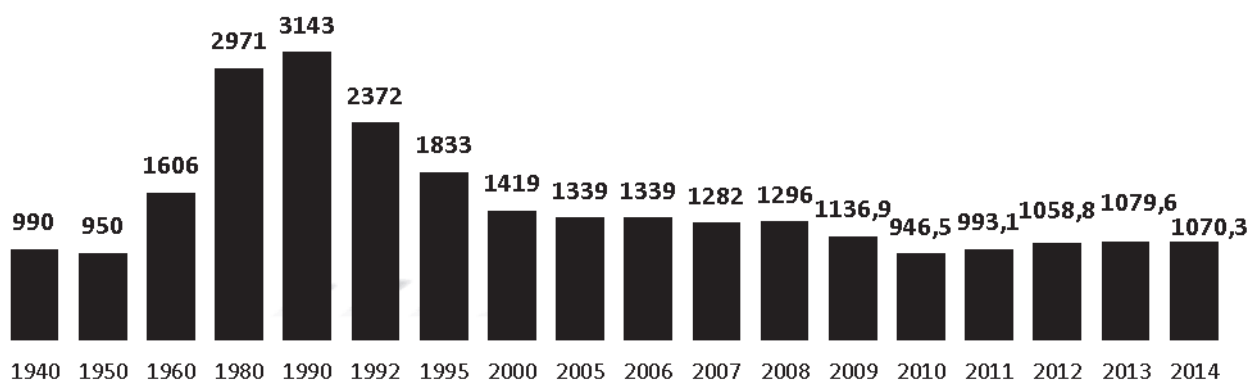


Рисунок 4 – Пассажиропоток на железнодорожном транспорте России (млн. человек)

Анализ позволил выявить следующее, с 1950 года по 1990 год наблюдается значительное увеличение пассажирооборота с 63 млрд. пасс-км до отметки 274 млрд. пасс-км. Разница составила 211 млрд. пасс-км или 335% на 1990 год в сравнении с 1950 годом.

Аналогичная картина наблюдается и с пассажиропотоком при среднем росте с 1940 года по 1990 год от 4-10%. Динамика изменения роста формировалась от отметки 950 млн. человек на 1950 год до отметки 3143 млн. человек на 1990 год, что составляет разницу 2193 млн. человек или 231%.

Переломный момент по величине пассажирооборота и пассажиропотока приходится на 90-ые годы XX века. Распад Советского Союза (19 августа 1991 года) и последующие политические реформы в стране стали ключевыми факторами снижения конъюнктуры рынка пас-

сажирских перевозок и существенному снижению основных показателей железнодорожной отрасли. Проводя анализ графиков, отображенных на рисунках 3 и 4 в период с 1992 года по 2010 год, наблюдается стремительная, волнообразная динамика по снижению пассажирооборота до отметки 138,9 млрд. пассажиро-километров, что сопоставимо уровню шестидесятых годов XX века (см. рисунок 3). Отрицательная динамика прослеживается и по пассажиропотоку до значения 946,5 млн. человек, что ниже отметки 1950 года (см. рисунок 4). Важно отметить, что с 2010 года по значению пассажиропотока прослеживается прирост, составляющий на 2014 год 123,8 млн. человек или 11,57%.

Проведенный анализ позволяет предположить, при существующих тенденциях в экономике государства, то есть как фактора влияющего на изменения величины пассажиропотока и, следовательно, значений текущего показателя в железнодорожной отрасли, что динамика перевозок останется в диапазоне числовых выражений показателей с 2000 по 2014 год без существенного изменения, в случае, если не будут приняты инновационные решения по развитию пассажирского железнодорожного комплекса в ближайшем будущем.

В связи со сложившимися тенденциями Правительством РФ с привлечением частных (компаний перевозчиков), системно ведут работу, по формированию правовой и экономической модели направленной на повышение конкурентоспособности всех видов и рынков доступного и высококачественного пассажирского транспорта. По итогу работы для железнодорожного пассажирского комплекса сформированы направления развития, получившие место быть в «Стратегии Развития транспорта Российской Федерации на период до 2030 года» [5], а также в «Стратегии развития железнодорожного транспорта на период до 2030 года» [6].

Из выше перечисленных документов можно сделать вывод о том, что основополагающим механизмом способным изменить снижение темпов пассажиропотока и пассажирооборота на железнодорожном транспорте – это стратификация пассажирского от грузового движения. Путем выделения пассажирских перевозок на отдельную вновь созданную высокоскоростную железнодорожную инфраструктуру. Которая в дальнейшем способна повлиять на развитие качественных, инновационных инструментов, ориентированных на клиента, целью которых должно стать притяжение большего числа пассажиров на железнодорожный транспорт [7].

Основным вопросом при строительстве и эксплуатации высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) является определение потребного парка дорогостоящих поездов ВСМ. Важно, чтобы количество поездов с одной стороны обеспечено качество обслуживания пассажиров, а с другой стороны не было избыточным. Решение этой задачи требует качественного подхода к определению перспективного пассажиропотока, расчету потребного парка поездов, разработки расписания движения и графика оборота составов [1].

Повышение качества железнодорожных пассажирских перевозок необходимо совершенствовать за счет: разработки требований к инновационному подвижному составу и новой инфраструктуре; совершенствования гибкого тарифного регулирования; развития перевозок из города в аэропорты (интермодальных); повышения скоростей следования пассажирских поездов; развития скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения.

Задачи, стоящие перед железнодорожной отраслью по развитию скоростных и высокоскоростных пассажирских железнодорожных перевозок должны решаться путем [5, 6]: общедоступности для всего населения РФ скоростных и высокоскоростных внутригосударственных и международных пассажирских перевозок, а также развития скоростных перевозок в пригородном пассажирском комплексе.

Таким образом, скоростной и высокоскоростной пассажирский транспорт способен послужить мощным драйвером в повышение качества жизни населения России, в разы увеличить доступность к экономическим центрам, значительно расширить границы социально-экономической деятельности вокруг городов. Должен создать абсолютно новые условия для формирования современных высокотехнологичных производств с вводом на рынок новых вакантных должностей для квалифицированных специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учебник для ВУЗов / П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарович и др. под ред. П.С. Грунтова. -М.: Транспорт, 1994. -543 с.

2 Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 №6-ФКЗ, от 30.12.2008 №7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ ч.1 ст.27.) // Собрание законодательства РФ, 04.08.2014, №31, ст. 4398.

3 Закон Российской Федерации от 25 июня 1993 г. №5242-1 «О праве граждан Российской Федерации на свободу пере-

движения, выбор места пребывания и жительства в пределах Российской Федерации» // Российская газета. 10 августа 1993. №152.

4 Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2014 год [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://ir.rzd.ru/dbmm/images/58/16757/144>. -30.08.2015.

5 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. №1032-р). // СПС КонсультантПлюс.

6 Стратегии развития железнодорожного транспорта на период до 2030 года [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3997&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704#5455. -30.08.2015.

7 Ольшанский, А.М. О новых подходах к организации работы магистральных железнодорожных линий / А.М. Ольшанский, Перепельцев В.Л. // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». -2013. -№6. -С. 51-55.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *железнодорожный транспорт, пассажирские железнодорожные перевозки, высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСМ), пассажирооборот, пассажирооборот*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Перепельцев Вячеслав Леонардович, аспирант ОАО «ВНИИЖТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *129626, г.Москва, ул.3-я Мытищинская, 10, ОАО «ВНИИЖТ»*

СТРАТЕГИЯ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.М. Бунеев

STRATEGY AND CONCEPT DEVELOPMENT OF THE SHIPPING COMPANY

Siberian state university of water transport

V.M. Buneev

Set out scientific approaches and methodological features of development of strategy of management and development concept of the shipping company.

Keywords: shipping company, development, strategy, concept

Изложены научные подходы и методические особенности разработки стратегии хозяйствования и концепции развития судоходной компании.

Для успешного функционирования и устойчивого развития любой экономической субъект обязан выработать для себя стратегию ведения хозяйственной деятельности, ориентированную на определенный сегмент рынка и современные условия, а также концепцию развития. Решение этих задач представляет собой сложную и ответственную процедуру. Необходимо обеспечить обоснованность принимаемых решений в сочетании с достоверностью информации о состоянии рынка транспортных услуг, перспектив его развития и современных условиях хозяйствования. Реализация этих требований предполагает формирование научной гипотезы, в соответствии с которой уровень спроса и предложения являются определяющими при разработке стратегии ведения хозяйственной деятельности и концепции развития. Конкурентоспособность транспортного предприятия обеспечивается, с одной стороны, за счет качества перевозок и рациональной тарифной политики, а с другой, посредством формирования системы конкурентных преимуществ. Методический инструментарий их разработки базируется на принципах системного подхода, теоретических положениях менеджмента и маркетинга, а также методов разработки управленческих решений [1, 3].

Важнейшими составляющими стратегии хозяйствования и концепции развития организации либо предприятия являются миссия и цели, так как ни одна организация не может функционировать без целевых ориентиров. Они отражают интересы различных групп людей, либо совокупностей людей, таких как собственники и сотрудники предприятия, покупатели (клиенты), деловые партнеры, местное общество и общество в целом.

В общем виде миссия должна включать в себя описание целевых ориентиров, сферы деятельности, философии предприятия, возможностей и способов осуществления деятельности, а также определенного имиджа в представлении внешней среды.

Миссия дополняется и детализируется конкретными целями и задачами.

Цели – это конкретное состояние отдельных характеристик предприятия, достижения которых для него являются желательными и на достижение которых направлена деятельность.

Назначение целей:

- исходные точки планирования
- основа построения организационных отношений;
- база системы мотивации;

– точка отсчета в процессе контроля и оценки результатов труда работников и деятельности компании в целом.

Цели должны отвечать следующим требованиям: конкретность, измеримость, гибкость, достижимость, совместимость, преемственность. Они различаются по времени: долгосрочные с периодом планирования 5 и более лет; среднесрочные от 3 до 5 лет; краткосрочные – на год и менее.

Цели определяются по основным сферам деятельности компании и уровне иерархии, обычно выделяются следующие:

- доходы, прибыль, производство товаров и услуг;
- работа с клиентами, качество обслуживания и маркетинг;
- благосостояние сотрудников, мотивация их работы;
- социальная ответственность и благотворительность.

По форме цели подразделяются на стратегические, тактические и оперативные задания, образуя единую систему. Стратегические цели определяют фундамент для формирования новых организационных изменений, производства продуктов и услуг с учетом внешней среды. Они являются экстраполяцией тактических целей и направлены на определение плановых объемов с учетом предполагаемых изменений. Оперативные цели представляют собой разработку конкретных показателей потребности компаний в оборотных средствах, рабочей силе и других ресурсов.

В практике хозяйственной деятельности при определении целей руководство компанией на первое место ставит прибыль, её максимизация. Это некоторый общепринятый ориентир. Однако, в реальности прибыль не всегда является единой целью предприятия. Оно функционирует, в конечном итоге, не ради денег, а ради достижения какой-либо выгоды потребителей. Любые заработанные деньги следует куда-то вкладывать. В связи с этим наряду с прибылью к корпоративным целям относятся расширение бизнеса и непрерывность деятельности.

Достижение этих целей входит в противоречие с целью максимизации прибыли, так как на поддержание непрерывности и развитие предприятия требуется большое количество финансовых ресурсов. Отдача их может быть в долгосрочной перспективе. Выбор целей здесь связан с рассмотрением вариантов быстрого либо стабильного роста, сокращения.

Следует отметить особенности определения миссии судоходной компании. Во-первых, она является предприятием внутреннего водного транспорта, который в свою очередь входит в состав транспортного комплекса России. Это обслуживающая отрасль и от нее во многом зависит эффективность функционирования экономической системы и устойчивое её развитие. Транспортные предприятия обеспечивают надежность и устойчивость процессов доставки грузов и перевозки пассажиров, полное удовлетворение требований к осуществлению государственных перевозок. А также решение оборонных, природоохранных и других задач. Во-вторых, миссия судоходной компании должна включать поиск устойчивого положения на рынке транспортных услуг, закрепление его за собой, осуществление грузовых и пассажирских перевозок на конкретных направлениях, перегрузочные работы, транспортно-экспедиторское обслуживание, расширение сферы деятельности, повышение её эффективности при одновременном снижении цен (тарифов).

Анализируя современный этап развития рынка транспортных услуг, положение здесь судоходных компаний, отмечается повышение конкуренции и потеря позиций некоторых крупных судоходных компаний (ОАО «Западно-Сибирское речное пароходство», ОАО «Иртышское пароходство» и ОАО «Амурское пароходство»). В то же время наметилась тенденция создания крупных объединений – холдинговых компаний. Таковыми являются в Обь-Иртышском бассейне ОАО «Томская судоходная компания», в Енисейском – ОАО «Енисейское речное пароходство», в Ленском – ОАО «Ленское объединенное речное пароходство, и ООО ХК «Якутский речной порт».

Положительным в этом является то, что таким образом более успешно реализуются проблемы надежного транспортного обеспечения отдаленных территорий Сибири и Дальнего Востока, Арктического побережья, а также нового освоения и развития здесь инфраструктуры.

Кроме того, положение таких объединений более устойчивое, повышается конкурентоспособность, а также открываются перспективы их развития, обновления флота и других технических средств. В частности, в ОАО «Томская судоходная компания» модернизируются буксиры-толкачи проекта 1741А мощностью 600 л.с. (пр.1741АМ). В ОАО «Енисейское реч-

ное парходство» пополняется несамоходный грузовой флот из нового судостроения, грузо-подъемностью 2000 и 3000 т.

Оценивая в целом эффективность деятельности судоходных компаний, фирм и предприятий по результатам приведенного анализа, отмечается, что средний уровень рентабельности перевозок составляет около 5%. Число прибыльных предприятий не превышает 50%. Следовательно, концепция развития судоходных компаний должна быть направлена, прежде всего, на поиск и реализацию решений, способствующих повышению эффективности их деятельности, рентабельности перевозок и использования флота, как основного ресурса, а также на формирование системы конкурентных преимуществ.

Предлагаемая концепция содержит два основных пути решений в достижении поставленных целей. Первый – совершенствование маркетинговой деятельности на внутреннем водном транспорте, а второй – реорганизация и развитие системы менеджмента судоходной компании.

На региональном (бассейновом) уровне возможны следующие направления маркетинговой деятельности:

- анализ размещения производительных сил и развития общественного производства, выявление тенденций и закономерностей с учетом влияния транспортных факторов;
- оценка спроса на рынке транспортных услуг и перспектив его развития под влиянием различных факторов;
- определение структуры перевозок и характеристик грузовых потоков, распределение их между видами транспорта;
- анализ и оценка сферы влияния речного транспорта, определение районов тяготения;
- установление общих тенденций и закономерностей функционирования речного транспорта и возможных перспектив развития;
- оценка транспортных возможностей хозяйствующих субъектов речного транспорта и предложений на региональном рынке транспортных услуг;
- анализ эффективности использования речного транспорта и внутренних водных путей в экономических проектах производительных сил и общественного производства региона, в хозяйственном освоении новых территорий;
- разработка рекомендаций и предложений повышения эффективности функционирования региональной речной транспортной системы и ее конкурентоспособности.

На уровне хозяйствующих субъектов отрасли (судоходные компании и др.) маркетинговая деятельность должна быть направлена на решение следующего комплекса задач:

- анализ и оценка своих транспортных возможностей (провозной способности флота), а также конкурентов;
- сегментирование рынка транспортных услуг и определение сферы интересов судоходной компании с учётом оценки поведения конкурентов;
- разработка комплекса мероприятий по привлечению грузов и пассажиров, переключения их с сухопутных видов транспорта, расширение сферы услуг;
- анализ и оценка уровня конкурентоспособности субъектов рынка транспортных услуг на основе изучения их возможностей и поведения;
- разработка и формирование системы конкурентных преимуществ судоходной компании.

Важнейшей составляющей концепции развития судоходной компании является система конкурентных преимуществ. Изучая спрос на перевозки грузов в бассейнах Сибири и Дальнего Востока, субъектов рынка транспортных услуг, их положение, уровень развития и возможности, определены основные направления формирования конкурентных преимуществ. Таковыми являются:

- повышение эффективности использования технических средств и прежде всего транспортного флота;
- обеспечение высокой производительности труда, внедрения новой техники, передовой технологии и рациональной организации перевозок и перегрузочных работ;
- экономия имеющихся ресурсов и бережливость в использовании средств;
- формирование и реализация рациональной тарифной политики, основанной на системе гибких научно-обоснованных тарифов и скидок;
- выработка оптимальной стратегии поведения судоходной компании на рынке транспортных услуг и реализация ее с учетом постоянно изменяющейся ситуации.

С учетом реалий современного состояния судоходных компаний и условий осуществле-

ния хозяйственной деятельности вышеизложенное может быть реализовано в следующих конкретных рекомендациях, предложениях и мероприятиях [2]:

- эксплуатация на основных маршрутах перевозок грузов экономически целесообразных (оптимальных) типов составов;
- оптимизация расстановки флота по направлениям перевозок и участков работы с учётом оценки факторов риска;
- рационализация режимов эксплуатации судовых двигателей и движения буксиров-толкачей с типовыми составами;
- формирование внутрибассейновых транспортно-логистических систем (ТЛС) доставки грузов местного производства и потребления;
- внедрение на судоремонте новых материалов и технологий.

Проведенные исследования и практика организации работы флота последних лет на реках восточных бассейнов позволили определить экономически целесообразные составы на самых востребованных маршрутах перевозок грузов: буксиры толкачи пр.1741, 1741А, Р-33ЛТ с двумя баржами пр. Р-56, Р-29, 16800.

Задача обоснования плана распределения флота по грузовым потокам и расстановка по участкам работы, на первый взгляд, кажется несложной и решается в судоходных компаниях в рамках навигационного планирования с учётом опыта и сложившихся традиций. Однако, результаты оптимизации, выполненной с помощью компьютерной программы «обобщенная транспортная задача» на примере СК «Якутск» свидетельствует об их различии по сравнению с планом, разработанным традиционным способом. Эксплуатационные расходы снижаются на 14%.

Кроме того, применение компьютерной программы позволяет получить несколько оптимальных планов использования флота на грузовых перевозках с учетом возможности оценки рисков в связи с нестабильностью грузопотоков, вероятностным характером глубин судового хода и других негативных факторов. Переход от одного плана к другому в оперативном режиме позволяет выработать оптимальную стратегию использования флота и снизить возможные убытки и потери судоходной компании.

Рационализация режимов эксплуатации судовых двигателей и движения буксиров-толкачей с типовыми составами осуществляется путем снижения числа оборотов при движении состава вниз до уровня, не превышающего 30% номинального значения. Таким образом, за счет экономии топлива снижаются эксплуатационные расходы по судну и себестоимость перевозок. Исследования, выполненные по типовым составам на основных направлениях перевозок грузов в Ленском и Обь-Иртышском бассейнах, показали, что эффект составляет порядка 8-14% снижения себестоимости перевозок. При этом провозная способность буксирного флота уменьшается на 2-3% и существенного значения не имеет.

Логистические технологии доставки грузов хорошо себя рекомендовали при организации мультимодальных перевозок, создания транспортно-логистических систем (ТЛС). Однако, предпосылки для их внедрения имеются в воднотранспортных бассейнах Сибири и Дальнего Востока. Таковыми являются наличие грузовых потоков продукции местного производства и потребления: нерудные строительные материалы, добываемые из русла реки, лесные и другие грузы.

В качестве примера нами исследована целесообразность формирования бассейновых ТЛС доставки гравийно-песчаной смеси, добываемой в устье реки Алдан потребителям Якутска, и каменного угля, добываемого в шахтах Джебарики-Хая – в пункты реки Вилюй. Расчётный экономический эффект в первом варианте составил 3 млн. руб. снижения эксплуатационных расходов при объеме перевозок 150 тыс. т.

При внедрении на судоремонте новых материалов и технологий рекомендуются разработки Сибирского государственного университета водного транспорта, успешно используемые для восстановления комплекса винт-насадка путем плазменного напыления. Это позволяет снизить расход топлива на 5% – за счёт уменьшения потребляемого движения крутящегося момента (мощности). Затраты на восстановление гребного винта ниже первоначальной стоимости на 40-50%, а срок службы увеличивается в 3-4 раза по сравнению с традиционным ремонтом.

Итак, изложенные рекомендации и предложения направлены на снижение эксплуатационных расходов по содержанию флота и себестоимости перевозок за счет экономии имеющихся ресурсов. В их минимизации состоит эффективность деятельности судоходной компании, а также проявляется одно из явных преимуществ реализации системы гибких тари-

фов и рациональной тарифной политики. Внедрение их не требует существенных финансовых средств. Кроме того, реалии таковы, что судоходные компании должны организационно развиваться. Основное содержание концепции такого развития изложено в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бунеев, В.М. Менеджмент на внутреннем водном транспорте / В.М. Бунеев, А.В. Зачёсов, Ю.В. Турищев. Под общ. ред. В.М. Бунеева. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -430 с.
2 Бунеев, В.М. Об эффективности деятельности судоходной компании / В.М. Бунеев, Р.В. Васильев, Е.А. Григорьев // Речной транспорт (XXI век). -2012. -№5. -С. 46-48.
3 Бунеев, В.М. Особенности маркетинговых исследований на речном транспорте / В.М. Бунеев // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012. -№2. -С. 60-62.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судоходная компания, развитие, стратегия, концепция
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бунеев Виктор Михайлович, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ОСОБЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ

М.И. Краморенко

SPECIAL ECONOMIC AREA IN RUSSIAN NATIONAL ECONOMY
Military medical academy named S.M. Kirov
M.I. Kramorenko

The article deals with special economic area in Russia. The list of special economic area with project investment cost is given. The article focuses on elements of national economic and influence of the SEA to them. The trends in modern economy and practical significance results are disgusts.

Keywords: special economic areas, national economy, innovative development, industrial production, tourist-recreational areas and logistics areas, gross regional product

Рассмотрено создание особых экономических зон как фактор инновационного развития российской экономики. Даны виды ОЭЗ на территории РФ и представлен их перечень по функциональному признаку. Выявлены особенности их влияния на функционирование национальной экономики, в том числе, на развитие транспортной системы регионов.

В настоящее время в России создается экономика, основанная на новых знаниях и инновациях. Правительством Российской Федерации формируются условия для массового появления новых инновационных компаний во всех секторах экономики. Одним из способов их создания выступает организация особых экономических зон [1]. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 года, особые экономические зоны обозначены как ключевой элемент развития инновационной экономики [2].

Цель нашей статьи – проанализировать значение особых экономических зон для российской экономики.

Статус федеральных зон определен Федеральным законом от 22 июля 2005 года «Об особых экономических зонах в РФ» №116 -ФЗ:

Особая экономическая зона (далее ОЭЗ) – это «часть территории Российской Федерации, которая определяется Правительством Российской Федерации и на которой действует особый режим осуществления предпринимательской деятельности, а также может применяться таможенная процедура свободной таможенной зоны» [1].

Следует отметить, что развитие ОЭЗ становится объективной необходимостью в эпоху глобализации. Как сказано у А.М. Варакса: «Правительства стран в законодательном порядке либерализовали международные экономические отношения. Это повлекло отмену барьеров на ввоз и вывоз капитала» [3,4]. А одним из наиболее простых способов либерализации выступает именно создание СЭЗ.

По состоянию на 1 июля 2013 года на территории Российской Федерации создано 27 ОЭЗ четырех типов: шесть ОЭЗ промышленно-производственного типа (например, в Республике Татарстан, Липецкой, Самарской, Свердловской, Псковской и Калужской областях);

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

пять ОЭЗ технико-внедренческого типа (в том числе в Москве и в Санкт-Петербурге); тринадцать ОЭЗ туристско-рекреационных (в том числе туристический кластер, состоящий из восьми ОЭЗ в Алтайском крае); и три ОЭЗ логистические (в Ульяновской, Мурманской областях и Хабаровском крае) [5]. ОЭЗ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы особых экономических зон в Российской Федерации

Тип ОЭЗ	Месторасположение	Количество резидентов	Год присвоения статуса ОЭЗ	Сумма инвестиций
Промышленные	Моглино	1	2012	Запланированные 2 881,5 млрд. руб.
	Людиново	2	2012	Осуществленные 2 600 млрд. руб.
	Алабуга	42	2005	Запланированные 83 211 млрд. руб. Осуществленные 23 000 млрд. руб.
	Липецк	23	2005	Запланированные 17 789 млн. руб. Осуществленные 7 533,58 млн. руб.
	Титановая долина	4	2010	–
Технико-внедренческие	Санкт-Петербург	33	2005	Запланированные 17 866 млн. руб. Осуществленные 8 102 млн. руб.
	Дубна	90	2005	Запланированные 17 171 млн. руб. Осуществленные 8 342,48 млн. руб.
	Зеленоград	37	2005	Запланированные 32 556,9 млн. руб. Федерального бюджета 7 198,4 млн. руб. Бюджет субъекта 15 487,32 млн. руб.
	Томск	58	2005	Запланированные 16 174,7 млн. руб. Осуществленные 7 136,08 млн. руб.
Туристические	Бирюзовая Катунь	17	2007	Запланированные 8,2 млрд. руб. Осуществленные 1,7 млрд. руб.
	Долина Алтая	8	2007	Запланированные 8,884 млрд. руб. Осуществленные 2,3 млрд. руб.
	Ворота Байкала	2	2007	Запланированные 11,8 млрд. руб.
	Балтийская гавань	12	2007	Осуществленные 2,7 млрд. руб.
Логистические	Ульяновск	6	2009	Запланированные 1 137 млн. руб. Осуществленные 50 млн. руб.
	Советская Гавань	1	2009	Федеральный бюджет 9 813,6 млн. руб. Региональный и местный 247,2 млн. руб.

Как видно из таблицы 1, наибольшее количество резидентов зарегистрировано в промышленных и технико-внедренческих ОЭЗ, 72 и 208 соответственно [5]. Обобщенные сведения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводная информация по показателям деятельности ОЭЗ в 2013 году (по данным Минэкономразвития)

Тип ОЭЗ	Общее количество резидентов в 2013 году	Количество рабочих мест	Объем инвестиций, млн. руб.	Финансовый результат деятельности резидентов, млн. руб.	Объем налогов, млн. руб.
Промышленные	83	6836	23582	47079	2030
Технико-внедренческие	220	3984	7626	17000	3316
Туристические	35	153	611	117	14,5

Несмотря на то, что они выделяются по территориальному либо функциональному признаку, ОЭЗ являются составной частью национальной экономики и активно взаимодействуют с ее подсистемами и элементами. Поскольку национальная экономика – это сложная система, которая состоит из взаимосвязанных подсистем, то изменения в одном из элементов влечет за собой трансформацию всей системы. Посмотрим влияние ОЭЗ на национальную экономику. Для удобства, мы будем использовать сегментацию А.М. Варакса, по мнению которой система национальной экономики состоит из семи подсистем: отношения по поводу воспроизводства природных ресурсов, физического капитала, инфраструктуры и потребительских благ (что представляет собой материально-техническую основу) [6]. А также под-

системы социально-трудовых отношений, финансовых и коммерческих отношений [7]. Исходя из данной сегментации, определим место ОЭЗ в экономике.

Организация ОЭЗ промышленно-производственного, технико-внедренческого типа и туристско-рекреационных позволяют активизировать отношения по поводу использования природных ресурсов и физического капитала за счет привлечения и аккумулирования средств, а также благодаря упрощению бюрократических процедур. Однако существует опасность расточительного использования природных ресурсов и нанесения ущерба окружающей среде. При этом для качественной работы данных ОЭЗ нужна развитая инфраструктура. Прежде всего, наличие системы автомобильных и железных дорог и обеспечение бесперебойной работы международных платежных систем (что в начале 2000-х годов представляло определенную проблему).

С логистическими зонами ситуация изначально другая, так как по функциональному назначению они являются вспомогательными и больше зависят от подсистемы общественно-организационных отношений, которая развита в РФ недостаточно высоко. Однако само создание ОЭЗ, особенно туристско-рекреационных и логистических, стимулирует развитие инфраструктуры и активизацию коммерческих отношений. В том числе, ОЭЗ, организованные по региональному признаку, приводят к развитию транспортной системы в этих регионах, и к росту плотности автомобильных дорог [8]. Проанализировав данные с 2009 по 2013 года, мы видим, что наилучшие показатели развития автомобильных дорог имеют: Алтайский край, Белгородская область, Татарстан, Ленинградская область, Кемеровская область (данные по городам Федерального значения – по Москве и Санкт-Петербургу отсутствуют), то есть кроме Белгородской области, это те регионы, где создавались ОЭЗ [8].

Инвесторов привлекают регионы, располагающие развитой транспортной и социальной инфраструктурой, высококвалифицированными кадрами, ценными природными ресурсами (например, Санкт-Петербург, Дубна). Особо популярны промышленные зоны. Продукция, выпускаемая там, отличается высокой конкурентоспособностью из-за относительно небольших издержек производства, обусловленных полным освобождением от пошлин и налогов ввозимого сырья и материалов и относительно низкими расходами на оплату труда местных рабочих [9, 10].

Таким образом, создание ОЭЗ в РФ является важным фактором как для вовлечения страны в мировое хозяйство, так и для развития национальной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» от 22 июля 2005 г. №116-ФЗ // Парламентская газета. 2005. 3 августа.
- 2 Распоряжение Правительства РФ «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г.» от 17 ноября 2008 г. №1662-р [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://ac.gov.ru/projects/public-projects/04840.html>. -17.05.2015.
- 3 Варакса, А.М. Глобализация как фактор финансовой неустойчивости / А.М. Варакса // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты. Материалы 3-ей междунар. науч.-практ. конф. (17-20 сентября 2013 года) / Под ред. А.А. Горохова. -Курск: Изд-во Юго-западного фед. ун-та, 2013. -С. 77.
- 4 Левицкий, Ю.В. Саморазвитие образования и науки как результат экономической глобализации / А.М. Варакса, Ю.В. Левицкий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. -2014. -№11. -С. 107.
- 5 Отчет о результатах функционирования особых экономических зон за 2013 год и за период с начала функционирования особых экономических зон. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: www.rosuez.ru. -16.02.2015.
- 6 Варакса, А.М. Комплексный подход к изучению национальной экономики / А.М. Варакса // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 6-9.
- 7 Варакса, А.М. Социально-трудовые отношения в устойчивом развитии национальной экономики: автореф. дис. ... канд. экон. наук./А.М. Варакса. -Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 2004. -18 с.
- 8 Регионы России. Социально-экономические показатели - 2014 г. (Таблица 17.4. Автомобильные дороги общего пользования). [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>. -11.06.2015.
- 9 Ласкина, Л.Ю. Проблемы страхования инвестиционных рисков / Л.Ю. Ласкина // Стратегия социально-экономического развития обществ: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты. Материалы 3-ей междунар. науч.-пр. конф. (17-20 сентября 2013 года) / Под ред. А.А. Горохова. -Курск: Изд-во Юго-западного фед. ун-та, 2012. -С. 109.
- 10 Безикова, Е.В. Государственное финансирование и государственная поддержка особых экономических зон на территории Российской Федерации / Е.В. Безикова // Вестник Томского государственного университета. -2012. -№3(5). -С. 5-10.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *особые экономические зоны, национальная экономика, инновационное развитие, промышленно-производственные, туристско-рекреационные и логистические зоны, валовой региональный продукт*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Краморенко Мария Ивановна, старший преподаватель ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *194353, г. Санкт-Петербург, пр.Большой Сампсониевский, 63, ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ*

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ (ПРОБЛЕМЫ КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО РЕШАТЬ)

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

А.П. Бобков, В.И. Тихонов, Р.С. Хвостов

THE IMPLEMENTATION OF SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS ON INLAND WATERWAYS (THE PROBLEMS THAT ARE NECESSARY TO BE SOLVED)

Volga state university of water transport

A.P. Bobkov, V.I. Tikhonov, R.S. Khvostov

This article shows another view at a problem of the human factor in a context of the International Safety Management Code (ISM Code). The basic problems that arise in the implementation of safety management systems on inland waterways are revealed.

Keywords: shipping company, human factor, ship, effectiveness, safety management system

Показан несколько иной взгляд на проблему человеческого фактора в контексте Международного Кодекса по обеспечению безопасности и защиты окружающей среды (МКУБ). Выявлены основные проблемы, которые возникают при внедрении системы управления безопасностью на внутренних водных путях.

В мировом судоходстве с целью повышения безопасности и эффективности эксплуатации судов, обеспечения своевременной и сохранной доставки грузов в условиях развития экономики, морских и речных перевозок основное внимание уделялось совершенствованию конструкции судов, повышению надежности механизмов, устройств и оборудования, автоматизации производственных процессов, созданию новых надежных систем навигации и связи, компьютерному обеспечению и др. Однако, несмотря на большие достижения в судоходной индустрии, аварийность на морском и речном флоте остается очень высокой. При этом 75-85% аварийных происшествий происходят с участием или по вине человека, так называемого «человеческого фактора». Судно, как система «человек-машина», сильно зависит от ошибок людей.

Специалисты, изучая эту проблему, отмечают, что человек сравнительно быстро утомляется, может одновременно перерабатывать сравнительно небольшой поток информации с невысокой скоростью, он не в состоянии контролировать быстро протекающие процессы и управлять ими. Человек способен совершать ошибки и промахи даже в простейших ситуациях. Работоспособность человека-оператора зависит от настроения, от самочувствия, от социальных и общественных факторов и, главное, от мотивации своего труда. В то же время, человек творчески осмысливает контролируемый процесс управления и может предвидеть его дальнейшее развитие. Было убедительно показано, что человек в системе управления техническими средствами судна способен существенно улучшить характеристики надежности автоматизированных агрегатов и комплексов. Выступая в Международном морском исследовательском центре в Кардиффе, Генсек ИМО У.О. Нейл указал на приоритетную роль человеческого элемента в море: «Люди остаются основной составляющей со всеми сильными и слабыми их сторонами, которые обе могли быть причиной бедствия или предотвращения его».

Яркими примерами влияния человеческого фактора на аварийность являются факты гибели т/х «Коста Конкордия» и т/х «Булгария», приведшие к потере не только судов, но и множества людей.

Решение проблемы человеческого фактора сложно и многоаспектно, оно должно способствовать максимальному снижению негативного влияния судового и берегового персонала на процесс эксплуатации судов за счет уменьшения и компенсации присущих людям недостатков и слабостей и наиболее эффективного использования их знаний, опыта, дисциплины, творческих и других способностей.

Результатом изучения и исследований всех процессов и функций, связанных с управлением и эксплуатацией судов, в которых участвуют люди, является принятое направление для предотвращения аварий судов: следует формировать на флоте «культуру безопасности». Для этого сейчас существуют все предпосылки: внедрение Международного Кодекса по обеспечению безопасности и защите окружающей среды (МКУБ) и ПДНВ, использование формализованной оценки безопасности, применение стандартов ИСО серии 9000 и 14000 в

судоходной отрасли. Однако до полного решения проблемы человеческого фактора еще далеко. Нет четкого понятия, что это такое – человеческий фактор. Часто подразумевается отклонение от нормы в поведении, решениях и действиях людей, работающих в управлении компании или на борту судна, которые повышают риск возникновения опасных ситуаций. В резолюции ИМО А884 (21) от 25.11.1999 г. указывается: «Человеческие факторы, способствующие авариям и инцидентам в судоходстве, можно в широком смысле определить, как действия или ошибки, намеренные или случайные, которые отрицательно воздействуют на работу системы или успешное выполнение конкретной задачи. Понимание человеческих факторов требует изучения и анализа дизайна оборудования и взаимодействия человека-оператора с оборудованием, а также процедур, подлежащих выполнению экипажем и управляющими» [1]. Устанавливается, что аспектами влияния человеческих факторов на безопасность судоходства являются: профессиональная подготовка экипажей судов, общение, культура, опыт, усталость, состояние здоровья, морально-психологическая подготовка, осведомленность о ситуации и условиях труда, о социальной и общественной обстановке. На судах разных типов, разного года постройки конфигурации навигационного мостика существенно различаются. При использовании приборов и органов управления (включение, выключение, изменение режима работы) недавно пришедший на судно офицер может допустить ошибки использования органов управления.

Для уменьшения основной причины аварийности – человеческого фактора, на морском флоте введен Международный Кодекс по обеспечению безопасности и защиты окружающей среды (МКУБ). На основании требований этого Кодекса каждая судоходная компания разработала и внедрила систему управления безопасностью (СУБ) – и на берегу, и на каждом судне. В основе МКУБ (и СУБ) лежит качественная, безаварийная работа, соответствующая требованиям системы качества ISO 9000. Результатом внедрения СУБ в серьезных больших судоходных компаниях, где проблемам влияния человеческого фактора уделяется должное внимание на деле, а не на бумаге, снижение доли человеческого фактора в аварийности произошло приблизительно на 20-25% и составляет около 50-60%. В РФ это компании «Совкомфлот» и «Новошип».

В судоходных компаниях, работающих на внутренних водных путях (ВВП), разработаны и внедрены СУБ с весны 2014 г. (Приказ Минтранса России от 11.09.2013 г. №287 [2] и п. 2 ст. 34.1 ФЗ КВВТ [3]).

Для этого ответственные лица судоходных компаний были обучены по соответствующей программе. Многие судоходные компании за основу брали Руководства по СУБ морских судоходных компаний и перерабатывали их под свои суда, экипажи и районы работы. На этой стадии при недостаточном понимании сути СУБ в руководствах компаний, работающих на ВВП, зачастую оставались завышенные требования выполнения морских перевозок и не учитывались специфические условия работы судов на ВВП, не учитывались особенности каждого судна одного и того же проекта, и по проектам, и рейсовые маршруты судов.

КВВТ под СУБ понимает систему документированных организационных мер и действий и основывается на национальной нормативной базе, разработанной еще в условиях государственной собственности на суда МРФ РФСР.

Эффективная система управления работой флота включала все аспекты обеспечения безопасности судоходства (безопасность плавания, предотвращение загрязнения окружающей среды, подбор, подготовку и дипломирование кадров, техническую эксплуатацию судов и организацию движения) – и работает практически и в настоящее время. Очевидно, не теряя ничего полезного и нужного, необходимость разработки и принятия целого комплекса современных нормативно-правовых и нормативно-технических руководящих документов. В настоящее время приняты только новые «Правила шлюзования» на ВВП и «Технический регламент».

Опрос судоводительского состава судов, работающих на ВВП, показывает следующие положительные аспекты внедренной СУБ: это однообразное упорядочивание судовых документов и документов судоходных компаний по безопасной эксплуатации судов и предотвращению загрязнения, упорядочивание контроля по этому вопросу, качественная работа по охране судов.

Комплексной оценки внедрения СУБ на ВВП пока нет, так как она работает только с марта 2014 г., но некоторые недостатки системы уже выявляются. К ним относятся:

– Ответственное за обеспечение безопасной эксплуатации судов лицо (ответственное лицо судоходной компании) не обладает соответствующими полномочиями и статусом. На

него возложен лишь контроль за соблюдением работниками судовладельца требований в области безопасной эксплуатации судов и предотвращения загрязнения окружающей среды, осуществление связей между судовладельцем и экипажами судов и не раскрытое по сути «обеспечение надлежащего выполнения требований безопасной эксплуатации судов». Отсутствие регламентированных в приказе №287 прямого доступа к высшему руководству судовой компанией и полномочий влияния на работу подразделений компании значительно снижает эффект работы ответственного лица на безопасную работу флота.

– Полное отсутствие в Приказе по разработке и применению СУБ требований по обязательной мотивации работников судовой компании, участвующих в СУБ, в безопасной работе флота. А это краеугольный камень Системы качественной работы и МКУБ. Приверженности работников компании к целям внедрения и применения СУБ не будет. Согласно опросу судоводительского состава, на первом месте побуждения работы на флоте является возможность получения материального достатка. Значит, мотивация должна быть обязательной и эффективной. Решение этого вопроса напрямую связано с подбором кадров плавсостава.

В службе по найму персонала в пассажирской судовой компании в резерве командиров-судоводителей нет, недостаток и матросов, и рулевых. А раньше выпускники учебных заведений вынуждены были работать в рядовых должностях, чтобы дожидаться места командира. Престиж и оплата на пассажирском флоте были высокими.

Богатый выбор плавсостава есть в судовой компании «Волгофлот танкер», зарплата в этой компании намного выше, чем в других судоводительских компаниях. Компания привлекает лучшие кадры. Несет расходы на обучение, переобучение, необходимые стажировки, привлекает практикантов. На мостике судов компании полный комплект судоводителей, и капитан имеет реальную возможность оказать помощь младшим командирам, что очень важно для обеспечения безопасности при работе на перегруженных, стесненных маршрутах на максимально возможных по габаритам судах.

Такое решение кадрового вопроса снижает риск аварийности по причине «человеческого фактора» - случайных людей на мостике нет.

– При разработке СУБ специалисты судоводительских компаний прорабатывают все наиболее опасные ситуации в эксплуатации судов и разрабатывают ситуационные чек-листы, то есть подробные, строгие, обязательные инструкции, которые необходимо выполнять. А выполнение действий по чек-листу должно гарантировать обеспечение безопасности плавания. Но «человеческий фактор» может просто подписать чек-лист, указать это в судовом журнале, но не выполнить какой-либо пункт. И опять встает проблема кадров, проблема мотивации, наличие или отсутствие у командиров самых главных качеств ответственности, самодисциплины и самоконтроля. Эти черты присущи не «дешевым» кадрам. Помимо личных, индивидуальных качеств командиров флота и команды большую роль в обеспечении безопасности работы судна играет сплоченность экипажа, коллективная выручка и ответственность. Эти качества важны и в обычных условиях рейса, но особенно при наступлении чрезвычайных ситуаций. Эффективность тренировок, выучки и действий членов экипажа и судов значительно повышается при коллективной мотивации работы флота, насыщенной спортивной и социально-общественной жизни экипажей.

Тревожная статистика аварийных происшествий за последние полтора-два года показывает увеличение доли технических причин, поломок и отказов техники. Старение флота и недолжное техническое содержание судов, проведение ремонтов судовладельцами не в полном объеме являются предпосылками аварийных происшествий. Часто решение технических проблем перекладывается на плечи членов экипажей судов, осложняя и затрудняя и так непростую и беспокойную эксплуатационную работу, нарушая режим отдыха экипажа. На судах нет или почти нет основных запчастей, что повышает опасность эксплуатации, напряженность в работе машинной команды, а при реальных неисправностях требует срочной организации ремонта.

На некоторых судах экипажи используют СУБ – систему докладов о несоответствиях и их устранении для получения и замены сильно изношенных деталей и механизмов. Это явно вынужденное использование СУБ свидетельствует о недостаточном внимании судовладельцев к техническому состоянию судов, о сиюминутной экономии.

Следует обратить внимание руководителей судоводительских компаний на необходимость создания и применения аварийных штабов по действиям в чрезвычайных ситуациях. Эффективность работы таких штабов очевидна, и для крупных судоводительских компаний использо-

вание штабного руководства необходимо, так как руководители подразделений по направлениям быстрее и качественнее найдут решение возникших проблем.

Очевидно, что успешная работа флота на ВВП зависит от устойчивых грузопотоков, от постройки и применения новых судов, от повышения престижа флотских специальностей и их востребованности при выполнении главного условия – безопасной работе флота и защите от загрязнения природной среды, то есть выполнения целей внедрения СУБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Резолюция А.884(21) «Поправки к Кодексу по расследованию морских аварий и инцидентов (резолюция а.849(20)) от 25.11.1999г. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [http://rbc-ltd.ru/Morskije_stranitsw/Rezolutsii_IMO/Rezolutsija_A.884_\(21\).htm](http://rbc-ltd.ru/Morskije_stranitsw/Rezolutsii_IMO/Rezolutsija_A.884_(21).htm).
- 2 Приказ Минтранса России от 11.09.2013 N 287 «Об утверждении Правил разработки и применения системы управления безопасностью судов». [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160660.
- 3 Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 07.03.2001 N 24-ФЗ (ред. от 13.07.2015) [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_30650.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *судоходная компания, человеческий фактор, судно, эффективность, система управления безопасностью*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Бобков Александр Павлович, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Тихонов Вадим Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Хвостов Роман Сергеевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ И ДОСТАВКИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НОВОСИБИРСКОМ РЕЧНОМ ПОРТУ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.С. Жендарева

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE MINING AND DELIVERY OF NON-FERROUS BUILDING MATERIALS IN THE NOVOSIBIRSK RIVER PORT
Siberian state university of water transport
E.S. Zhendareva

In the article considered the results of evaluation of the economic efficiency of the complex for the extraction and delivery of non-ferrous building materials in the Novosibirsk river port.

Keywords: river port, transport process, non-ferrous building materials, mining and delivery

Приведены результаты оценки экономической эффективности работы комплекса по добыче и доставке нерудных строительных материалов в Новосибирском речном порту.

Подходы и особенности оценки эффективности функционирования речных производственно-транспортных комплексов (РПТК) по добыче и доставке нерудных строительных материалов (НСМ) прежде всего, связаны с тем, что они относятся к классу транспортных систем, призванных обслуживать экономику и социальную сферу регионов и страны в целом [1].

Эффективность транспортных систем и РПТК определяется на двух уровнях [2]. Первый – «внутренняя» эффективность, которая для любого хозяйствующего субъекта оценивается соотношением полученного полезного результата (эффекта) его работы и затрат (используемых ресурсов) и других средств. Второй уровень эффективности определяется исходя из особого положения транспортной отрасли, как обслуживающей, в соответствии со следующими подходами:

- степень удовлетворения потребностей государства в развитии экономики и социальной сферы;
- степень удовлетворения потребностей бизнеса в обеспечении мобильности и других аспектов жизнедеятельности;
- внешние издержки функционирования транспортной системы при решении экономических и социальных задач государства.

РПТК добычи и доставки НСМ функционирует в сфере грузовых перевозок, эффективность в которой, как правило, определяется на основе рыночных отношений и конъюнктуры соответствующего сектора экономики. Исключение составляют поставки НСМ для государственных и муниципальных нужд.

Оценивая эффективность функционирования РПТК в ООО «Судоходная компания «Сибирь» в навигацию 2014 года отметим, что комплекс по добыче и доставке НСМ ориентиро-

ван на удовлетворение потребности хозяйствующих субъектов. Отношения между субъектами здесь регулируются заключаемыми договорами. Поэтому можно считать, что потребности клиентов и РПТК удовлетворяются в полном объёме. Схема работы комплекса представлена на рисунке 1.

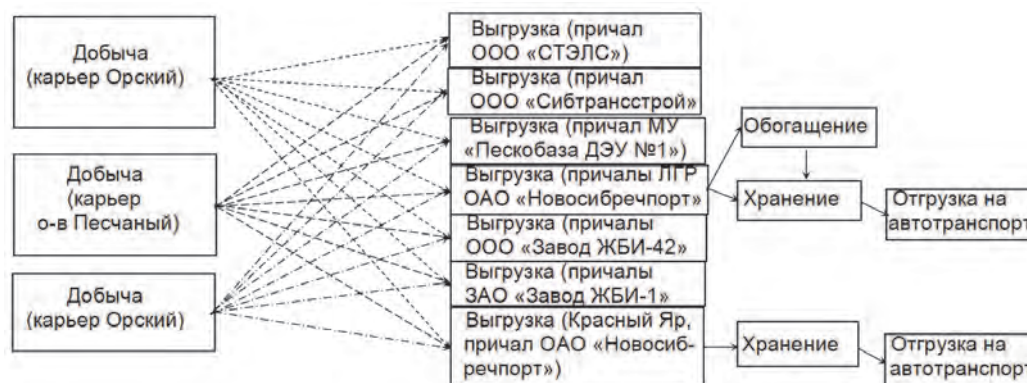


Рисунок 1 – Схема работы ООО «Судоходная компания «Сибирь»»

Возвращаясь к оценке «внутренней» эффективности функционирования РПТК на добыче и доставке НСМ как соотношения полезного результата и затрат, выразим её показателем рентабельности по издержкам.

Эксплуатационные расходы определены здесь через себестоимость по всем элементам комплекса и операциям процессов добычи и доставки НСМ [3,4], а также неявных издержек потребителей продукции

$$S = S_{\phi} + S_{ПМ} + S_{ПР} + S_{ХР} + \frac{Ц_{г} \cdot t_{д} \cdot E_{к}}{365 \cdot 100}, \text{ руб./т}, \quad (1)$$

где S_{ϕ} , $S_{ПМ}$, $S_{ПР}$, $S_{ХР}$ – себестоимость по всем элементам комплекса и этапам процесса добычи и доставки НСМ (флот, перегрузочные машины, причальные сооружения, хранение);

$Ц_{г}$ – цена готовой продукции, руб./т;

$t_{д}$ – срок доставки (поставки) по ранее заключённым договорам, сут.;

$E_{к}$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, %.

Этот показатель использован в качестве критерия оценки экономической эффективности реализации научно-обоснованных рекомендаций по рациональной организации производственно-транспортных процессов. Следуя концепции оптимальности принятия решения, выбор сделан в пользу разработок с минимальной себестоимостью доставки НСМ (рисунок 2).

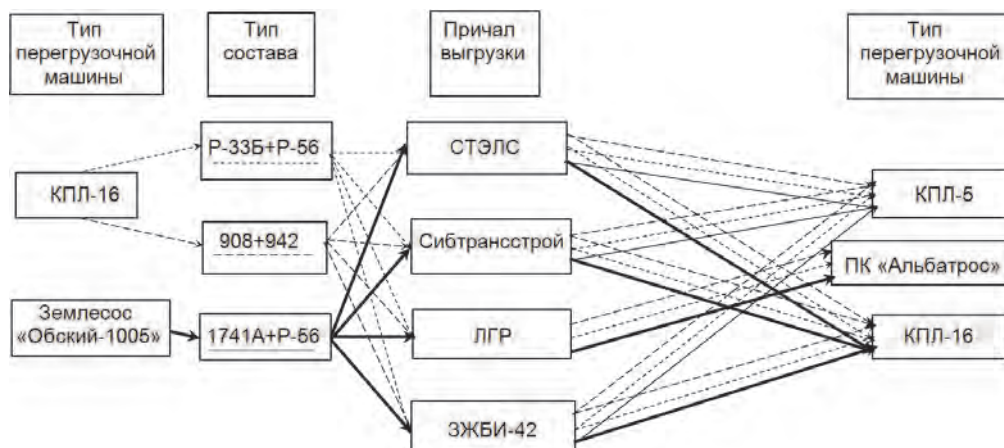


Рисунок 2 – Схема доставки НСМ с Орского месторождения

Экономическая эффективность функционирования РПТК на добыче и доставке НСМ определена с учетом оценки влияния природно-климатических и рыночных факторов. Первый из них – это вероятностный характер изменения глубин судового хода, второй – неста-

бильность спроса на НСМ и грузовых потоков, третий – повышение цен на энергоносители (ГСМ и электроэнергию).

Величина риска нестабильности спроса определена показателем доходов. Они уменьшаются в неблагоприятных ситуациях на рынке транспортных услуг по доставке НСМ, что отрицательно влияет на результаты деятельности судоходной компании. Два остальных фактора риска оцениваются показателями суммарных эксплуатационных расходов, которые увеличиваются из-за повышения цен на энергоносители и потери провозной способности флота вследствие снижения загрузки судов по осадке.

Результаты расчетов оформлены в табличной форме (таблица 1). Их анализ свидетельствует о том, что величина риска при функционировании РПТК на добыче и доставке НСМ в ООО «Судоходная компания «Сибирь» составляет потери доходов в размере 16,0 млн. руб. и увеличение эксплуатационных расходов на 21,4 млн. руб.

Таблица 1 – Оценка факторов риска при функционировании РПТК и организации производственно-транспортных процессов, млн. руб.

Факторы риска	Экономические показатели при вероятности наступления событий			Математическое ожидание	Риск, δ_i
	0,45	0,33	0,22		
Изменение спроса на НСМ, P_1	181,9	214	235,4	204,00	16,03
Рост цен на энергоносители, P_2	144,86	141,61	151,35	145,20	1,35
Изменение глубин судового хода, P_3	145,2	180	128,72	153,06	19,94

Итоговая оценка экономической эффективности функционирования РПТК выражена показателем рентабельности по издержкам (таблица 2). В идеальных условиях хозяйствования величина этого показателя составляет 44,0%, при снижении спроса на 15% – 42,6%, при увеличении цен на энергоносители от 5 до 15% – 39,2%, при уменьшении глубины судового хода на 15%-18,0%. При учете всех действующих факторов риска показатель рентабельности составляет 14,3%.

Таблица 2 – Рентабельность функционирования комплекса с учётом влияния факторов риска

Показатели эффективности	Без учёта влияния факторов риска	С учётом влияния отдельных факторов риска			С учётом влияния всех факторов риска
		колебание спроса	повышение цен на ГСМ	колебание глубин	
Доходы, млн. руб.	204,00	188,0	204	204	188
Расходы, млн. руб.	141,61	131,88	146,55	172,84	174,19
Прибыль, млн. руб.	62,33	56,12	57,45	31,16	23,54
Рентабельность по издержкам, %	44,0	42,6	39,2	18,0	14,3

Таким образом, приемлемый уровень рентабельности обеспечивается и при наихудших негативных условиях хозяйствования, за счет оптимизации производственно-транспортных процессов и экономических обоснований мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования комплекса. Таковыми являются:

- рациональное закрепление пунктов потребления НСМ за пунктами добычи и оптимизация маршрутов следования грузовых потоков;
- обоснование расстановки технических средств добычи и перегрузки по участкам работы;
- оптимизация плана расстановки флота по направлениям перевозок и участкам работы;
- обоснование рациональной организации производственно-транспортных процессов в составе комплекса.

Исходя из результатов решения данных задач для предприятий Обь-Иртышского бассейна разработаны конкретные рекомендации по организации работы РПТК в течение навигации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Беленький, А.С. Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования / А.С. Беленький. -М.: Мир, 1992. -582 с.
 2 Бунеев, В.М. Оценка эффективности речных транспортных систем / В.М. Бунеев // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№1. -С. 3-6.

3 Жендарева, Е.С. Методические особенности оценки эффективности организации транспортного процесса доставки нерудных строительных материалов / Е.С. Жендарева // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012. -№2. -С. 122-125.

4 Поспелова, А.Н. Обоснование технических средств группы корреспондирующих пунктов / А.Н. Поспелова // Применение методов динамического программирования для обоснования типов технических средств, схемы и способов доставки грузов речным транспортом: сб. науч. тр. -Вып. 118. -Новосибирск: Новосиб. ин-т водг. трансп., 1975. -С. 43-54.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *речной порт, транспортный процесс, нерудные строительные материалы, добыча и доставка*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Жендарева Елена Сергеевна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

ООО Технический центр «Политех»

А.А. Наприенко, Е.С. Наприенко

FEATURES EXPERTISE OF INDUSTRIAL SAFETY LIFTING EQUIPMENT

Siberian state university of water transport

Technical center Polytech

A.A. Naprienko, E.S. Naprienko

The features of industrial safety expertise of hoisting and transport machines. The scope of work of the expert survey, as well as methods for evaluating residual life of industrial machines.

Keywords: expertise of industrial safety, expert examination, hoisting machines, evaluation of residual life

Рассматриваются особенности экспертизы промышленной безопасности подъемно-транспортных машин. Состав работ экспертного обследования, а также методы оценки остаточного ресурса подъемно-транспортных машин.

Промышленная безопасность любого опасного производственного объекта обеспечивается посредством определенных организационно-технических мероприятий. Экспертиза является одним из мероприятий, занимающим особое место в обеспечении промышленной безопасности. Проведение экспертизы регламентируются Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

В процессе эксплуатации подъемно-транспортных машин их ресурс непрерывно расходуется, происходит износ и физическое старение, что приводит к снижению работоспособности и увеличению числа отказов. Несвоевременное и некачественное выполнение технического обслуживания и ремонта, отклонение от необходимых требований при монтаже и демонтаже подъемно-транспортных машин приводит к большим экономическим потерям, наносит вред жизни и здоровью людей. Поэтому важным элементом в процессе эксплуатации машин является экспертиза промышленной безопасности, помогающая выявить отклонения в механизмах и узлах машин, которые могут привести к возникновению отказов и аварий; нарушения техники безопасности при проведении погрузо-разгрузочных работ; состояние приборов безопасности.

В соответствии с нормативными документами подъемные сооружения подлежат обязательной экспертизе промышленной безопасности. Экспертиза проводится в следующих случаях:

- до начала применения подъемных сооружений, изготовленных для собственных нужд;
- по истечении срока службы или превышении количества циклов нагрузки;
- если отсутствуют данные о сроке службы подъемного сооружения, а фактический срок службы превышает 20 лет;
- после проведения работ, связанных с изменением конструкции, заменой материала несущих элементов, восстановительного ремонта после аварии.
- при подготовке дубликата паспорта;
- после модернизации, реконструкции и монтажа;
- в случаях выявления в процессе эксплуатации грузоподъемной машины опасных дефектов в металлоконструкциях крана, вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно [1, 7].

Экспертиза промышленной безопасности сопровождается обследованием. Экспертное

обследование подъемно-транспортных машин проводится в соответствии с программой выполнения работ, которая как правило, предусматривает три этапа выполнения: подготовительный, рабочий и заключительный.

Подготовительный этап включает в себя следующее: подбор нормативно-технической и справочной документации, требуемой для технической диагностики машины; ознакомление с документацией; оставление карты осмотра; подготовку технических средств и приборов для обследования;

Рабочий этап включает в себя следующие операции: обследование технического состояния металлоконструкций, механического оборудования, канатно-блочной системы, гидравлического и пневматического оборудования, электрооборудования, приборов безопасности; обследование состояния крановых путей и тупиковых упоров; проведение геодезических замеров конструкции; проведение приборного контроля металлоконструкций и сварных соединений методами неразрушающего контроля; проведение статических и динамических испытаний.

Заключительный этап включает: сбор и анализ результатов обследования; составление ведомости дефектов; расчет и оценку остаточного ресурса; оформление актов (визуально-измерительного контроля; проверки сопротивления изоляции и заземления; химического анализа и механических свойств металла; грузовых испытаний); расчет фактического режима работы подъемно-транспортной машины; проверочные расчеты несущей способности элементов конструкции, крепежа, сварных соединений (при необходимости и согласовании с заказчиком); выработку решения о возможности и целесообразности продления срока эксплуатации машины; оформление акта обследования; оформление заключения экспертного обследования.

Важным элементом в подготовительном этапе обследования является составление карты осмотра подъемно-транспортных машин. При составлении карты необходимо изучить конструкцию машины и ее механизмов, основные характерные дефекты и повреждения механизмов, канатно-блочных систем, электрооборудования и устройств безопасности, места металлоконструкций, в которых наиболее часто встречаются дефекты и повреждения. Составление карты осмотра необходимо для реализации направленного и эффективного подхода проведения рабочего этапа обследования. Для этого необходимо пользоваться руководящими документами применительно к определенному типу подъемно-транспортной машины, техническим описанием, инструкцией по эксплуатации, паспортом, вахтенным журналом, журналом осмотров, технических обслуживаний и ремонтов, данными о предыдущих обследованиях крана.

Проведение экспертизы подъемно-транспортных машин и других объектов промышленности основывается не только на проверке физического состояния, но и сверке документации. Так в процессе выполнения обследования комиссии необходимо ознакомиться: с сертификатами и паспортами на канаты, крюки, тормоза, двигатели; сертификатами на использованные марки сталей, электроды при производстве ремонта металлоконструкций с применением сварки, наличием соответствующих документов об аттестации сварщиков, проводивших ремонт металлоконструкций, и разработчиках ремонтной документации; вахтенными и сменными журналами; журналами учета проверки знаний персонала, инструктажей техники безопасности; журналом проведения технических обслуживаний и ремонтов; квалификационными данными обслуживающего персонала, ремонтной документацией; материалами последнего полного технического освидетельствования; актами проверки приборов безопасности и измерительных приборов.

По результатам экспертного обследования подъемно-транспортных машин с истекшим сроком службы делаются выводы о периоде продления срока службы машины, и определяется дата следующего обследования. Периодичность обследования зависит от технического состояния подъемно-транспортной машины на момент экспертизы и соответствия фактического режима эксплуатации машины паспортному. В случае превышения паспортного режима требуется дополнительная проверка. При этом производится расчет металлоконструкций на сопротивление усталости; проверка на степень агрессивности окружающей среды, количество и качество ремонтов базовых конструкций, проверка на величину износа, в том числе коррозии, элементов металлоконструкций и наличие остаточных деформаций несущих металлоконструкций. Кроме того для всех подъемно-транспортных машин отработавших нормативный срок службы проводится оценка остаточного ресурса. Также для обеспечения безопасной эксплуатации подъемно-транспортных машин расчет остаточного ресурса

требуется выполнять в следующих случаях:

- срок службы которых после установленного заводом-изготовителем превышает 15 лет (для кранов общего назначения мостового типа, порталных кранов; 10 лет (для кранов стрелового и башенного типа, подъемников и вышек, строительных подъемников);
- техническое состояние базовых конструкций которых требует капитального ремонта или замены элементов;
- режимы работы которых превышают паспортные;
- если окружающая среда эксплуатации агрессивна;
- при необходимости проведения реконструкции или модернизации [2].

Выбор объема и состава работ по определению остаточного ресурса осуществляют с учетом интенсивности эксплуатации крана, а также технического состояния, оцененного по результатам выполнения экспертного обследования. Оценку остаточного ресурса может производиться несколькими методами. Для всех подъемно-транспортных с истекшим сроком службы проводится оценка остаточного ресурса по бальной системе [2-5]. Для стреловых кранов общего назначения и кранов – манипуляторов помимо бальной системы применяется оценка остаточного ресурса по наработке [3]. Для мостовых кранов применяется два метода оценки остаточного ресурса [5, 6]:

- экспертный метод – для кранов редкого и неинтенсивного использования;
- комбинированный метод – для кранов среднего и интенсивного использования.

В состав работ экспертного метода определения остаточного ресурса входит бальная система и данные оценки фактической группы режима работы крана (при условии наличия регистратора параметров на кране). Комбинированный метод заключается в расчете фактической группы режима работы крана, расчете базовых конструкций кранов на сопротивление усталостным разрушениям, проверка усталостной прочности металлоконструкция для различных расчетных случаев [6] По результатам оценки остаточного ресурса делается вывод о сроке дальнейшей эксплуатации и режиме работы крана.

Объем экспертных работ при проведении внеочередного обследования комиссией с учетом причин этого обследования.

Заключения по экспертному обследованию подъемно-транспортных машин, отработавших нормативный срок службы, подлежат регистрации в территориальных органах Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Копия заключения вносится в единый Реестр. Данные проведения экспертизы вносятся в Реестр в течение 5 дней со дня предоставления информации. На протяжении всего срока, указанного в заключение экспертизы, данные исследования будут храниться в региональном отделении органов промышленной безопасности.

Экспертиза промышленной безопасности является неотъемлемой частью эксплуатации подъемно-транспортных машин. Соблюдение сроков, объемов, качества экспертного обследования, за счет привлечения экспертной организации с лицензией и квалифицированными аттестованными специалистами, поможет обеспечить безопасную и безотказную работу подъемно-транспортных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 №533 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992) // СПС КонсультантПлюс.
- 2 РД 10-112-1-04 Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения / Серия 10: Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в области котлонадзора и надзора за подъемными сооружениями. -Вып. 68. -М.: ОАО НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
- 3 РД 10-112-2-09 Методические рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин часть 2. Краны стреловые общего назначения и краны-манипуляторы грузоподъемные // СПС КонсультантПлюс.
- 4 РД 10-112-3-97 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы часть 3. Башенные, стреловые самоходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики // СПС КонсультантПлюс.
- 5 РД 10-112-5-97 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы часть 5. Краны мостовые и козловые // СПС КонсультантПлюс.
- 6 РД 24-112-5Р Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа // СПС КонсультантПлюс.
- 7 Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 2 июля 2013 года) // СПС КонсультантПлюс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экспертиза промышленной безопасности, экспертное обследование, подъемно-транспортные машины, оценка остаточного ресурса*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Наприенко Анна Андреевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Наприенко Евгений Сергеевич, начальник отдела ООО ТЦ «Политех»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630058, г.Новосибирск, ул.Плотинная, 2/2, ООО ТЦ «Политех»*

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЕЗДАХ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.М. Островский, А.М. Лисютин

BASIS OF EXPEDIENCY OF DANGEROUS GOODS TRANSPORTATION IN SPECIALIZED TRAINS

Siberian state transport university

A.M. Ostrovskiy, A.M. Lisutina

This article considers a possibility of using specialized trains for dangerous goods transportation. The efficiency of the proposed variant of transportation for reducing operation costs of railways has been proved.

Keywords: dangerous goods, specialized trains, operation costs, railway, carriages, stations

Рассматривается возможность использования специализированных поездов для доставки опасных грузов. Доказана эффективность предлагаемого варианта организации перевозок с целью сокращения эксплуатационных расходов железных дорог.

Действующая на железных дорогах страны система организации вагонопотоков, непрерывная технология роспуска вагонов с горок и процесса накопления на путях сортировочных парков приводит к увеличению количества сформированных грузовых поездов с опасными грузами [1]. Исключение составляют вагоны, загруженные специальными грузами, которые по условиям безопасности должны перемещаться на участках с соблюдением особых мер предосторожности, а ряд грузов, требующих специальных условий пропуска, необходимо пропускать одиночными прикрепленными локомотивами [2]. Так, несмотря на увеличение пробега локомотивов, данная мера может вызвать существенное сокращение потерь от сбоев в движении, особенно на двухпутных железнодорожных линиях.

Общий характер изменения эксплуатационных расходов в зависимости от наличия в составе поезда вагонов с опасными грузами возможно будет установить следующим образом. Грузы, требующие особых условий, по участкам двухпутных линий для своего перемещения предполагают иметь специальные локомотивы [3]. В ряде случаев данные вагоны требуют от поездного локомотива специального прикрытия определенной величины. Поэтому состав грузовых поездов с опасными грузами и специальным прикрытием при движении по жесткому графику имеет сравнительно малую величину. При этом возникают дополнительные расходы, связанные с передвижением локомотивов и локомотивных бригад. На особо загруженных железнодорожных линиях в данном случае будет возникать дополнительная потребность в пропускной способности линий.

При увеличении числа вагонов, загруженных этими грузами, в поездах будут снижаться эксплуатационные расходы, связанные с передвижением заданного числа грузовых поездов. При этом следует учесть, что в современный период мощность локомотивов имеет большую величину и чаще всего недоиспользуется при вождении полноразмерных поездов малого веса и, прежде всего, состоящих из вагонов с легковесными грузами [4].

Величина эксплуатационных расходов в зависимости от числа вагонов с опасными грузами, включаемых в грузовые поезда, будет устанавливаться для определенных полигонов между двумя сортировочными станциями, на которых имеется также ряд участковых станций. Величина эксплуатационных расходов будет устанавливаться из расчета на одни сутки. В технико-экономических расчетах будет приниматься для оценки рационального варианта самое различное количество вагонов: $0, 1, 2, \dots, m_{оп}$. При этом в технико-экономических расчетах принимается, что в составе специализированного грузового поезда с опасными грузами будет иметься определенное число вагонов

$$m_{сост} = m_{оп} + m_{пр}, \quad (1)$$

где $m_{оп}$ – возможное число вагонов с опасными грузами в составе грузового поезда;

$m_{пр}$ – минимальное число вагонов прикрытия.

В технико-экономических расчетах принимается, что число вагонов с опасными грузами будет изменяться на самую различную величину

$$m_{оп} \leq m_{сост} - m_{пр}, \quad (2)$$

где $m_{ст}$ – стандартная нормативная длина станционных путей, вагонов.

С увеличением числа вагонов с опасными грузами в составе будет сокращаться количество специализированных поездов. Величина эксплуатационных расходов по передвижению поездов будет оцениваться для определенного числа $m_{оп}$ вагонов с опасными грузами, которые будут перемещаться в сутки на рассматриваемом полигоне железнодорожной линии. Ежесуточное число поездов, с опасными грузами, следующими в рассматриваемом направлении, будет устанавливаться по следующей формуле

$$N_{оп} = \Pi_{оп} / m_{оп}, \quad (3)$$

где $\Pi_{оп}$ – общее ежесуточное число вагонов с опасными грузами, следующих по магистральной железнодорожной линии.

Данные формулы показывают, что с увеличением числа вагонов в поезде с этими грузами будут сокращаться общие размеры движения. В то же время следует учесть, что в составах с опасными грузами будет перемещаться определенное число вагонов. Это будет приводить к тому, что общее число дополнительных поездов будет возрастать в меньшей степени, чем будет изменяться число поездов с этими грузами.

Дополнительное, ежесуточное число поездов устанавливается по формуле

$$\Delta N_{оп} = N_{оп} + N_{пер}, \quad (4)$$

где $N_{пер}$ – число полновесных составов, которые будут в поездах с опасными грузами.

Величина $N_{пер}$ определится по формуле

$$N_{пер} = \frac{N_{оп} (m_{оп} + m_{пр})}{m_{ст}}. \quad (5)$$

Дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с передвижением заданного вагонопотока, в случае перевозки опасных грузов в неполновесных поездах могут быть установлены по формуле

$$\Delta E_{оп} = \Delta N_{оп} [e_{лкм} L + (L / \ell_{уч}) t_{уч} e_{лч}], \quad (6)$$

где $e_{лкм}$ – стоимость локомотиво-км одиночного следования;

L – протяженность участка между двумя сортировочными станциями;

$\ell_{уч}$ – расстояние между двумя участковыми станциями;

$t_{уч}$ – средний простой поездов на участковой станции;

$e_{лч}$ – стоимость локомотиво-часа простоя поездного локомотива с бригадой.

При выводе формулы (6) принято условие, что во всех вариантах перемещается одинаковое количество вагонов. В отдельных вариантах будет изменяться только пробег локомотивов. Поэтому в технико-экономических расчетах было учтено, что пропорционально увеличению размеров движения будут возрастать эксплуатационные расходы, связанные только с передвижением локомотивов в случае организации перевозки вагонов с опасными грузами в коротких неполновесных или неполносоставных поездах.

Выполненные технико-экономические расчеты приведены на рисунке, где E – эксплуатационные расходы, связанные с перевозкой, приходящиеся на один вагон с опасными грузами; $m_{сост}$ – количество вагонов с опасными грузами в составе поезда.

Из рисунка следует, что с увеличением количества вагонов с опасными грузами в составе одного поезда резко сокращаются эксплуатационные расходы по передвижению поездов. Следовательно, нужно стремиться к концентрации этих вагонов при перевозке в отдельные специализированные поезда, что будет способствовать более эффективному ис-

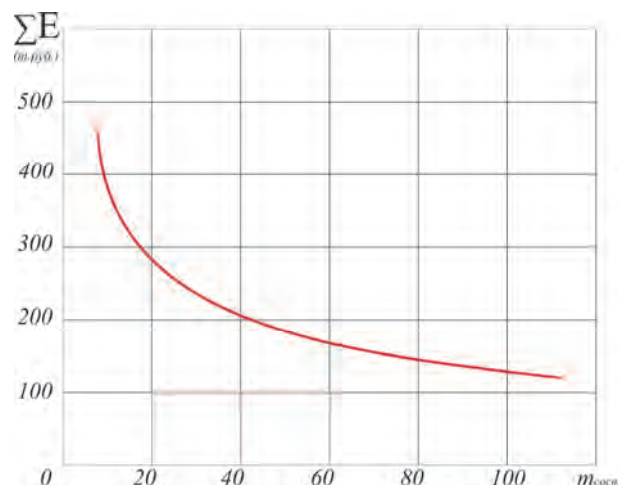


Рисунок – График зависимости эксплуатационных расходов от числа вагонов с опасными грузами в составе поезда

пользованию имеющихся технических средств железнодорожного транспорта.

Для ускорения доставки вагонов с опасными грузами, увеличения реализуемого уровня пропускной способности железнодорожных линий и переработки вагонов на сортировочных станциях предлагается сосредотачивать их погрузку и выгрузку на опорных (распорядительных) станциях промышленных узлов, минуя сортировочные станции без переработки. Перевозку (перемещение) их между сортировочными станциями на направлениях рекомендуется осуществлять в специализированных поездах.

При концентрации вагонов, загруженных опасными грузами, на распорядительных станциях узлов появляется возможность организации контроля со стороны грузоотправителей указанных категорий грузов, что исключит нарушения правил погрузки, создаст реальные возможности проконтролировать состояние погруженного опасного груза (температуру, тару и т.п.), правильность размещения его в вагонах. Это обстоятельство повысит гарантии безопасности следования таких грузов по железнодорожным линиям.

Специализированные поезда для перевозки опасных грузов должны назначаться на магистральных линиях между основными сортировочными станциями. Для регионов Урала, Сибири и Дальнего Востока по главному ходу такие специализированные поезда с опасными грузами могут следовать между сортировочными станциями, расположенными в крупных промышленных центрах [5].

Организация перевозки опасных грузов между основными сортировочными станциями в специализированных поездах значительно сократит сроки их доставки в пункты назначения, что позволит уменьшить транспортные издержки за счет пропуска вагонов с такими грузами без переработки на попутных сортировочных станциях, окажет положительное влияние на безопасность движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Островский, А.М. Совершенствование технологии роспуска вагонов с опасными грузами с сортировочных горок / А.М. Островский, А.М. Лисютин // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№2. -С. 49-52.
- 2 Островский, А.М. Пропуск вагонов с опасными грузами через сортировочные горки / А.М. Островский, А.М. Лисютин // Научные труды SWorld. -2012. -Т.2. -№1. -С. 38-41.
- 3 Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам. -Новосибирск: Издательский дом «Манускрипт», 2010. -527 с.
- 4 Островский, А.М. О повышении безопасности процесса роспуска вагонов, загруженных опасными грузами, с сортировочных горок / А.М. Островский, А.М. Лисютин // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№1. -С. 52-56.
- 5 Островский, А.М. Перевозка железнодорожным транспортом грузов, требующих особых условий / А.М. Островский, А.М. Лисютин, Л.Ю. Высоцкий // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№4. -С. 70-75.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: опасные грузы, специализированные поезда, эксплуатационные расходы, железная дорога, вагоны, станции

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»

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОПУСКА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЛИНИЯМ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.М. Островский, А.М. Лисютин, Л.Ю. Высоцкий

ASSESSMENT OF DIFFERENT WAYS OF TRAIN HANDLING ALONG PARALLEL RAILWAY LINES

Siberian state transport university

A.M. Ostrovskiy, A.M. Lisjutin, L.Yu. Vysotskiy

The different ways of train handling along parallel railway lines are considered. The operation costs for each way for single-track and double-track line are specified. The dependence of costs on a number of factors has been determined.

Keywords: dangerous goods, train handling, operation costs, carriages, single-track line, double-track line

Рассмотрены различные варианты пропуска грузовых поездов по параллельным железнодорожным линиям. Для каждого варианта определены эксплуатационные расходы для однопутных и двухпутных линий. Установлена зависимость расходов от ряда факторов.

При наличии нескольких параллельных железнодорожных линий возможно множество вариантов пропуска грузовых поездов, каждый из которых в значительной степени влияет на

величину эксплуатационных расходов. Однако основными из них на двухпутных железнодорожных линиях являются:

- пропуск поездов с опасными и другими грузами, требующими особых условий перевозки (ТОУП) по жесткому графику без остановок на промежуточных станциях;
- преимущественный пропуск грузовых поездов противоположного направления движения;
- промежуточный вариант, когда преимущество отдается направлению следования, в котором обеспечиваются наименьшие суммарные задержки грузовых поездов.

По однопутным железнодорожным линиям наличие поездов с опасными и другими грузами ТОУП практически не влияет на вариант следования поездов. Поэтому порядок пропуска поездов на однопутных железнодорожных линиях влияет лишь на появление дополнительных расходов, связанных с перенесением перевозки данных грузов с двухпутной линии [1].

Для каждого из вышеуказанных вариантов появляются следующие категории эксплуатационных расходов, связанных с пропуском поездов, как для однопутных, так и для двухпутных железнодорожных линий.

1 Для различных вариантов пропуска поездов по однопутным железнодорожным линиям прямые эксплуатационные расходы, связанные с передвижением вагона или поезда, когда нет ограничений в пропускной способности железнодорожных линий, могут быть определены по формуле для пропуска одного дополнительного грузового поезда

$$E = e_{пкм}L + \Pi_{уч}t_{уч}e_{пч}, \quad (1)$$

где $e_{пкм}$ – стоимость поезда-км при следовании поезда по участку;

L – длина рассматриваемого участка, км;

$\Pi_{уч}$ – число участковых станций на пути следования грузового поезда;

$t_{уч}$ – время стоянки грузового поезда на участковой станции;

$e_{пч}$ – стоимость поезда-часа простоя грузового поезда на участковой станции с локомотивом и локомотивной бригадой.

Величина показателей $e_{пкм}$ и $e_{пч}$ в значительной степени зависит от количества вагонов в грузовом поезде. С увеличением массы или числа вагонов в составе грузового поезда будет возрастать стоимость поезда-часа и поезда-км.

Дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с задержками грузовых поездов из-за недостатка пропускной способности железнодорожной линии, могут быть установлены по формуле

$$\sum E_{нед.пр} = e_{пч}\Delta N t_{ост} + e_{рз}\Delta N_{ост}, \quad (2)$$

где $\Delta N t_{ост}$ – величина простоя грузовых поездов из-за неприема вследствие недостатка пропускной способности железнодорожной линии;

$e_{рз}$ – энергетические расходы, связанные с одним разгоном и замедлением состава грузового поезда;

$\Delta N_{ост}$ – общее число остановок грузовых поездов на участке.

В реальных условиях эксплуатации в сутки перевозится всего несколько вагонов с такими грузами [2]. Поэтому передача на параллельную железнодорожную линию вагонов с этими грузами лишь в малой степени изменяет размеры движения по соответствующей линии, которые возможно будет установить по формуле

$$\Delta N = m_{оп} / m_n, \quad (3)$$

где $m_{оп}$ – число вагонов с опасными грузами, ежедневно следующими по рассматриваемой магистральной железнодорожной линии;

m_n – число вагонов в составе установленной нормы.

В процессе эксплуатации в условных вариантах будут перевозиться только вагоны с опасными и другими грузами ТОУП. Остальные вагоны будут направляться или по кратчайшему или по экономически целесообразному направлению, которое будет устанавливаться в зависимости от размеров движения параллельных железнодорожных линий, а также в зависимости от наличия на них рода тяги. Прямые эксплуатационные расходы, связанные с передачей вагонов с опасными грузами на параллельную железнодорожную линию, могут быть установлены по формуле

$$E_{пр}^{сум} = \frac{m_{оп}}{m_h} (e_{пкм} L + n_{уч} t_{уч} e_{пч}). \quad (4)$$

По ранее приведенным статистическим данным, в технико-экономических расчетах принимается, что в сутки следует один дополнительный поезд с опасными и другими грузами ТООП. Поэтому все технико-экономические расчеты и расходы будут также устанавливаться за сутки. Характер изменения затрат при различных вариантах пропуска вагонов с опасными и другими грузами ТООП по параллельным линиям в значительной степени зависит от размеров движения как однопутных, так и двухпутных железных дорог. При этом следует учесть, что на однопутных линиях включение в поезд вагонов с этими грузами практически не вызывает изменения в порядке прокладки графика движения, а следовательно и роста потерь от задержек поездов [2, 3].

В то же время, включение в состав грузовых поездов вагонов с опасными и другими грузами ТООП в значительной степени влияет на величину потерь от задержек грузовых поездов на двухпутных железнодорожных линиях в случае пропуска вагонов с этими грузами на двухпутных линиях.

Из рисунка 1 следует, что с увеличением размеров движения будут возрастать потери от задержек грузовых поездов. Причем, для однопутных железнодорожных линий эти расходы возрастают на большую величину. На двухпутных железнодорожных линиях эти расходы от задержек поездов сказываются значительно меньше. Данные расходы значительно возрастают особенно при высокой загрузке пропускной способности двухпутной железнодорожной линии, близкой к расчетной. При малых размерах движения данная разница в расходах практически полностью отсутствует. Однако с увеличением размеров движения железнодорожных линий данная разница в расходах возрастает. Это будет оказывать серьезное влияние на экономически эффективный вариант пропуска вагонов с опасными и другими грузами ТООП в поездах на параллельных железнодорожных линиях.

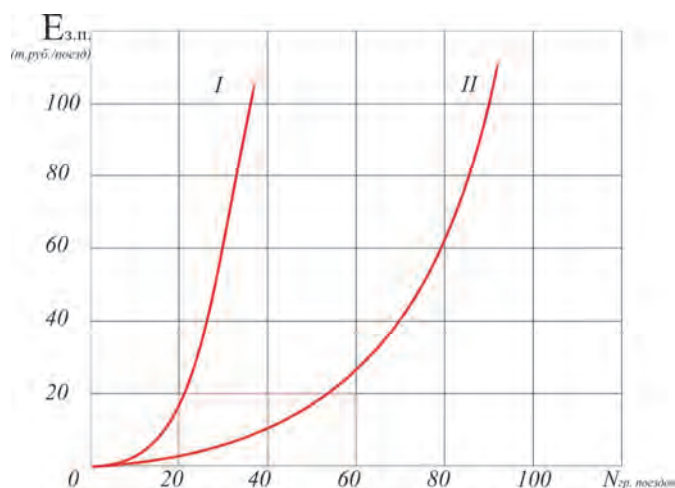


Рисунок 1 – Изменение расходов от задержек поездов в зависимости от размеров движения железнодорожных линий: I-для однопутной линии; II-для двухпутной линии

2 Для различных вариантов пропуска грузовых поездов по двухпутным железнодорожным линиям характер их пропуска будет зависеть от величины потерь при задержках в случае невозможности их скрещения на перегонах. Для выбора рационального варианта рассматривалось два основных способа пропуска грузовых поездов:

– В случае преимущественного пропуска поездов, в составах которых включаются вагоны с опасными и другими грузами ТООП. В данном случае в одном из направлений грузовые поезда проходят беспрепятственно, а для встречного направления имеют место длительные задержки грузовых поездов.

– Во втором условном варианте имеется возможность временно задерживать на промежуточных станциях поезда с этими грузами. Это позволит в течение большего периода времени использовать перегоны для пропуска грузовых поездов встречного направления. При этом задержка других грузовых поездов для прямого направления будет возрастать на малую величину. Вызвано это тем, что при пропуске по перегону большого числа задержанных поездов встречного направления появляется возможность обеспечить пропуск значительного количества поездов прямого направления. Это будет являться одной из причин сокращения суммарных задержек грузовых поездов в случае включения в их число вагонов с опасными и другими грузами ТООП. Характер изменения величины задержек грузовых поездов для определенных направлений показан на рисунке 2 для варианта «2» на двухпутной железнодорожной линии.

Из рисунка 2 следует, что в случае беспрепятственного пропуска по участку вагонов с опасными и другими грузами ТООП (эстафетного), суммарные задержки поездов противоположного направления будут иметь очень большую величину, главным образом, при высоких размерах движения на двухпутной железнодорожной линии. Особенно возрастают расходы в случае наличия повышенных размеров движения, когда путей для организации скрещения на промежуточных станциях не будет хватать. Это приведет к тому, что на загруженных железнодорожных линиях вариант эстафетного или преимущественного пропуска грузовых поездов будет вызывать их длительные задержки в обратном направлении.

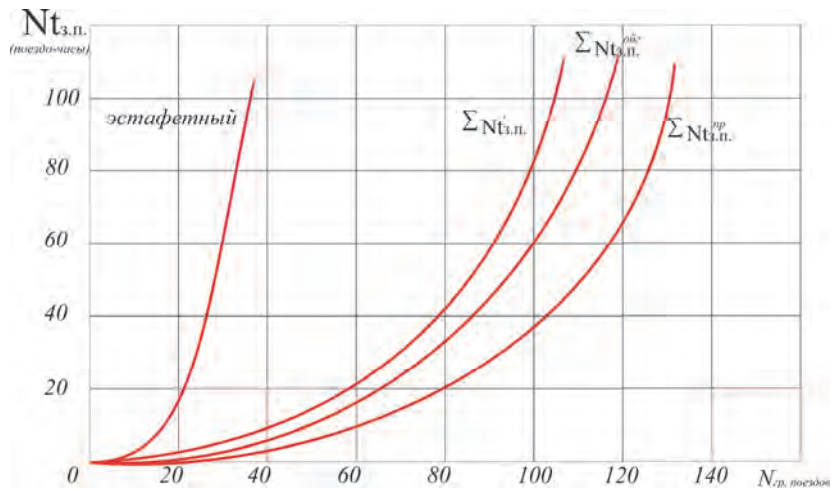


Рисунок 2 – Характер изменения величины грузовых поездов на двухпутных железнодорожных линиях

В случае временных задержек на промежуточных станциях эстафетных поездов появляется возможность в период пропуска поездов обратного направления занимать этот же перегон поездами прямого направления. Это будет вызывать значительное сокращение задержек грузовых поездов на загруженных железнодорожных линиях. Поэтому в данном случае при малых размерах движения на двухпутных железнодорожных линиях суммарные задержки грузовых поездов имеют примерно постоянную величину. Однако при высоких размерах движения эта разница в расходах начинает резко возрастать. Данный показатель в значительной степени зависит от размеров движения на двухпутной железнодорожной линии. Для высоких размеров движения на двухпутных линиях целесообразно временно задерживать поезда с опасными и другими грузами ТООП для сокращения суммарных задержек грузовых поездов на участках.

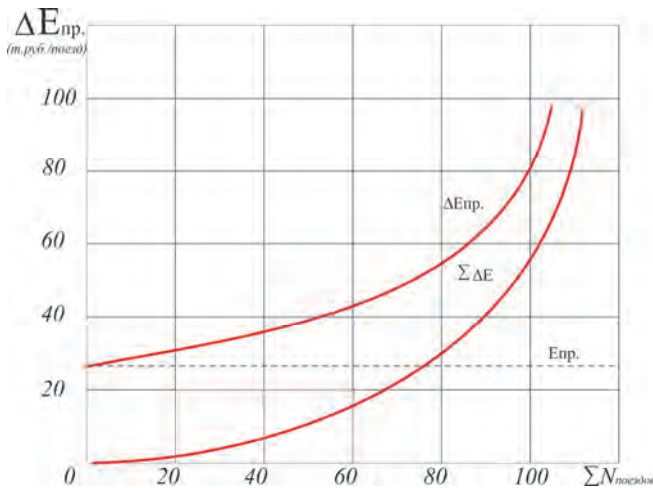


Рисунок 3 – Приросты эксплуатационных расходов при увеличении суммарных размеров движения

Приведенные выше характерные особенности изменения расходов от задержек поездов будут оказывать существенное влияние на оптимальный вариант распределения потоков поездов по параллельным однопутным и двухпутным железнодорожным линиям. Предполагается, что для двухпутной железнодорожной линии вагоны с опасными грузами будут следовать в поездах установленной нормы. При этом необходимо учитывать, что протяженность однопутной железнодорожной линии может быть меньше протяженности двухпутной.

Характер изменения потерь от пропуска поездов по параллельным линиям следует устанавливать методом приростных затрат. На рисунке 3 для одной из линий, например двухпутной, представлены приросты эксплуатационных расходов, которые

возникают на них в случае увеличения суммарных размеров движения на один поезд в сутки. Для любых размеров движения расходы на передвижение дополнительных вагонов имеют примерно постоянную величину и почти не зависят от размеров движения железнодорожной линии. В то же время, эксплуатационные расходы от задержек грузовых поездов имеют очень малую величину для небольших размеров движения двухпутной железнодорожной линии. При дальнейшем росте размеров движения, особенно при высокой степени загрузки, величина данных приростов резко возрастает. Это приводит к тому, что для высоких размеров движения двухпутной железнодорожной линии передача на нее опасных и

других грузов ТООП вызывает резкий рост потерь от задержек грузовых поездов четного и нечетного направлений.

Из рисунка 4 следует, что для однопутной железнодорожной линии основной суммарный прирост складывается из потерь, вызванных передачей на нее вагонов с этими грузами. Однако задержки поездов имеют очень малую величину и практически не возрастают. При этом предполагается, что при малых размерах движения за счет прямых расходов меньшие потери будут в варианте, когда опасные и другие грузы ТООП, требующие особых условий транспортировки, будут перевозиться по однопутным линиям. Однако при повышении размеров движения железнодорожных линий наступает такой критический момент, когда оказывается равнозначным транспортировка вагонов с этими грузами, как по короткой однопутной, так и по более протяженной двухпутной железнодорожной линии.

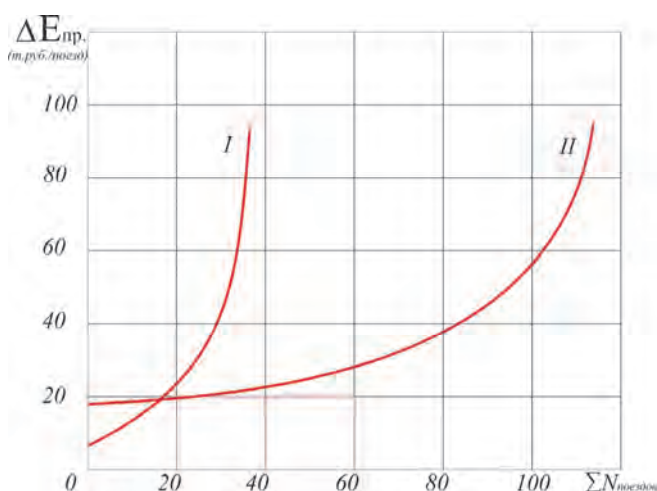


Рисунок 4 – Приросты эксплуатационных расходов при передаче опасных и других грузов ТООП на однопутную (I) и двухпутную (II) железнодорожные линии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Островский, А.М. Перевозка железнодорожным транспортом грузов, требующих особых условий / А.М. Островский, А.М. Лисютин, Л.Ю. Высоцкий // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№4. -С. 70-75.
- 2 Лисютин, А.М. Об оптимизации перевозок по железным дорогам грузов, требующих особых условий / А.М. Лисютин, А.М. Островский // Транспорт-2015: тр. межд. научн.-практ. конф. -Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщ., 2015.
- 3 Лисютин, А.М. Железнодорожные перевозки нефти и нефтепродуктов: перспективы и проблемы развития / А.М. Лисютин, А.М. Островский // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012. -№2. -С. 35-39.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: опасные грузы, пропуск поездов, эксплуатационные расходы, вагоны, однопутная линия, двухпутная линия

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»
Высоцкий Леонид Юрьевич, инженер ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИНАНСОВОГО И НАЛОГОВОГО УЧЕТА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Масленникова, С.Н. Масленников

CERTAIN ASPECTS OF FINANCIAL AND TAX ACCOUNTING OF LOGISTICAL COSTS
Siberian state university of water transport
E.A. Maslennikova, S.N. Maslennikov

The article considers some aspects of the management of logical costs. Conducted analysis of the principles of assumption of property isolation, requirements, diligence and timeliness. Studied the economic and legal basis for the application of these principles and assumptions in financial accounting and tax accounting.

Keywords: logistics cost management, financial and tax accounting

Рассмотрены некоторые аспекты управления логическими издержками. Проведен анализ принципов допущения имущественной обособленности, требования осмотрительности и своевременности. Изучена экономическая и правовая основа применения этих принципов и допущений в бухгалтерском финансовом и налоговом учете.

Производственное предприятие вне зависимости от формы собственности, специализации и типа производства в процессе своей деятельности последовательно решает задачи, связанные с выполнением его основных функций снабжения, производства и сбыта.

Непрерывно повторяющееся осуществление этих трех функций, их согласованность и координация подчинены выполнению единой цели управления и формируют предприятие как самостоятельный субъект экономики. Теория и практика интеграции снабженческо-производственно-распределительных систем, в которых бы функции снабжения, производства, хранения и распределения осуществлялись в виде единого организационно-технологического процесса, постепенно трансформировались в самостоятельное направление научных исследований и форму хозяйственной деятельности - логистику. Каждая из перечисленных областей деятельности предприятия достаточно изучена и описана, новизна же логистического подхода заключается в интеграции перечисленных функций с целью достижения желаемого результата с минимальными затратами времени и ресурсов путем оптимального сквозного управления материальными и информационными потоками.

В 1985 г. Совет логистического менеджмента США дал следующее определение логистики: «Логистика есть процесс эффективного (с точки зрения снижения затрат) планирования, управления и контроля потоков сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, услуг и сопутствующей информации от места возникновения этого потока до места его потребления (включая импорт, экспорт, внутренние и внешние перемещения) для целей полного удовлетворения запросов потребителей». Таким образом, изначально основной целью логистики являлось снижение логистических издержек. Логистический подход предполагает системность в отношении всех управленческих процессов. Одним основополагающих принципов логистики является принцип общих затрат, то есть планирование, учет и анализ совокупности всех издержек – трудовых, материальных, информационных и финансовых ресурсов. Управленческие функции планирования и анализа опираются на ключевую функцию – учет.

Одной из проблем, решаемых в управлении предприятием, является соответствие данных бухгалтерского финансового учета и налогового учета. Если теоретические основы и понятия бухгалтерского учета уже нашли отражение в нормативных документах, то в отношении налогового учета существуют пробелы [1].

Несомненно, что экономические законы носят объективный характер. Они не связаны с сознанием человека. Принципы бухгалтерского финансового учета формируются под влиянием той или иной экономической формации, обретая правовое основание и юридическую форму. Система экономических отношений претерпевает постоянные изменения, которые отражаются на принципах. Одним из основных понятий российской системы нормативного регулирования бухгалтерского учета является понятие «допущения». Оно соответствует понятию «основополагающие бухгалтерские принципы» в западном учете. Это принципы и допущения применяются на предприятии при составлении бухгалтерской отчетности. Однако в нормативных документах нет четкого определения принципов налогового учета.

В соответствии с положением по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» (ПБУ 1/2008), разделяет основные методологические положения бухгалтерского учета на допущения и требования.

В практической жизни часто возникает необходимость в точной трактовке этих понятий. В бухгалтерском учете допущение предполагает не предположительность какого-либо факта, а объективную реальность. В свою очередь требовательность – это неукоснительное соблюдение правил, то есть необходимость.

Проследим обусловленность и взаимозависимость базовых принципов бухгалтерского учета допущения имущественной обособленности, требования своевременности и осмотрительности при налоговом учете.

Допущение имущественной обособленности. Бухгалтерская отчетность основана на информации об активах и обязательствах предприятия. Имущество собственников организации учитывается отдельно – собственно в этом и есть принцип имущественной обособленности. Российская практика ведения бухгалтерского учета делает акцент на юридическое содержание фактов, что и составляет основу принципа имущественной обособленности. Этот принцип тесным образом связан с Гражданским кодексом, где отражено, что юридическое лицо отвечает по своим обязательствам имуществом, принадлежащим ему на праве собственности. То есть кредиторская задолженность в пассиве баланса – это долги юридического лица.

В налоговом учете эта ситуация может выглядеть по-другому. Если возникла задолженность юридического лица, то по решению суда ее могут взыскать не с юридического лица, а с руководителя. Следовательно, возникает противоречие с принципом имущественной обо-

собственности в том его виде, в котором он рассматривается в бухгалтерском учете.

Принцип имущественной обособленности следует рассматривать как допущение. От требований нормативных документов, регламентирующих бухгалтерский финансовый учет, от самого бухгалтера здесь ничего не зависит.

С точки зрения налогообложения, специфика заключается в том, что организация может выступать налоговым агентом. И под налоговый учет попадает и имущество третьих лиц, а на предприятие ложится ответственность за начисление и удерживание налогов. Принцип имущественной обособленности и здесь трактуется как допущение. Он не зависит от бухгалтера. В приказе об учетной политике вносится пункт, что предприятие является налоговым агентом.

Таким образом, принцип имущественной обособленности правомерен и для бухгалтерского, и для налогового учета.

Требование своевременности. Это требование устанавливает общий подход к определению момента хозяйственного факта. В бухгалтерском учете оно корреспондирует с допущением временной определенности, означает необходимость своевременной регистрации всех хозяйственных операций и результатов инвентаризации на счетах. Все факты отражаются в том периоде, в котором они имели место быть. Для получения своевременности информации часто возникает потребность представить ее до того, как станут известны все детали факта хозяйственной жизни в ущерб ее достоверности. Поэтому, необходимо найти компромисс между своевременностью и достоверностью.

Для налогового учета оперативное получение данных исключено. Должна быть точность в получении информации. Следовательно, своевременность не обеспечивает надежность информации, отражаемой в финансовой отчетности.

Для примера рассмотрим уплату налога на имущество. Например, два года назад предприятие заплатило налог не полностью. Самостоятельно нашло ошибку - часть имущества не учли. Необходимо погасить задолженность перед бюджетом. На какой период отнести эти расходы? В соответствии с Налоговым кодексом признать всю сумму в текущем периоде нельзя, ее необходимо разделить на все года и сдать корректировочные декларации.

Из вышеизложенного следует, что и требование своевременности в учете хозяйственной жизни актуально для любой учетной модели.

Требование осмотрительности. Осмотрительность может служить ограничением надежности информации. Она предусматривает большую готовность признания расходов и обязательств, чем возможных доходов и активов. Бухгалтер скорее выберет низшую оценку для доходов и высшую для долговых обязательств и расходов.

На первый взгляд, применительно к налоговому учету данное требование не актуально, так как его цель - точная картина финансового положения предприятия. Налоговые органы анализируют данную отчетность лишь с точки зрения правильности исчисления налоговой базы и налогов. Финансовое состояние организации им не интересно.

Но возможна и другая точка зрения. Требование осмотрительности применительно к бухгалтерскому учету, заключается в формировании достоверного (неоправданно не завышенного) финансового результата. С точки зрения налогообложения, бухгалтер признает доход тогда, когда для этого будет обоснование, а расход - как только появится первая возможность.

Таким образом, и требование осмотрительности применимо одинаково и для бухгалтерского, и для налогового учета.

В данной статье, были рассмотрены только некоторые принципы бухгалтерского финансового учета. Помимо этих, существуют и другие правила ведения бухгалтерского учета, регламентируемые нормативными документами: непрерывность деятельности, последовательности, временной определенности, полноты, приоритета содержания перед формой и другие. В налоговом учете важными принципами являются принцип достоверности, экономической обоснованности. Но и из рассмотренного материала можно сделать вывод, что есть принципы, которые близки и для бухгалтерского, и для налогового учета. И здесь возможно сближение этих двух систем, что привело бы к упрощению учета, снижению трудозатрат. Полное слияние этих двух форм учета на сегодняшний день вряд ли возможно, так как некоторые принципы трактуются совершенно по-разному (принцип консерватизма): для налоговых целей организация хочет выглядеть как можно хуже, а для инвесторов - лучше.

Но построение налогового учета по схеме от принципов к методике по примеру бухгалтерского финансового учета возможно. Определив точки соприкосновения этих двух инфор-

мационных систем, возможно, осуществлять эффективное, рациональное их взаимодействие [2].

Формирование интегрированной информационной системы снабжения, производства и сбыта предприятия – сложный, многоплановый процесс, в котором используются достижения современных информационных технологий, новейшие компьютерные системы, что делает возможным успешное управление ресурсами на основе применения адекватной информационной техники, методов и форм информационного обеспечения логистической цепи в целом. Системный методологический подход к базовым функциям организации производства – планирование, учет и анализ при современном уровне развития компьютерной техники позволяет получить необходимые данные на всех логистической цепи. Информация из обслуживающего фактора производства превращается в самостоятельную производительную силу, способную в короткие сроки повысить производительность труда, минимизировать издержки производства и обращения продукции, повысить адаптивность компании к меняющимся условиям и тем самым обеспечить ей конкурентные преимущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Масленников, С.Н. Оптимизация логистических издержек и бухгалтерский учет / С.Н. Масленников, Е.А. Масленникова // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№1-2. -С. 112-114.
- 2 Масленникова, Е.А. Практическое применение принципов управленческого учета на предприятиях водного транспорта/ Е.А. Масленникова // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 18-20.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управление логистическими издержками, финансовый и налоговый учет
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Масленникова Елена Алексеевна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

Инвестиционно-строительная компания «Алтайстройинвест»

В.Г. Соколов, С.А. Соколов

SOCIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF HIGH-SPEED GROUND EFFECT VEHICLES IMPLEMENTATION IN SHIP TRANSPORT OF SIBERIA AND FAR NORTH

Siberian state transport university
Investment company Altaystroyinvest
V.G. Sokolov, S.A. Sokolov

This paper is focused on discussion of possibilities for the innovative development of ship transport in Siberia and Far North based on high-speed ground effect vehicles implementation – year-round, eco-friendly, high-speed transport vehicles, and social and economic efficiency of this development.

Keywords: diversity of transportation system, innovations, transport accessibility, technical and economic issues, year-round performance, high floatation, environmental friendliness

Обсуждаются возможности инновационного развития водного транспорта Сибири и Крайнего севера на основе внедрения высокоскоростных судов на воздушной подушке – всесезонных, экологических, сверхскоростных транспортных средств и социально-экономическая эффективность этого развития.

Известно, что влияние развития транспортной инфраструктуры на эффективность хозяйственного освоения регионов и на размещение их производительных сил весьма велико. Определение потребности в транспорте, формирование эффективной единой транспортной системы региона (ЕТСР), определение темпов ее развития, рациональной структуры, своевременное введение в нее новых видов транспорта, характер инновационной транспортной политики составляют важную научную и практическую проблему. Особенно актуальна эта проблема для Сибири и Крайнего Севера России, где сосредоточены основные природные ресурсы страны.

Миссию региона в сфере формирования и развития ЕТСР можно определить как содействии экономическому росту и повышению благосостояния населения через доступ к безо-

пасным и качественным транспортным услугам. Задачи, связанные с выполнением данной миссии не выполнимы без учета инфраструктурной обеспеченности на основе формирования не просто эффективной, но в определенном смысле «агрессивной» транспортной стратегии для регионов Сибири и Крайнего Севера.

Расширение и усиление транспортной инфраструктуры регионов, строительство новых путей сообщения, особенно железных дорог, требует много времени, средств и создания новых строительных мощностей. Формирование и развитие ЕТСР исторически представляется как процесс смены лидирующего положения преимущественно трех видов транспорта: железнодорожного, автомобильного, водного. Каждый вид транспорта проходит такие фазы развития: рождение, становление, расцвет и стабилизация удельного веса в общей массе грузооборота. В связи с появлением принципиально новых, инновационных видов транспорта эти фазы могут дополниться для названных видов транспорта некоторыми фазами снижения «жизненного тонуса».

Функциональные связи и разделение сфер влияния между новыми и прежними видами транспорта реализуются по вертикали роста технико-экономических, эксплуатационных и коммерческих показателей. Новый вид транспорта при его рождении, как правило, не является альтернативой существующим видам транспорта, а дополняет и развивает ЕТСР, тесно взаимодействуя с существующими видами транспорта. Для этой стадии развития нового вида транспорта характерен большой удельный вес комбинированных перевозок. По мере становления новый вид транспорта все более самоизолируется, приобретает самостоятельный характер развития и функционирования [1].

Считается, что системы тем жизнеспособнее, чем выше их разнообразие, потому что в имеющемся разнообразии элементов и связей системы потенциально содержатся формы приспособления к различным вариантам будущего. Если нарушается принцип необходимого разнообразия, то система вырождается и идет к гибели. Принцип необходимого разнообразия, сформулированный У. Эшби и названный им законом, сводится к тому, что разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия управляемой системы.

Известно, что расширение ЕТСР и социально-экономическое развитие регионов регулируются посредством динамики себестоимости перевозок. В процессе включения в ЕТСР региона новых видов транспорта и транспортных коммуникаций обычно происходит повышение себестоимости перевозок, транспортных тарифов и увеличивается доля транспортных расходов в цене конечного продукта. Это приводит к формированию сложных экономических систем, созданию производственно-транспортных комплексов, приближению перерабатывающих мощностей к источникам сырья, работе их по полному производственному циклу. В результате снижается темп роста грузопредъявления, прежде всего водному и железнодорожному транспорту и уменьшается коэффициент перевозимости продукции.

Эта тенденция, не распространяется, на наш взгляд, на расширение ЕТСР региона за счет принципиально новых, высокоэффективных видов транспорта, которые по своим техническим и эксплуатационным характеристикам гармонично вливаются в ЕТСР, и, обогащая ее, повышают ее эффективность.

При включении в транспортную систему новых видов коммуникаций происходит перераспределение перевозок между отдельными видами транспорта и в цикл строительства новых коммуникаций включается и фаза хозяйственного освоения района тяготения. В результате новый вид транспорта играет роль мощного катализатора социально-экономического развития районов хозяйственного освоения.

Эффективность капиталовложений в новый вид транспорта должна оцениваться не по доходам от эксплуатационной деятельности, а по приросту валового регионального продукта, полученному в результате: сокращения сроков доставки грузов и включения в хозяйственный оборот природных ресурсов новых районов, повышения взаимодействия производства и рынка, создания условий для эффективного функционирования и развития хозяйства региона. Эти эффекты транспортного воздействия обычно имеют вероятностный характер и не могут быть выражены абсолютно точными стоимостными показателями, однако они точнее определяют влияние развития транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие региона, чем подход, ориентированный на точное выявление объема перевозок на расчетные годы и скрупулезную оценку эксплуатационных показателей [1].

В настоящее время в формировании ЕТСР России по сути дела отсутствует экономически эффективный, безопасный, экологически чистый, высокоскоростной и широкодоступный для эффективного освоения сибирских и северных регионов транспорт. Для обеспечения

высоких темпов социально-экономического развития сибирских и северных регионов актуальна не только их транспортная обеспеченность, необходим переход к созданию новых скоростных транспортных систем, щадящего их ранимую природу. Все виды наземного транспорта, веками наследующие принципы, заложенные еще на стадии их создания, не могут без ущерба для среды решить транспортные проблемы регионов Сибири и Крайнего Севера. К тому же достаточно очевидно, что «колесные» транспортные технологии достигли скоростного предела. Одним из направлений «ухода от колеса» является транспорт на воздушной подушке, суда которого способны передвигаться над поверхностью суши, воды, снега и льда, они не требуют создания специальных трасс, способны осваивать большие объемы перевозок грузов и пассажиров [2].

Транспорт на воздушной подушке в принципе не является новой технологией, но современные материалы и технические решения (компоновка, проектирование, силовые установки и т.д.) позволяют организовать их производство (широкой линейки) в Новосибирской области при взаимодействии с другими регионами, например, с Омской областью, Красноярским краем и регионами европейской части страны.

Эти транспортные средства обладают уникальными экологическими свойствами столь необходимыми для регионов Сибири и Крайнего Севера страны в условиях активного освоения их природных ресурсов, они могут использоваться для пассажирских и грузовых перевозок в труднодоступных районах, а также в чрезвычайных обстоятельствах (наводнения, землетрясения, снежные заносы и др.). Малоразмерные транспортные средства на воздушной подушке могут использоваться охотниками, рыбаками, а также служить для круглогодичной эксплуатации в качестве: разъездного; спасательного; туристического; медицинского; грузового транспортного средства. Данные катера пригодны к эксплуатации во всех климатических зонах. Они способны передвигаться по равнинной поверхности суши и болоту, преодолевать пологие береговые склоны и промоины по воде, проходить перекаты и отмели по глубокому снегу, льду и торосам.

Активное освоение регионов Сибири и Крайнего Севера, труднодоступных для наземного транспорта требуют создания всесезонных скоростных и сверхскоростных транспортных систем, способных перемещать грузы и пассажиров по пересеченной местности, изобилующей водными преградами. Проблема надводных переправ невероятно актуальна для Якутии, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, где переправы по ледовым зимникам уносят множество жизней. Только в Ханты-Мансийском АО в 2010-2011 гг. было закрыто 15 зимних переправ (зимников) из 80.

Проблемы переправ решаются с помощью мостов, однако, для сибирских регионов, перенасыщенных реками, это бесконечный процесс. Кроме того, строительство мостов сопряжено с определенными технико-экономическими проблемами:

– выбора места перехода через крупную реку или иную водную преграду. Выбор определяется, прежде всего, наличием твердых грунтов, как правило, скальных пород, способных нести опоры и сам мост. В результате мост строится не там, где надо, а там, где это возможно по геологическим условиям. Причем изыскания выбора места для моста весьма затратные;

– искусственного стягивания автодорог к мосту. Возникает ситуация, при которой дороги строятся не в направлении «куда надо», а в единственно заданном месте мостового перехода. Например, из-за отсутствия моста через Обь в Нижневартовске перевозчики вынуждены выбирать путь через Сургут и Нефтеюганск. Кроме того, на въездах и выездах с мостов возникают автомобильные пробки, ведущие к росту ДТП, загрязнению окружающей среды, особенно атмосферы, и т.д.;

– высокой стоимости. Строительство любого крупного моста стоит десятки миллиардов рублей. Так, сооружение мостового перехода через Обь (Ханты-Мансийский АО, начало строительства в 2014 г.) в районе пос. Андра, по предварительным оценкам, будет стоить 20 млрд руб., а в 2017 г. планируется начать строить второй мост через Обь в г. Сургуте. С точной стоимостью введенного в эксплуатацию в конце 2014 г. Бугринского моста через Обь в г. Новосибирске никак не могут определиться: это 15 или 17 млрд. руб. [2].

Применение современных скоростных разных по грузоподъемности экраноходов могло бы решить проблему круглогодичной коммуникации поселений, расположенных на разных берегах рек, и охватить более широкую зону хозяйствования. Создание экраноходной транспортной системы позволит связать существующие и будущие поселения между собой и выйти в другие регионы. Не надо забывать, что Обь, Енисей, Лена – это не просто великие

реки России, а «ворота» в Арктику. Эти реки не связаны между собой каналами. Обь-Енисейский канал, построенный, по преданию, еще при Петре I с использованием русла р. Кети, сегодня находится в заброшенном состоянии, хотя активные изыскания по его полноценному строительству велись в XVIII–XX вв. и по нему был даже осуществлен ряд перевозок. Пожалуй, более перспективным выглядит строительство канала Обь-Енисей с использованием русла р. Чулым, которая достаточно близко подходит к Красноярскому водохранилищу. Этот маршрут в свое время изучался одним из авторов данной статьи. Для строительства каналов Обь-Енисей, видимо, могут быть задействованы и другие притоки. Об этом лучше могут судить специалисты, которые учитывают и возможность регулирования стока вод великих рек во время паводков, наносящих огромный ущерб. Нам же важно отметить, что русла будущих каналов могут быть обустроены в качестве трасс для экраноходов задолго до завершения строительства самих каналов, способствуя заселению прилегающих территорий [2].

Сибирский научно-исследовательский институт авиации (СибНИА) в г. Новосибирске имеет успешный опыт участия в проектировании и испытании судов-эконопланов, созданных в ОАО «ЦКБ по СПК (по судам на подводных крыльях) им. Р.Е. Алексеева» и ОКБ Р. Бартини. На основе этого опыта и имеющегося научно-технического задела СибНИА предлагает разработать принципиально новые скоростные амфибийные суда – многоцелевые транспортные экраноходы (МТЭ). Принцип их движения основан на использовании эффектов статической (на малых скоростях) и динамической воздушной подушки, образуемой под несущим корпусом при крейсерском режиме. МТЭ предназначены для круглогодичной эксплуатации на реках и морях, включая мелководные районы, а также по ледовым трассам, с выходом на пологий даже необорудованный аппарелью или рампой берег в условиях бездорожья с преодолением естественных уклонов до 10° и неровностей грунта высотой до 1,5-2,0 м. Движителем является воздушный винт. За рубежом также ведутся работы по созданию и использованию экраноходов с воздушным винтом. Ниже приводятся основные тактико-технические характеристики некоторых зарубежных кораблей – судов на воздушной подушке (СВП) серийной постройки (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Основные тактико-технические характеристики зарубежных кораблей на воздушной подушке серийной постройки [2]

Класс, название корабля, принадлежность	Масса, т		Скорость, узлов		Дальность плавания на крейсерском ходу, миль
	полная	порожня	полного хода	крейсерского хода	
Многоцелевой катер VT-2 (Англия)	106	73	60	41	540
Патрульный катер SRN 6 Mk. 6 (Англия)	16	10,2	54	35	230
Патрульный катер ВН-7 Mk. 6 (Англия)	90	45	65	38	540
Десантно-штурмовой корабль ААС YEFFA (США)	154	82	50	48	200

Например, английское СВП серии SR.N4 (1967 г.) с повышенной мореходностью (рисунок 1), предназначенное для перевозки пассажиров и грузов через Ла-Манш при волнах высотой до 3 м. имеет водоизмещение 167 т, на нем размещается 670 пассажиров (или 174 пассажира и 30 автомобилей). После постройки тоннеля под Ла-Маншем их эксплуатация стала не рентабельной, и она прекратилась. Однако и сам проект данного тоннеля так же не является рентабельным, его модернизация практически невозможна, поэтому не исключен вариант создания и эксплуатации новых более эффективных СВП на данном маршруте.

Этому судну по основным параметрам не уступает российское десантное СВП проекта 12322 «Зубр» (рисунок 2).

Эконоходы движутся в контакте с водой или сушей при малых удельных нагрузках на опорную поверхность, что делает их безопасными, простыми и экономичными. При этом экраноходы вполне отвечают современным экологическим требованиям: не создают интенсивного волнения, размывающего берега водоемов, не вредят фауне и флоре, не формируют колею на сухопутных участках трассы, не требуют отчуждения значительных площадей для обустройства площадок базирования. Применяемые на МТЭ авиационные газотурбин-

ные двигатели, конвертированные для работы в морских условиях, могут быть дополнительно переоборудованы для работы на природном сжатом газе, на сжиженном попутном нефтяном газе или других видах альтернативного топлива [2].



Рисунок 1 – Английское СВП серии SR.N4



Рисунок 2 – Десантное СВП «Зубр»

Отечественные МТЭ обладают высокой скоростью движения (до 250 км/час), высокими мореходными и амфибийными качествами, большой грузоподъемностью (40-50%) от полного водоизмещения, позволяют обслуживать транспортные линии протяженностью (при одной заправке) до 1500 км как по внутренним акваториям, так и в открытом море при волнении до 4-5 баллов, выходить на пологий необорудованный берег.

Могут разрабатываться МТЭ различающиеся по различным признакам: водоизмещением (от 15 до 1000 т); типом и размещением грузов и пассажиров, а также наличием специальных устройств и оборудования в зависимости от функционального назначения аппарата. Возможны различные модификации МТЭ (грузовой, грузопассажирской, паромной, рефрижераторной, спасательной, пожарной, геологоразведочной, научно-исследовательской, рейдовый разгрузчик, перевозчик специальной техники и крупных блочных конструкций весом до 500 т и пр.). Стоимость и сроки разработки и ввода в эксплуатацию МТЭ зависят от стартовой массы: аппарат массой 250 т будет стоить 2,23 млрд. руб. и разрабатываться 5 лет, аппарат массой 1000 т будет иметь соответствующие параметры – 7,20 млрд. руб. и 7 лет.

Эффективным для применения в труднодоступных сибирских и северных территориях страны может быть малый амфибийный экраноход (вместимость 25-30 пассажиров и 2 автомобиля типа УАЗ, крейсерская скорость 150 км/час, дальность 1500 км, высота волны 2 м.) стоимость разработки и изготовления которого из готовых элементов самолетных конструкций, согласно графику Ганта (таблица 2), может составить 30 млн. руб. со сроком реализации проекта 1 год.

Таблица 2 – График Ганта программы создания малого экранохода – аналога «Русь» [2]

Этап	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Разработка рабочей документации	[Progress bar from start to end of Q1]			
Приобретение материалов, комплектующих	[Progress bar from start to end of Q2]			
Подготовка производства	[Progress bar from start to end of Q2]			
Изготовление элементов	[Progress bar from start to end of Q3]			
Сборка конструкции	[Progress bar from start to end of Q4]			
Ходовые испытания	[Progress bar from start to end of Q4]			

Стоимость программы создания четырех многоцелевых транспортных экраноходов (малый амфибийный экраноход «Русь» – два опытных образца, экраноход МТЭ «Обь-250» – два опытных образца) на 2015-2022 гг. для транспортного обслуживания территорий вдоль крупных рек Западной Сибири показана в таблице 3 и 4.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица 3 – Программа создания малого амфибийного экранохода «Русь» (аналог): 25-30 пассажиров и 2 автомобиля типа УАЗ; скорость 150 км/ч; дальность 1500 км, высота волны 2 м, млн. руб. [2]

Этапы создания	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Итого
Разработка конструкторской документации	15	25	–	40
Подготовка производства	–	40	–	40
Изготовление двух опытных образцов	–	60	20	80
Отработка эксплуатации в условиях Сибири и Крайнего Севера	–	–	30	30
Всего по годам	15	125	50	190

Таблица 4 – Программа создания экранохода МТЭ «Обь-250»: водоизмещение 150 т; скорость 200 км/ч; высота волны 4 м, млн. руб. [2]

Этапы создания	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Итого
НИОКР	50	70	70	–	–	–	190
Разработка конструкторской документации	–	60	100	60	–	–	220
Подготовка производства	–	–	90	90	–	–	180
Изготовление двух опытных образцов	–	–	–	780	700	–	1480
Отработка эксплуатации	–	–	–	–	60	100	160
Всего по годам	50	130	260	930	760	100	2230

Перспектива развития производства многоцелевых транспортных экраноходов обусловлена необходимостью освоения восточных и северных территорий России в соответствии с Указом Президента РФ № 296 от 2 мая 2014 г. «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» [3].

В рамках оценки социально-экономической эффективности внедрения высокоскоростных судов на воздушной подушке на водном транспорте Сибири и Крайнего севера авторами статьи разработан бизнес-план одного из предварительных вариантов проекта по производству малых амфибийных экраноходов – аналогов экраноходу «Русь» (инвестиции на основе долгосрочного кредита). График чистого денежного потока, полученного согласно укрупненным расчетам по данному варианту с внутренней нормой доходности 18,5 % и сроком окупаемости 5 лет, представлен на рисунке 3.

Применение МТЭ на водном транспорте Сибири и Крайнего Севера может принципиально изменить схемы и технологию грузовых и пассажирских перевозок: в ряде пунктов исчезнет необходимость создания или расширения капитальных портовых баз и промежуточных перевалочных объектов, поскольку возникает возможность организации перевозок в малоосвоенных районах по принципу «грузоотправитель – конечный пункт назначения». Специфика горно-геологических и природно-климатических условий восточных и северных терри-

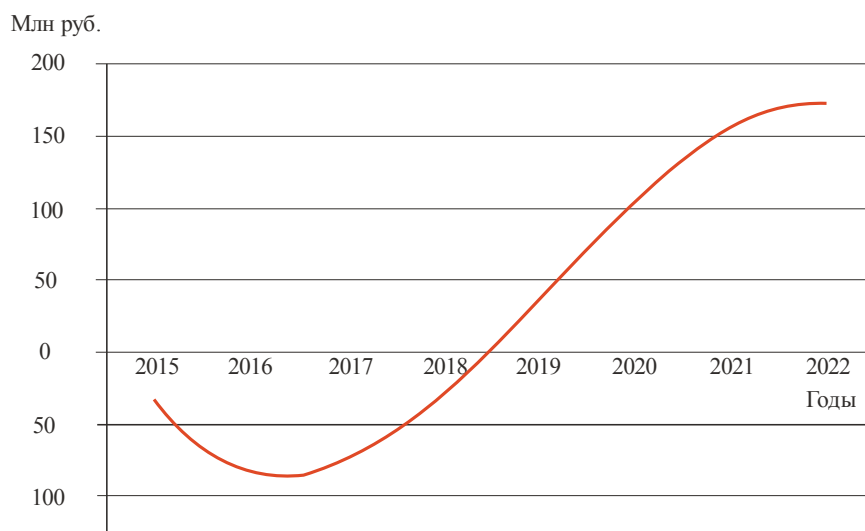


Рисунок 3 – График чистого денежного потока проекта по производству малых амфибийных экраноходов – аналогов экраноходу «Русь» [2]

торий страны такова, что она практически не оставляет выбора для преодоления крупных водных и болотистых преград транспортному сообщению по этим территориям кроме как создания для них индустрии СВП разных модификаций. Их создание может стать существенной частью надежных транспортных коммуникаций как внутри данных регионов, так и их эффективных связей с другими регионами, формировании различного вида транспортных внутренних и международных коридоров России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Владимирова, Т.А. Новые технологии в создании и развитии транспортных систем: монография / Т.А. Владимирова, В.Г. Соколов, А.Э. Юницкий. -Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. -238 с.

2 Владимирова, Т.А. Модернизация транспортной системы регионов Сибири и Крайнего Севера: внедрение многоцелевых экраноходов / Т.А. Владимирова, А.Н. Серьезнов, В.Г. Соколов, С.А. Соколов, Ю.Н. Темлюков // Сибирская финансовая школа. -2014. -№6. -С. 3-9.

3 Указ Президента РФ от 02.05.2014. №296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *разнообразие транспортной системы, инновации, транспортная доступность, технико-экономические проблемы, всесезонность, высокая проходимость, экологичность*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Соколов Виктор Григорьевич, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Соколов Сергей Алексеевич, канд. экон. наук, президент ИСК «Алтайстройинвест»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
656010, г.Барнаул, ул.П.Сухова, 26, ИСК «Алтайстройинвест»

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ТОВАРАМИ И УСЛУГАМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

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

THE PROBLEM OF IMPROVING THE QUALITY OF COLLATERAL STATE BUDGETARY ORGANIZATIONS GOODS AND SERVICES

Siberian state university of water transport
 N.N. Putilova, M.G. Sunina, S.N. Maslennikov

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

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

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

В Российской Федерации потребности бюджетных учреждений (организаций) в необходимых для их деятельности товарах, работах, услугах, и выбор поставщиков (подрядчиков, исполнителей) определяются путем проведения конкурсов, аукционов, запроса котировок, запроса предложений, закупки у единственного поставщика. Конкурсы могут быть открытыми, с ограниченным участием, двухэтапными, закрытыми, закрытыми с ограниченным участием, аукционы – электронными или закрытыми [1].

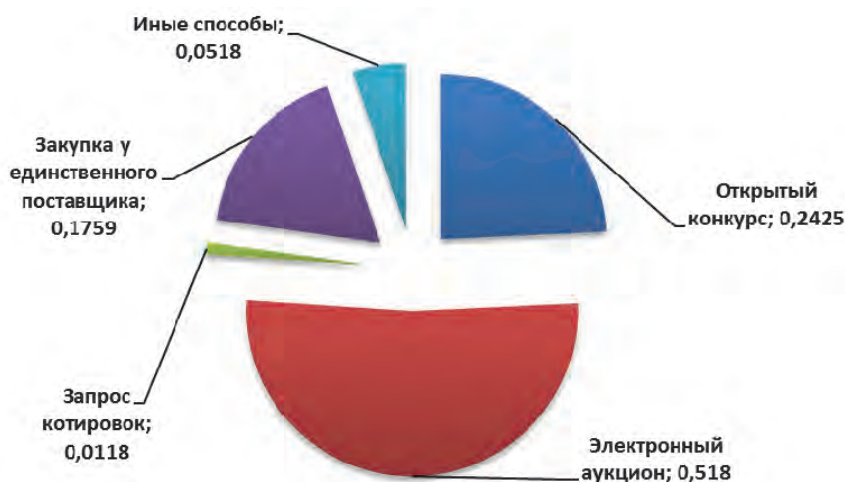


Рисунок 1 – Распределение заказа по способам определения поставщика

В 2014 г. в целом по РФ было опубликовано 2781706 извещений о проведении закупок на сумму 6022607,1 млн. руб., заключено 5783917 контрактов на 5517308,6 млн. руб., количество зарегистрированных заказчиков – 249466 [4].

По способам определения поставщика заказы в 2014 г. распределились следующим образом (рисунок 1).

Основными правовыми документами, регулирующими определение поставщиков под-

рядчиков, исполнителей для нужд государственных и муниципальных организаций за счет бюджетных ассигнований являются Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ) и Федеральный закон № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (Закон о контрактной системе).

Размещение государственных заказов дополнительно определяется также специальными законодательными и подзаконными актами:

- Федеральным законом от 23 августа 1996 г. №127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»;
- Федеральным законом от 25 февраля 1999 г. №39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений»;
- Федеральным законом от 13 декабря 1994 г. №60-ФЗ «О поставках продукции для федеральных государственных нужд»;
- Приказ Минобрнауки России от 1 ноября 2012 г. №881;
- Письмо Минэкономразвития России от 23 сентября 2013 г. №Д28и-1070;
- Письмо Минэкономразвития России от 31 декабря 2013 г. №АЦ/54346/13;
- Постановление Правительства РФ от 24 декабря 2013 г. №1224 и др.

Федеральный закон № 44-ФЗ вступил в силу с 1 января 2014 г. и заменил Федеральный закон от 21 июля 2005 г. №94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд». При разработке закона был учтен имеющийся опыт осуществления государственных и муниципальных закупок, а также международная практика, в том числе основные положения модельного законодательства Комиссии Организации Объединенных Наций по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ).

Одна из основных целей Закона о контрактной системе – существенное повышение качества закупок для государственных и муниципальных учреждений за счет применения системного подхода к формированию, размещению и исполнению контрактов и обеспечения прозрачности всего процесса закупок (от планирования до приемки и анализа контрактных результатов). Закон регулирует отношения, связанные с прогнозированием, планированием и осуществлением закупок товаров, работ и услуг, а также с мониторингом, контролем и аудитом за соблюдением предусмотренных законом требований.

Контрактная система является важным регулятором экономических процессов в сфере закупок на федеральном и муниципальном уровнях. На рисунке 2 отражены основные задачи контрактной системы.

К важнейшим задачам системы госзаказа для государственных бюджетных учреждений относятся: снижение бюджетных трат и борьба с коррупцией путем тотальной регламента-

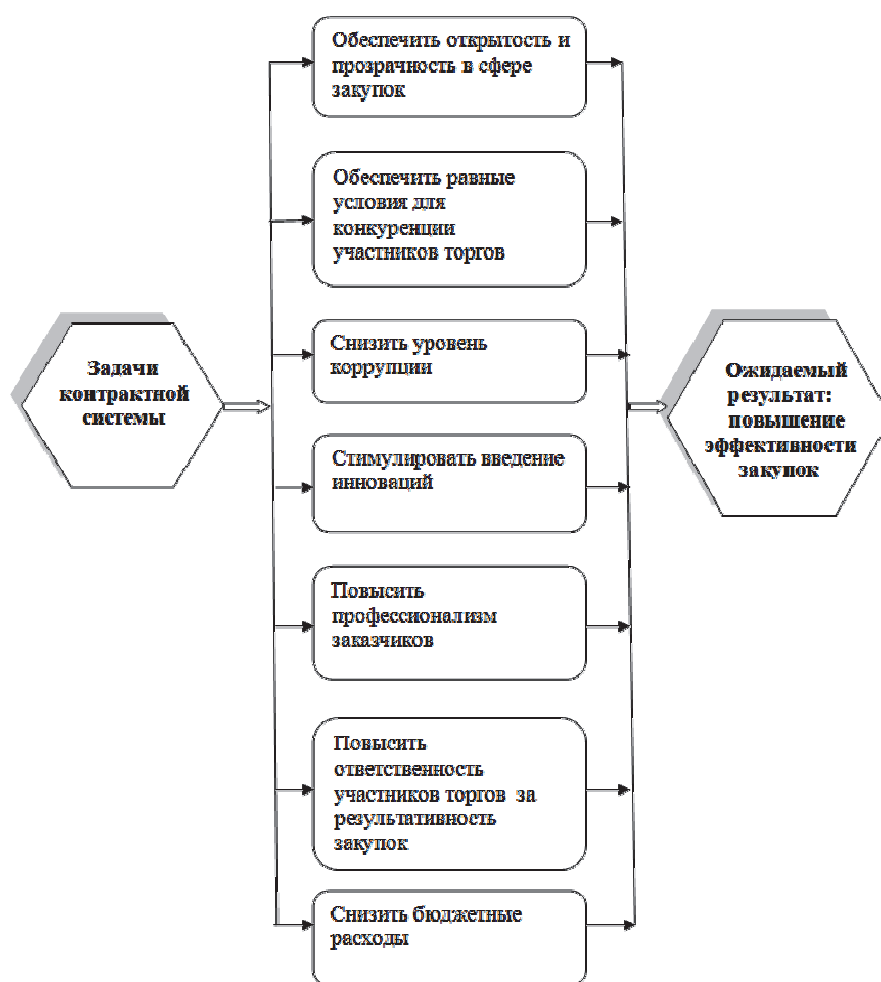


Рисунок 2 – Основные задачи контрактной системы

ции процедуры закупок.

Закон о контрактной системе является основным для бюджетных учреждений всех уровней: федерального, муниципального, субъекта Российской Федерации. На долю заказов федерального уровня в 2014 г. приходилось более 44% стоимости всех заключенных контрактов. В таблице дана динамика распределения контрактов по уровням заказчика в 2012-2014 гг. Таблица составлена по материалам официального сайта госзакупок [5].

Таблица – Распределение контрактов по уровням заказчика, %

Год	Федеральный уровень	Муниципальный уровень	Уровень субъекта РФ
2012	46,26	15,38	38,36
2013	39,03	20,05	40,92
2014	44,34	17,55	38,11

Контрактная система предполагает реализацию механизма регулирования полного цикла закупок. Для того чтобы механизм регулирования полностью заработал, и контрактная система контролировала и регламентировала траты бюджета, необходимы соответствующие подзаконные акты, от содержания которых зависит эффективность процесса обеспечения нужд государственных бюджетных организаций. В соответствии с ч.3 ст.4 Федерального закона о контрактной системе, в сфере закупок должна быть создана единая информационная система (ЕИС), содержащая:

- планы закупок и планы-графики;
- информацию о закупках, реализации планов, исполнении контрактов;
- реестры недобросовестных поставщиков (подрядчиков, исполнителей), банковских гарантий, жалоб, проверок, выданных предписаний;
- перечни иностранных государств и международных финансовых организаций, с которыми заключены международные договоры;
- библиотеку типовых контрактов и типовых условий;
- нормативные правовые акты, регулирующие отношения в сфере закупок, касающиеся планирования, определения поставщиков (подрядчиков, исполнителей), заключения гражданско-правового договора на поставку товара, (выполнение работы, оказание услуги), мониторинга закупок, аудита, контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации;
- иную информацию.

Эффективность функционирования ЕИС в сфере закупок напрямую зависит от наполнения и доступности единой информационной системы, а также перечня и содержания, входящих в нее нормативных и правовых актов. Наличие подзаконных актов как источника права является необходимым фактором принятия эффективных решений для всех участников контрактной системы и, следовательно, важнейшим условием повышения качества обеспечения государственных бюджетных учреждений товарами и услугами. Единая информационная система не функционирует в полном режиме, так как подзаконные акты вступают в силу поэтапно, и отдельные положения и нормативные правовые акты начнут действовать только с 2016-2017 гг. Это ведет к ошибкам, различного рода недоработкам в сфере организации и проведения закупок, что негативно отражается на качестве обеспечения государственных нужд.

Закон о контрактной системе в большей степени, чем действовавший ранее Федеральный закон №94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» нацелен на обеспечение интересов заказчиков:

- расширен перечень случаев, когда устанавливается обязанность обеспечения заявки и обеспечения исполнения контрактов;
- усилена ответственность участников закупок (поставщиков, посредников) за неисполнение или ненадлежащее исполнение контрактов;
- расширен перечень сведений, подлежащих включению в реестр недобросовестных поставщиков;
- определен порядок приемки поставленного товара, проведения экспертизы результатов выполненной работы или оказанной услуги в части их соответствия количеству, комплектности, объему и др. требованиям, установленным контрактом;

Однако возможны ситуации, когда указанные изменения могут вступать в противоречия

с интересами заказчиков.

Во-первых, обеспечение исполнения контракта не всегда является обязательным, исключение касается случаев, указанных в ч.2, ст.96., если отдельными законами и актами не предусмотрено иное.

Во-вторых, для обеспечения исполнения контракта может использоваться банковская гарантия, либо денежные средства, внесенные поставщиком (подрядчиком, исполнителем) на счет заказчика. Указанные способы являются обременительными для поставщиков: использование банковской гарантии отражается на цене контракта, а внесение денежных средств на счет заказчика связано с изъятием поставщиками определенной суммы денег из оборота, что, естественно, невыгодно для предпринимателей. Следовательно, оба способа обеспечения исполнения контракта снижают желание предпринимателей участвовать в госзакупках. В результате объявленные конкурентные процедуры могут не состояться, и, соответственно, нужды государственных учреждений не будут своевременно удовлетворены.

При признании конкурса несостоявшимся, заказчику предлагается организовать повторную закупку, что потребует от него дополнительных затрат времени и средств. При проведении дополнительного конкурса не исключено повторение результата: торги могут не состояться из-за отсутствия участников, либо отклонения всех заявок. В этом случае заказчик может перейти к проведению запроса предложений. Если победитель опять не будет выявлен, то заказчик должен внести изменения в план-график и заново объявить торги.

Аналогичные правила установлены и в отношении несостоявшихся электронных аукционов, при этом отсутствует требование о проведении повторных торгов. Заказчик сразу после первого несостоявшегося аукциона может перейти к проведению запроса предложений или иного способа (ч.4, ст.71). Процедура закупки может затянуться надолго и ничем не завершиться, так как, если никто не подал заявку на первоначальную закупку, то скорее всего не изменится ситуация и при повторных закупках и запросе предложений. В этом случае для привлечения участников заказчик должен пересмотреть условия закупки, сделать их более привлекательными. Однако изменение требований, как правило, отражается на цене контракта и качестве приобретаемых товаров – высока вероятность закупки низкокачественных товаров, работ, услуг.

Таким образом, законодательно установленный порядок закупок, касающийся случаев признания конкурса или аукциона несостоявшимся, с одной стороны, направлен на обеспечение конкуренции и уменьшение коррупции в сфере закупок, а с другой, ведет к потерям времени заказчиков, несвоевременному удовлетворению их нужд и увеличению документооборота. В конечном итоге снижается качество обеспечения федеральных и муниципальных организаций необходимыми товарами и услугами. Что касается коррупции, то, во избежание ситуации признания конкурса несостоявшимся, заказчики негласно сами подыскивают участников, подходящих под условия закупки. Имеют место случаи, когда заказчик готовит необходимые документы за участников и, более того, предварительно оговаривает с участником условия закупки.

Потери времени – достаточно существенный негативный фактор не только для заказчиков, но и для участников закупок. Им приходится проводить мониторинг объявлений о закупках, готовить заявку и другие необходимые документы, контролировать процедуры закупки, а результат участия не всегда положителен. Поэтому многие предприниматели предпочитают реализовывать товары, оказывать услуги и выполнять работы в сферах, не связанных с государственными закупками.

Для повышения эффективности процесса закупок в Законе о контрактной системе сформулирован и закреплен принцип профессионализма заказчика, в соответствии с которым деятельность заказчика должна осуществляться на профессиональной основе с привлечением квалифицированных специалистов, имеющих теоретические знания и практические навыки в сфере закупок. «Работником контрактной службы или контрактным управляющим может быть лицо, имеющее профессиональное образование или дополнительное профессиональное образование в сфере размещения заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» (ч.23, ст.112). Система подготовки и переподготовки специалистов по госзакупкам функционирует, и руководители государственных бюджетных организаций должны принимать меры по повышению и поддержанию уровня квалификации и профессионального образования лиц, занятых в этой сфере.

В настоящее время принцип профессионализма заказчика реализуется в основном пу-

тем создания в организации контрактной службы как отдельного структурного подразделения заказчика и введения должности начальника подразделения – контрактного управляющего. В обязанности работников контрактной службы входит организация и осуществление закупок:

- составление планов и планов-графиков закупок;
- подготовка необходимой документации и размещение извещений о закупках;
- организация заключения контрактов с поставщиками продукции, подрядчиками, исполнителями;
- контроль исполнения заказов и др.

В соответствии с Федеральным законом №44-ФЗ и Типовым положением (регламентом) о контрактной службе (Приказ Минэкономразвития России от 29 октября 2013 г. №631) в организации, вместо создания специального структурного подразделения, может быть утвержден состав работников, выполняющих функции контрактной службы и назначен контрактный управляющий из числа работников.

Как правило, руководители федеральных и муниципальных организаций возлагают обязанности контрактной службы (контрактного управляющего) на своих работников, занимающих должности экономистов, бухгалтеров, юристов, при этом их обязанности совмещаются также с обязанностями члена комиссии по закупкам. Во-первых, это противоречит духу закона – по сути одно лицо может представлять интересы и заказчика, и организатора закупок, и выполнять экспертизу качества товара. Во-вторых, совмещение работниками обязанностей по основной должности и контрактной службе не способствует качественной организации закупок, тем более, если это совмещение адекватно не оплачивается. Такой подход к организации закупок не стимулирует работников, занимающихся обеспечением государственных и муниципальных нужд, повышать свой профессиональный уровень и стремиться к результативным закупкам. Единственным фактором заинтересованности работников в поддержании и повышении своей квалификации в сфере закупок является административный штраф. Кодексом РФ об административных правонарушениях за нарушение, допущенное должностным лицом заказчика в сфере закупок, предусмотрен штраф в размере до 50 000 руб. Подобная административная мера не является обременительно ощутимой для работника, так как руководство предприятия старается, как правило, изыскать возможность соответствующей «финансовой» помощи сотруднику, допустившему правонарушение.

Качество обеспечения нужд государственных учреждений во много зависит от руководителя, его знания законодательства, нормативных актов во всех сферах жизнеобеспечения вверенного ему учреждения. Утверждая состав работников, занимающихся закупками, или создавая контрактную службу как отдельное структурное подразделение руководитель должен быть уверен в высокой квалификации соответствующих сотрудников, в том, что они компетентны в вопросах, касающихся законодательства о контрактной системе, организации закупок и др. В этом случае можно ожидать, что не будут нарушены правовые нормы, и в результате закупок учреждение будет своевременно обеспечено необходимыми и качественными товарами, работами и услугами.

Для повышения качества закупок в Законе о контрактной системе прописан комплекс мер, реализуемых после заключения контракта и направленных на достижение целей закупки, в том числе указан порядок приемки товаров, работ, услуг (§7, ст.94). Процесс приемки должен проходить в несколько этапов:

- проведение экспертизы закупленного товара, оказанной услуги или выполненной работы, а также отдельных этапов исполнения контракта;
- непосредственная приемка и оплата товара, выполненной работы, оказанной услуги или отдельного этапа закупки;
- взаимодействие заказчика с поставщиком (подрядчиком, исполнителем) при изменении, расторжении контракта, применении мер ответственности в случае нарушения поставщиком или заказчиком условий контракта.

Экспертизу проводит заказчик своими силами, либо сторонний эксперт (независимая организация). Проверяется соответствие поставки условиям контракта в части количества, комплектности и др. характеристик закупки, предусмотренных договором (контрактом) с поставщиком. Обязательное требование к экспертам – наличие специальных знаний, опыта и квалификации в области объекта закупки. Законом о контрактной системе установлены случаи, когда заказчик при осуществлении закупки у единственного поставщика (подрядчика, исполнителя) должен привлекать в качестве эксперта внешнее лицо и заключить с ним со-

ответствующий договор. Это касается, например, некоторых случаев закупки печатных и электронных изданий определенных авторов для обеспечения деятельности государственных и муниципальных образовательных учреждений у издателей, которым принадлежат исключительные права на использование таких изданий, оказания услуг по предоставлению доступа к таким электронным изданиям, заключения договора энергоснабжения или договора купли-продажи электрической энергии с гарантирующим поставщиком электрической энергии, заключения контракта на оказание преподавательских услуг и др. (п.14, 29, 33 и др. ч.1 ст.93).

Законом о контрактной системе предусмотрено право экспертов запрашивать у заказчика и исполнителя в случае необходимости дополнительные материалы, касающиеся исполнения контракта. В письме Минэкономразвития России от 30 сентября 2014 г. №Д28и-1889 указано, что результаты экспертизы могут быть оформлены по выбору заказчика: путем проставления визы (подписи) эксперта на документе о приемке товара, работы, услуги, либо путем составления специального экспертного заключения, либо иным образом.

Экспертное заключение подписывается экспертом или уполномоченным представителем экспертной организации. В ч.5, ст.94 указано, что заключение «должно быть объективным, обоснованным и соответствовать законодательству Российской Федерации. В случае если по результатам такой экспертизы установлены нарушения требований контракта, не препятствующие приемке поставленного товара, выполненной работы или оказанной услуги, в заключение могут содержаться предложения об устранении данных нарушений, в том числе с указанием срока их устранения». Указанная правовая норма направлена на повышение качества экспертизы, а также ответственности экспертов, заказчиков и исполнителей за результаты закупки.

В соответствии с ч.7, ст.94 Федерального закона №44-ФЗ, приемка результатов отдельного этапа исполнения контракта, а также закупленного товара, работы или услуги осуществляется в порядке и в сроки, которые установлены контрактом, и оформляется документом о приемке. По решению заказчика для приемки поставленного товара, выполненной работы или оказанной услуги, либо результатов отдельного этапа исполнения контракта может создаваться приемочная комиссия, которая состоит не менее чем из пяти человек (ч.6, ст.94). Документ приемки подписывается заказчиком, а в случае создания комиссии – всеми членами комиссии и утверждается заказчиком. При выявлении нарушений условий контракта заказчик направляет исполнителю в письменной форме мотивированный отказ от подписания документа о приемке.

Для повышения ответственности исполнителя за результаты закупки заказчик обязан разместить на официальном сайте Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» отчет об исполнении контракта или отдельного этапа контракта. Если к проведению экспертизы привлекалась экспертная организация (сторонний эксперт), то в отчете наряду с документом о приемке должны быть представлены и результаты экспертизы. Не все заказчики в полной мере осознают значимость стадии приемки результатов исполнения контракта. Привлечение к проведению экспертизы лиц, не имеющих соответствующей квалификации и знаний по объекту закупки, либо недостаточно ответственное отношение заказчика к процессу приемки товара (работы, услуги) снижает качество обеспечения государственных нужд.

Более того, не все заказчики должным образом выполняют свои обязанности по размещению на официальном сайте информации о результатах закупки. Отчет должен содержать информацию (ч.9, ст.94):

1) об исполнении контракта (результаты отдельного этапа исполнения контракта, осуществленная поставка товара, выполненная работа или оказанная услуга, в том числе их соответствие плану-графику), о соблюдении промежуточных и окончательных сроков исполнения контракта;

2) о ненадлежащем исполнении контракта (с указанием допущенных нарушений) или о неисполнении контракта и о санкциях, которые применены в связи с нарушением условий контракта или его неисполнением;

3) об изменении или о расторжении контракта в ходе его исполнения.

Предоставление неполной информации (о санкциях, допущенных нарушениях и др.) либо не соблюдение сроков предоставления информации не способствует повышению ответственности поставщиков, подрядчиков и посредников за неисполнение или ненадлежащее исполнение контрактов. Данный факт также не способствует решению проблемы качествен-

ного обеспечения потребностей государственных учреждений.

Существенным фактором, препятствующим качественному исполнению заказа, путем проведения электронного аукциона, например, является законодательно установленный критерий выбора победителя при проведении закупки – цена контракта. Победителем становится участник, предложивший наименьшую плату за поставку товара, выполнение работы, оказание услуги. Низкая цена контракта, в конечном итоге, может привести к снижению качества закупки, так как качественные характеристики товаров, работ, услуг непосредственно зависят от затрат на выполнение заказа. Более того, низкая цена контракта может привести к неисполнению заказа или к затягиванию сроков исполнения заказа, в силу недостаточности перечисленных заказчиком денежных средств.

Введение антидемпинговых мер (ч.1-3, ст.37) не решает проблем, связанных с исполнением заказа, а информация в реестре контрактов о добросовестности участников закупок не является гарантией исполнения им своих обязательств. В условиях нестабильной экономики даже незначительное снижение цены может негативно отразиться на качестве закупки. Цена контракта не может быть основным критерием, определяющим участника-победителя. Необходимо использовать комплекс критериев и адекватную систему баллов для определения значимости каждого критерия. Такой подход существует, но не все заказчики используют его для объективной оценки предложения участников и рационального выбора исполнителя.

В целом, следует признать, что Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» сыграл определенную положительную роль в упорядочивании отношений между заказчиком и участниками госзакупок. Однако имеются недостатки в функционировании контрактной системы, обусловленные правовыми, организационными, личностными и др. факторами, которые могут препятствовать качественному исполнению контрактов, что, соответственно, отражается на обеспечении нужд государственных бюджетных учреждений.

Отсутствие прозрачности всего цикла закупок, недоработки в правовой системе обеспечения государственных нужд. Неисполнение требований законодательства, ограничение конкуренции, недостаточный контроль над закупками со стороны уполномоченных на это органов ведут к многочисленным нарушениям, которые по данным Генеральной прокуратуры, Следственного комитета и ФАС Российской Федерации носят устойчивый характер. В 2013 г. следственными органами было заведено 165 дел в сфере закупок, в 2014 г. – 217, а за 1 квартал 2015 г. – 203 дела [3].

Значительное количество нарушений происходит по вине заказчика: неточности и ошибки при составлении документации по закупкам, недостаточное обоснование начальной цены, неправильный выбор способа определения участника, включение в конкурсную и аукционную документацию незаконных требований, отсутствие в контрактах пункта, устанавливающего ответственность поставщика (подрядчика, исполнителя) за невыполнение или некачественное исполнение обязательств.

Нельзя не отметить планомерное внедрение законодателем процедур, обеспечивающих заблаговременное информирование всех участников закупок о процессе размещения заказа. Закон №44-ФЗ предусматривает планирование закупок в двух формах: формирование планов закупок и формирование планов-графиков закупок товаров, работ, услуг. В настоящее время обязательным документом в сфере планирования является только план-график. С 01.01.2015 г. вступили в силу положения ст.17 Закона №44-ФЗ части обязанности по формированию и утверждению планов закупок на очередной финансовый год (2016 год) и плановый период. В соответствии с поправками в Бюджетный кодекс плановым периодом будет только 2016 год, а не 2016-2018 гг. как прежде.

С 1 января 2016 года вступает в силу правило: закупки, не предусмотренные планами-графиками, не могут быть осуществлены (ч.11, ст.21 Закона №44-ФЗ).

На наш взгляд целесообразно, чтобы утверждение плана закупок и плана-графика, а также внесение в них изменений утверждалось приказами по учреждению. Сделать это необходимо по следующим причинам. Во-первых, законодательство устанавливает сроки утверждения планов и сроки размещения на официальном сайте и издание приказа обеспечить перераспределение ответственности должностных лиц за конкретные сроки. Во-вторых, кроме информирования участников закупок в самом учреждении обязательное исполнение плана закупок и планов-закупок должно сопровождаться рядом организационных мер, в реализации которых принимает участие контрактная служба, подразделения-

заказчики и вспомогательные подразделения.

Для реализации задач и повышения эффективности функционирования контрактной системы важно своевременно выявлять контрактные риски (недостатки контрактной системы, нарушения со стороны участников закупок и др.) и принимать меры по их устранению.

К основным рискам контрактной системы в сфере закупок, по мнению авторов статьи, относятся:

- неоднозначная трактовка отдельных статей Федерального закона №44-ФЗ;
- отсутствие части необходимых нормативных и правовых актов, регулирующих отношения между участниками контрактной системы;
- незаконченность процесса формирования единой информационной системы в сфере закупок;
- отсутствие эффективной системы критериев для выбора участника-победителя;
- кризисные явления в экономике;
- недостатки в системе бюджетирования государственных учреждений;
- ненадлежащее исполнение заказчиками, поставщиками, посредниками, экспертами и др. участниками контрактной системы своих обязанностей, определенных законом;
- низкая квалификация работников контрактных служб и контрактных управляющих;
- необоснованность планов и планов-графиков закупок;
- недостаточное внимание руководителей государственных бюджетных учреждений к имеющимся недостаткам в работе контрактных служб, неадекватная оценка нужд учреждения;
- отсутствие в государственных бюджетных учреждениях эффективной системы стимулирования качественных закупок.

В настоящее время Закон о контрактной системе нельзя назвать окончательно отредактированным, часть указанных проблем будет решена внесением соответствующих поправок в законодательство. Введение в действие единой информационной системы повысит ответственность участников закупок за результаты исполнения заказа, уменьшит вероятность правонарушений, даст возможность осуществлять мониторинг всей процедуры закупок. Отмеченные недостатки в организации работы контрактных служб государственных бюджетных учреждений также устранимы. Положительную роль в снижении многих рисков контрактной системы может сыграть перевод всех государственных закупок в электронный формат.

Комплексное решение рассмотренных проблем в сфере госзакупок позволит повысить эффективность функционирования контрактной системы. В результате возрастет качество обеспечения государственных бюджетных учреждений необходимыми товарами, работами и услугами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // СПС КонсультантПлюс.
- 2 Гринев, В.П. Новое в регулировании правоотношений в сфере обеспечения государственных и муниципальных нужд / В.П. Гринев // Право и экономика. -2014. -№3. -С. 39-55.
- 3 Режим доступа: http://bankovskayagarantiya.ru/novosti/narusheniya_v_sfere_goszakupok_na_vseh_urovnyah. -30.08.2015.
- 4 Режим доступа: <http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>. -30.08.2015.
- 5 Режим доступа: <http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/analytics/public-control.html>. -30.08.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *контрактная система, конкурсные торги, закупки товаров, качество обеспечения, государственные нужды, заказчики и участники закупки, контрактные риски*

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

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

БЕЗОПАСНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Дегтярева

SAFETY CONDITIONS OF TRANSFER WORKS

Siberian state university of water transport

V.V. Degtyareva

The safety speed of moving load is calculated, which eliminates the possibility of over turn in the case of damage.

Keywords: safety speed, moving of load, damage stop

Рассчитана безопасная скорость движения груза, исключая возможность его опрокидывания при аварийной остановке.

При производстве погрузо-разгрузочных работ часто приходится перемещать груз автопогрузчиком или по ленте транспортера. В том и другом случае при внезапной остановке транспортного средства возникают значительные ударные нагрузки, которые могут привести к опрокидыванию перемещаемого груза вокруг его закрепленного ребра. В статье рассчитывается безопасная скорость перемещения груза, исключая возможность возникновения аварийной ситуации.

Рассмотрим общий случай положения груза на наклонной под углом α к горизонту ленте транспортера, движущейся со скоростью v (рисунок 1)

Применим к грузу в момент аварийной остановки ленты транспортера теорему об изменении кинетического момента в следующем виде [1]

$$K_{oz}^1 - K_{oz}^o = M_{oz}(\bar{S}_o), \quad (1)$$

где K_{oz}^1, K_{oz}^o – моменты количества движения груза относительно оси Oz после и до аварийной остановки (удара);

$M_{oz}(\bar{S}_o)$ – момент от внешнего ударного импульса, приложенного в точке крепления ребра груза (при отсутствии ударного трения равен нулю), $M_{oz}(\bar{S}_o) = 0$.

До остановки груз движется поступательно со скоростью v , следовательно, его кинетический момент определяется по формуле

$$K_{oz}^o = M \frac{h}{2} v.$$

Предположим, что после внезапной остановки груз начнет опрокидываться вокруг оси Oz с угловой скоростью ω , тогда его кинетический момент будет иметь вид

$$K_{oz}^1 = J_{oz} \omega,$$

где J_{oz} – момент инерции блока относительно оси Oz, который можно определить по методу Гюйгенса

$$J_{oz} = J_{oz} + M(OC)^2 = M \frac{(h^2 + l^2)}{3}.$$

Подставляя вышеприведенные зависимости в формулу (1), получим

$$M \frac{(h^2 + l^2)}{3} \omega - M \frac{h}{2} v = 0 \text{ или } \omega = \frac{3hv}{2(h^2 + l^2)}. \quad (2)$$

Применим к грузу, получившему в результате удара угловую скорость ω , теорему об изменении кинетической энергии [1]

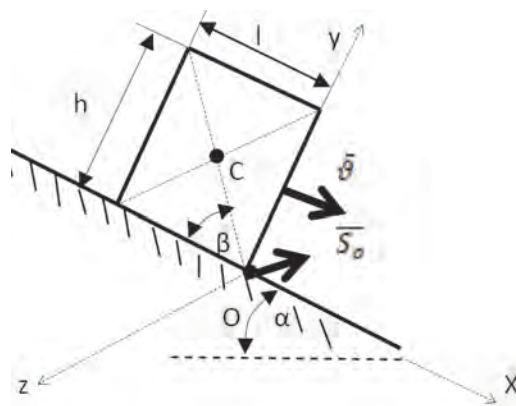


Рисунок 1 – Расчетная схема груза в момент аварийной остановки ленты транспортера

$$T_1 - T_0 = \sum_{k=1}^N A_k^e \quad (3)$$

где T_1, T_0 – кинетические энергии груза в конечном и начальном положениях груза;

$\sum_{k=1}^N A_k^e$ – суммарная работа внешних сил на рассматриваемом перемещении груза.

В начальном положении, после внезапной остановки транспортерной ленты, груз приобретает в результате удара угловую скорость ω , тогда его кинетическая энергия имеет следующий вид

$$T_0 = \frac{J_{oz}\omega^2}{2} = \frac{3Mh^2g^2}{8(h^2 + l^2)}.$$

В качестве конечного примем положение груза в наивысшем положении (рисунок 2), когда он повернется на угол $\varphi = 90^\circ - \beta - \alpha$. Чтобы груз в этот момент не опрокинулся, его угловая скорость должна быть равна нулю, следовательно, $T_1 = 0$.

На перемещении груза в наивысшее положение (рисунок 2) работу совершает только сила тяжести

$$\sum_{k=1}^N A_k^e = -P \cdot OC1 - \sin(\alpha + \beta) = -Mg \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2} [1 - \sin(\alpha + \beta)].$$

Приравнявая полученное выражение для работы силы тяжести начальной кинетической энергии груза согласно формуле (3), выразим безопасную скорость движения транспортерной ленты, при которой не произойдет опрокидывания груза при аварийной остановке механизма

$$g \leq 2 \sqrt{\frac{g \sqrt{(h^2 + l^2)^3} [1 - \sin(\alpha + \beta)]}{3h^2}}.$$

Если учесть простейшие тригонометрические формулы, то вышеприведенную зависимость можно представить в виде

$$g \leq 2 \sqrt{\frac{g \sqrt{(h^2 + l^2)^3}}{3h^2} [\sqrt{h^2 + l^2} - (h \cos \alpha + l \sin \alpha)]}.$$

Полученная зависимость позволяет по известным размерам груза и углу наклона ленты транспортера определять величину допустимой скорости движения механизма.

Для частого случая, когда $h \approx l$, можно получить более простую зависимость для предельной скорости движения груза

$$g \leq 2 \sqrt{\frac{2gl}{3} [\sqrt{2} - (\cos \alpha + \sin \alpha)]}.$$

Оценить степень влияния угла наклона транспортерной ленты и размеров груза на величину предельной скорости движения ленты позволяет нижеприведенный график (рисунок 3), построенный по последней зависимости.

Как видно из графика (рисунок 3), величина допустимой скорости движения уменьшается примерно в два раза при увеличении угла наклона ленты транспортера от 0° до 25° , при-

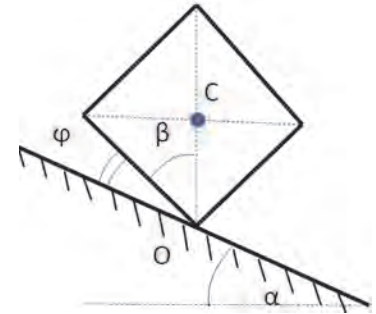


Рисунок 2 – Наивысшее положение центра масс груза

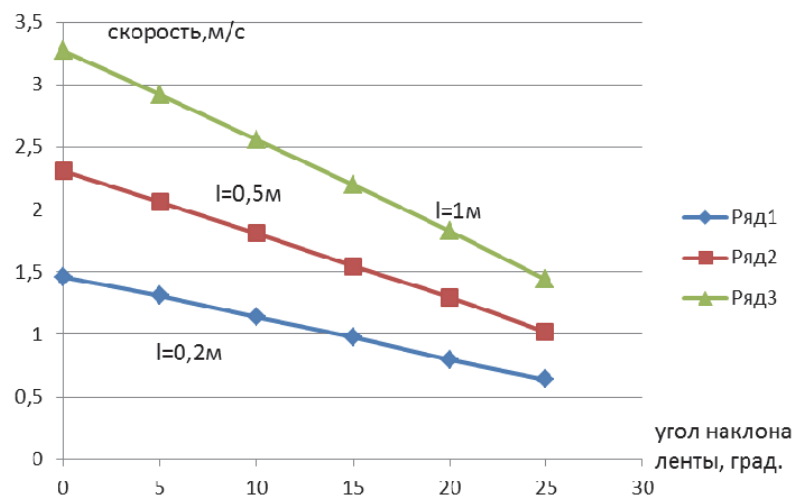


Рисунок 3 – Влияние размера груза и угла наклона ленты транспортера на величину безопасной скорости движения

чем степень сокращения возрастает с увеличением размеров груза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. -СПб.: Лань, 2002. Т.1,2. -719 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасная скорость, движение груза, аварийная остановка
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Десятарева Вера Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВБЛИЗИ НАГЕЛЯ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.М. Попов, В.Б. Зиновьев, Л.А. Сподарева

STRAIN STATE OF THE ELEMENTS OF THE WOODEN BRIDGE STRUCTURES NEAR NAGEL OF ROUND SECTION

Siberian state transport university

A.M. Popov, V.B. Zinovjev, L.A. Spodareva

The method of holographic moire in counter bunches, with use of the high-frequency metalized rasters: was applied to studying of the deformed condition of wood near Nagel of round section. Three types of connections are tested.

Keywords: bridge, strain, wood, holographic moire, nog

Метод голографического муара во встречных пучках, с использованием высокочастотных металлизированных растров, применялся для изучения деформированного состояния древесины вблизи нагеля круглого сечения. Испытаны три типа соединений.

Для соединения отдельных элементов деревянных мостовых конструкций традиционно применяют стальные нагели круглого сечения, которые устанавливаются в предварительно просверленные отверстия. При работе вблизи нагеля в древесине возникает сложное деформированное состояние, достоверно оценить которое можно экспериментальными методами. Метод голографического муара достаточно успешно применялся для изучения деформированного состояния древесины вблизи нагеля крестообразного поперечного сечения [1-4]. В данной статье метод голографического муара применяется для изучения деформированного состояния древесины вблизи нагеля круглого поперечного сечения.

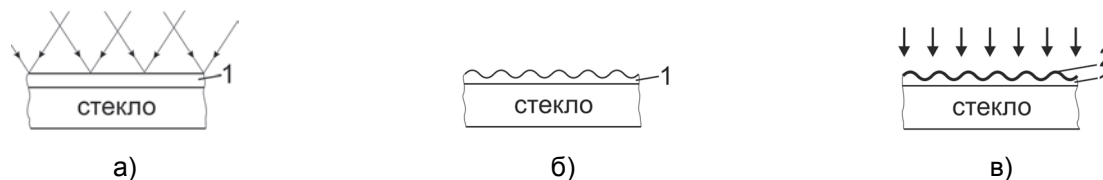


Рисунок 1 – Основные этапы создания металлизированного растра: 1-фотоэмульсия; 2-металлическое покрытие

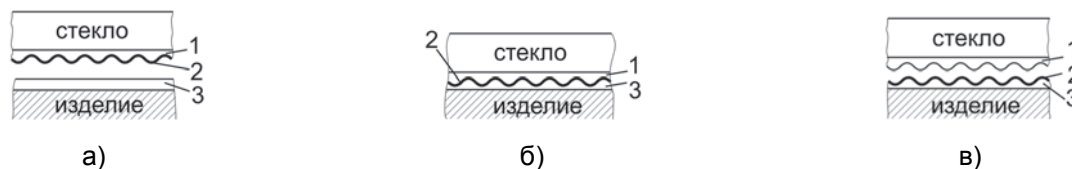


Рисунок 2 – Основные этапы нанесения металлизированного растра на изделие: 1-фотоэмульсия; 2-металлическое покрытие; 3-клей

Сущность метода заключается в следующем. На поверхность изучаемого изделия наносится металлизированный растр. Методика нанесения растров следующая [5, 6]. На стандартной фотопластинке методом контактной фотопечати (при изготовлении низкочастотных растров) или регистрацией стоячего интерференционного поля, образующегося в зоне пересечения двух плоских когерентных пучков света, записывают растр нужной частоты (рисунок 1а и 1б). При изготовлении высокочастотных растров должны использоваться высоко разрешающие голографические фотопластинки типа ЛОИ-2 или ПЭ-2. Обработку фотопластинок следует проводить в контрастном проявителе Д-19. После проявления фотопластин-

ка отбеливается в 5%-ном растворе хлорной меди.

На эмульсионный слой высушенной фотопластинки вакуумным термическим напылением наносится слой металла, например алюминия (рисунок 1в). Толщина напыленного слоя не имеет большого значения, важно чтобы слой был сплошным и однородным.

Фотопластинка напыленным металлическим слоем, с помощью полимеризирующегося клея, например эпоксидного, приклеивается к исследуемому участку поверхности изделия (рисунок 2а и 2б). После полимеризации клея фотопластинка отрывается от изделия и на поверхности клеевого слоя остается слой металла, сохраняющий рельеф раstra (рисунок 2в). Излишки клея удаляются механически.

Образец с нанесенным растром устанавливался в нагрузочной машине. Затем перед поверхностью исследуемого образца, закреплялась высокоразрешающая фотопластинка. Фотопластинка дважды экспонировалась коллимированным пучком лазерного света. Первая экспозиция проводилась в начальном состоянии древесины, вторая – после нагружения. После второго экспонирования фотопластинка отделялась от образца и подвергалась фотохимической обработке.

Полученные интерферограммы восстанавливались в белом свете. Положение интерференционных полос определяется перемещением тождественных точек образца между экспозициями [5-10]. Интерференционные полосы, наблюдаемые в отраженном голограммой свете, определяются интерференцией освещающего света и света отраженного от поверхности и для интерпретации интерференционных полос, наблюдаемых в отраженном голограммой свете, можно использовать уравнение

$$U_B \cos \alpha + V_B \cos \beta + W_B (1 + \cos \gamma) = N\lambda \quad (1)$$

Оптические картины, наблюдаемые на просвет, определяются интерференцией пучков отраженных от поверхности изделия и

$$\left[U_B \cos \alpha + V_B \cos \beta + W_B (1 + \cos \gamma) \right] - \left[U_D \cos \alpha_R + V_D \cos \beta_R + W_D (1 + \cos \gamma_R) \right] = N\lambda . \quad (2)$$

При исследовании инженерных конструкций чаще всего приходится иметь дело с плоскими участками поверхности или с участками, кривизной которых можно пренебречь. В этом случае $\alpha_R = 90^\circ$, $\beta_R = 90^\circ$ и $\gamma_R = 0$ уравнение (2) принимает вид

$$U_B \cos \alpha + V_B \cos \beta + W_B (1 + \cos \gamma) - 2W_D = N\lambda . \quad (3)$$

В уравнениях (1) и (2) искомыми величинами являются компоненты U , V и W вектора перемещения $\Delta \vec{r}$. Углы α , β и γ задаются экспериментатором при выборе направления наблюдения за точкой объекта. Углы α_R , β_R и γ_R определяются параметрами индикатрисы рассеивания материала поверхности изделия и геометрической формой этой поверхности на участке формирования опорного пучка. N – порядок интерференционных полос, определяемый в эксперименте. Определение перемещений в плоскости изделия по картинам полос, наблюдаемым в проходящем через голограмму свете, возможно только при отсутствии зазора между объектом и регистрирующей средой. В этом случае разрешающие уравнения принимают вид

$$U_B \sin \alpha - W_B (1 - \cos \alpha) = N\lambda , \quad (4)$$

$$\sin \alpha = n\lambda\psi ;$$

где n – номер дифракционного порядка;

λ – длина световой волны;

ψ – частота раstra;

U_B – перемещение в плоскости образца, нормальное к линиям раstra;

N – порядок полосы.

Если N_1 и N_2 порядки интерференционных полос в картинах, наблюдаемых в «+1» и «-1» порядках дифракции, то компонента вектора перемещения, лежащая в плоскости регистрации, определяется выражение

$$U_B = \frac{(N_1 - N_2)\lambda}{2 \sin \alpha} = \frac{(N_1 - N_2)}{2\psi} . \quad (5)$$

Данная методика была применена для исследования трех типов нагельных соединений из клееных деревянных пластин соединенных металлическими нагелями. Древесина пластин – сосна. На одну из поверхностей пластин во всех случаях наносился металлизированный скрещенный растр с частотой $\psi = 1082 \text{ мм}^{-1}$, одна система линий была всегда ортого-

нальна линии действия сил. Интерферограммы записывались на фотопластинки ПЭ-2. На рисунке 3 и 4 приведены фотографии интерферограмм зарегистрированные в «+1» и «-1» проходящих порядках в плоскости, совпадающей с направлением действия сил и внешний вид образцов, и их геометрические размеры. Углы, указанные в подписях к рисункам, соответствуют углам между направлением действия сил и направлением волокон. По полученным интерференционным картинам можно сделать следующие выводы. Клеевые швы, соединяющие отдельные элементы пластин, практически не влияют на вид интерференционных картин и, следовательно, на деформированное состояние пластин. По приведенным картинам полос видно, что во всех случаях на вид интерференционной картины оказывает влияние нормальная компонента вектора перемещения. На это указывает различие картин, наблюдаемых в «+1» и «-1» порядках дифракции. Поэтому при расшифровке следует использовать формулу (5).

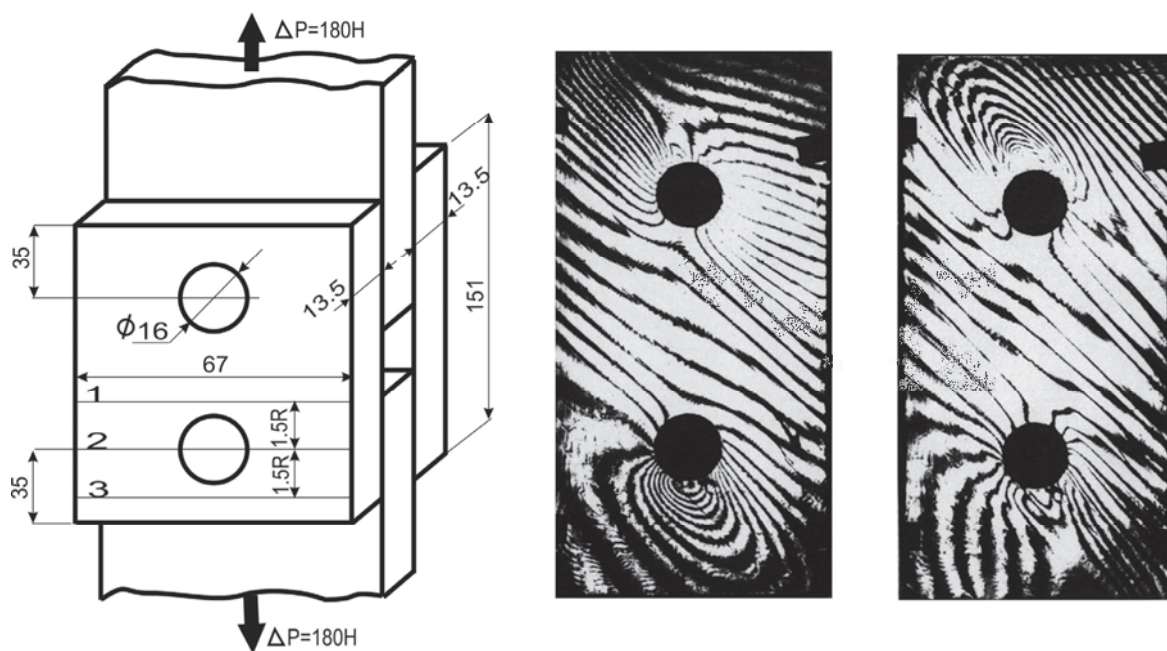


Рисунок 3 – Фотографии интерферограмм в «+1» и «-1» порядках (угол 45°)

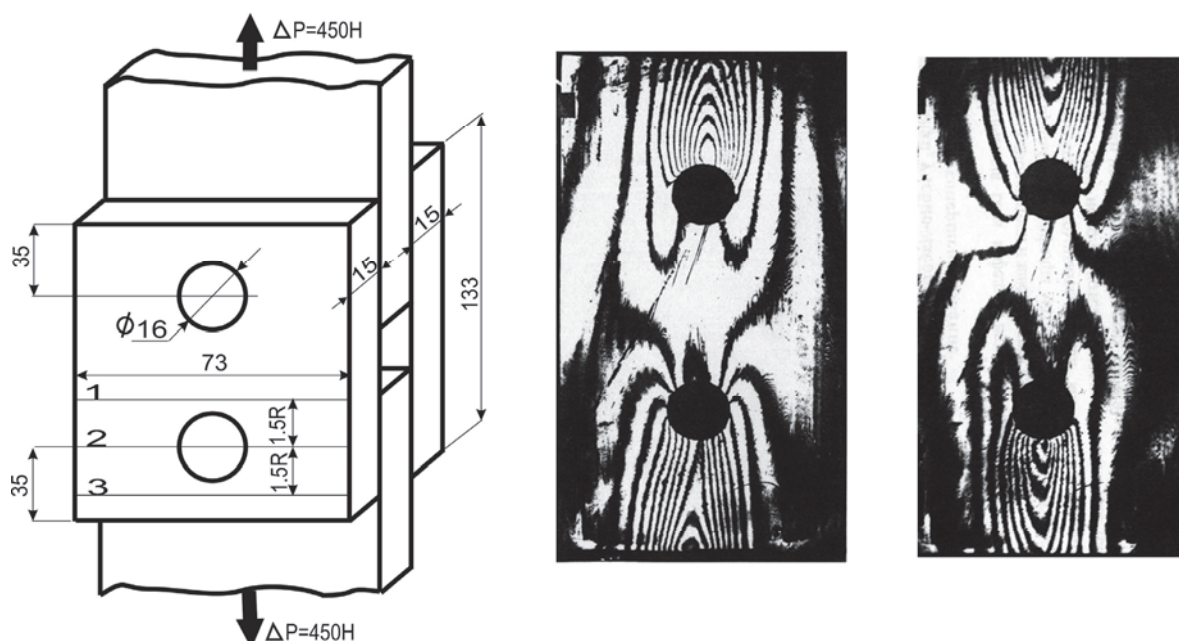


Рисунок 4 – Фотографии интерферограмм в «+1» и «-1» порядках (угол 0°)

На рисунке 5 приведены эпюры относительных деформаций $\varepsilon_y/\varepsilon_0$ в трех поперечных сечениях каждого из образцов (положение сечений обозначены на рисунке 5). Здесь ε_0 средняя деформация, вычисляемая по формуле

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta P}{2AE_\alpha},$$

где A – площадь поперечного сечения накладок;

E_α – модуль упругости древесины в направлении действия сил, ось y совпадает с направлением действия сил.

Анализ деформированного состояния показал, что оно существенно зависит от ориентации линии действия сил по отношению к главным осям упругости материала пластины. Если линия действия сил ориентирована вдоль волокон древесины (угол 0°), то под нагелем наблюдаются зоны значительных сдвиговых деформаций, приводящих к выкалыванию древесины. В случае, когда между направлением действия сил и направлением волокон прямой угол, под нагелем наблюдается смятие древесины. При угле между направлением действия сил и направлением волокон 45° – в направлении волокон древесины наблюдается скалывание, а под нагелем интенсивное смятие.

Проведенные исследования показали, что метод голографического муара можно с успехом применять при изучении сложного деформированного состояния изделий из материалов с высоким коэффициентом анизотропии.

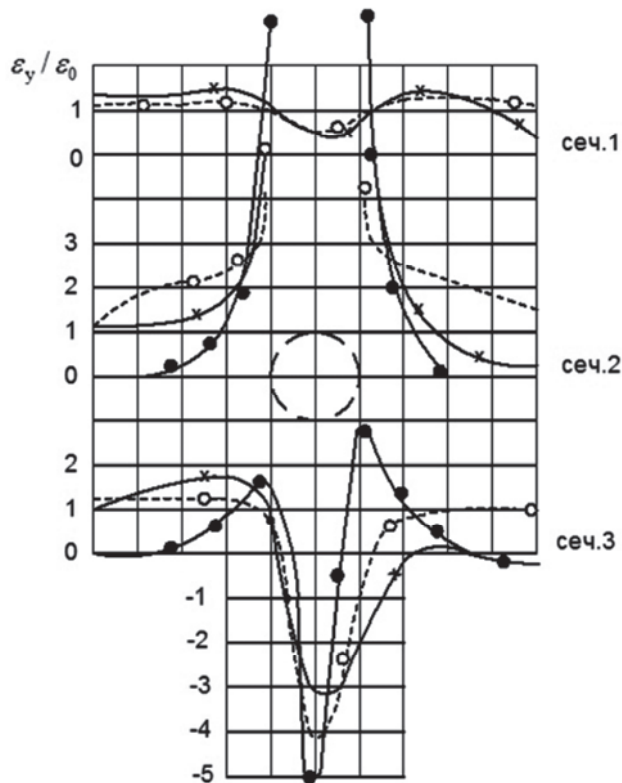


Рисунок 5 – Эпюры относительных деформаций (при угле между направлением действия сил и направлением волокон: \circ - 90° ; \bullet - 0° ; \times - 45°)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Попов, А.М. Использование нагелей крестообразного сечения для соединения элементов мостовых конструкций / А.М. Попов, В.Б. Зиновьев // Вестн. Томс. гос. архит.-строит. ун-та. -2012. -№2. -С. 235-238.
- 2 Попов, А.М. Анализ деформированного состояния конструкций в зоне контакта с нагелями крестообразного сечения / А.М. Попов, В.Б. Зиновьев, В.Н. Шведов // Науч. пробл. транс. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№2. -С. 101-104.
- 3 Попов, А.М. Экспериментальное определение допустимых расстояний между нагелями в древесине / А.М. Попов, В.Б. Зиновьев, Л.И. Ким, Л.А. Сподарева // Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. -2012. -№28. -С. 160-167.
- 4 Зиновьев, В.Б. О расстановке нагелей крестообразного сечения в соединениях деревянных элементов / В.Б. Зиновьев, В.Н. Шведов, А.М. Попов // Извест. высш. учебн. завед. Строительство. -2012. -№3. -С. 127-131.
- 5 Жилкин, В.А. Исследование деформированного состояния плоских образцов методом голографического муара / В.А. Жилкин, А.М. Попов // Извест. высш. учебн. завед. Строительство и архитектура. -1979. -№9. -С. 50-53.
- 6 Жилкин, В.А. Голографический муаровый метод / В.А. Жилкин, А.М. Попов // Заводская лаборат. Диагн. мат-ов. -1979. -Т.45. -№11. -С. 1039-1042.
- 7 Жилкин, В.А. Исследование упругопластических деформаций / В.А. Жилкин, А.М. Попов // Заводская лаборат. Диагн. мат-ов. -1987. -Т.53. -№19. -С. 65-68.
- 8 Жилкин, В.А. Расшифровка интерференционных картин в методе голографического муара / В.А. Жилкин, В.Б. Зиновьев // Журн. техн. физики. -1986. -Т.56. -№1. -С. 113.
- 9 Жилкин, В.А. Методы «двойного» и голографического муара / В.А. Жилкин, А.М. Попов // Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. -1999. -№1. -С. 107-130.
- 10 Попов, А.М. Развитие оптико-геометрических методов механики деформируемого твердого тела / А.М. Попов, В.Б. Зиновьев // Науч. тр. SWorld. -2007. -№4. -С. 36-44.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мост, деформации, древесина, голографический муар, нагель

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Попов Анатолий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Зиновьев Владимир Борисович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Сподарева Любовь Анатольевна, канд. физ.-мат. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ООО Технический центр «Политех»

А.А. Наприенко, Е.С. Наприенко

DEFECT ANALYSIS IN METAL FRAMEWORK TRUCK CRAN
Siberian state university of water transport
Technical center Polytech
A.A. Naprienko, E.S. Naprienko

The main types of defects arising during operation in units and mechanisms of truck cranes. On the basis of empirical analyzes of defects of metal framework of cranes.

Keywords: truck crane, expert examination, defects, metal framework

Рассматриваются основные виды дефектов, возникающих в процессе эксплуатации в узлах и механизмах автомобильных кранов. На основе эмпирических данных проводится анализ дефектов металлоконструкций кранов.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116-ФЗ 21 июля 1997 г. с учетом требований Федерального закона №22-ФЗ от 4 марта 2013 г. все грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры отнесены к категории опасных производственных объектов.

В соответствии с Федеральными нормам и правилам в области промышленной безопасности [1] обязательной экспертизе промышленной безопасности подлежат грузоподъемные краны всех типов. Экспертиза промышленной безопасности проводится в следующих случаях: по окончании срока службы; после аварии грузоподъемной машины (при необходимости ее восстановления); при выявлении в процессе эксплуатации грузоподъемной машины дефектов, вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно. Недостаточный надзор за исправным состоянием грузоподъемных машин может привести к возникновению опасных факторов для жизни и здоровья людей, привести к экономическим потерям предприятия, поэтому экспертизу промышленной безопасности необходимо проводить в строго установленные сроки и в полном объеме, так как экспертиза помогает установить реальное техническое состояние машины и ее остаточный ресурс.

В процессе эксплуатации, во избежание преждевременных отказов механизмов, важно знать в каких механизмах наиболее часто возникают отказы и обнаруживаются дефекты.

В настоящее время большой парк машин на многих предприятиях составляют автомобильные краны, за счет своей мобильности и широкого диапазона грузоподъемности.

По результатам экспертного обследования группы стреловых самоходных автомобильных кранов было произведено исследование в рамках обнаружения наиболее часто встречающихся нарушений, дефектов и отказов в различных механизмах вышеперечисленной группы кранов. Результаты анализа представлены на рисунке.

Из всех дефектов, обнаруженных во время экспертного обследования, большую часть составляют дефекты в металлоконструкциях кранов – 27,6% (см. рисунок).

Наиболее часто дефекты в металлоконструкциях встречаются в следующих узлах:

– продольные балки (трещины по основному металлу в месте соединения левой продольной балки к задней поперечной балке; трещины по сварным швам с выходом на основной металл листа (накладки) в местах крепления резьбовых втулок крепления подрамника; трещины по сварным швам в креплении правой продольной балки к туннелю передней выносной опоры, трещины по сварным швам в районе передних и задних колес; трещины в местах приварки косынок и накладок под опорно-поворотным устройством (ОПУ); трещины по сварным швам в соединении правой продольной балки с передней поперечной балкой; трещины по сварным швам в креплении правой продольной балки к передней выносной опоре; трещины по сварным швам в креплении фланца к правой продольной балке; трещины в сварных швах в месте соединения левой продольной балки к задней поперечной балке, трещины в сварных швах в местах сопряжения балок с ОПУ, трещины по сварным швам и

основному металлу в местах сопряжения верхнего, нижнего и бокового поясов продольных балок; деформация листовой обшивки);

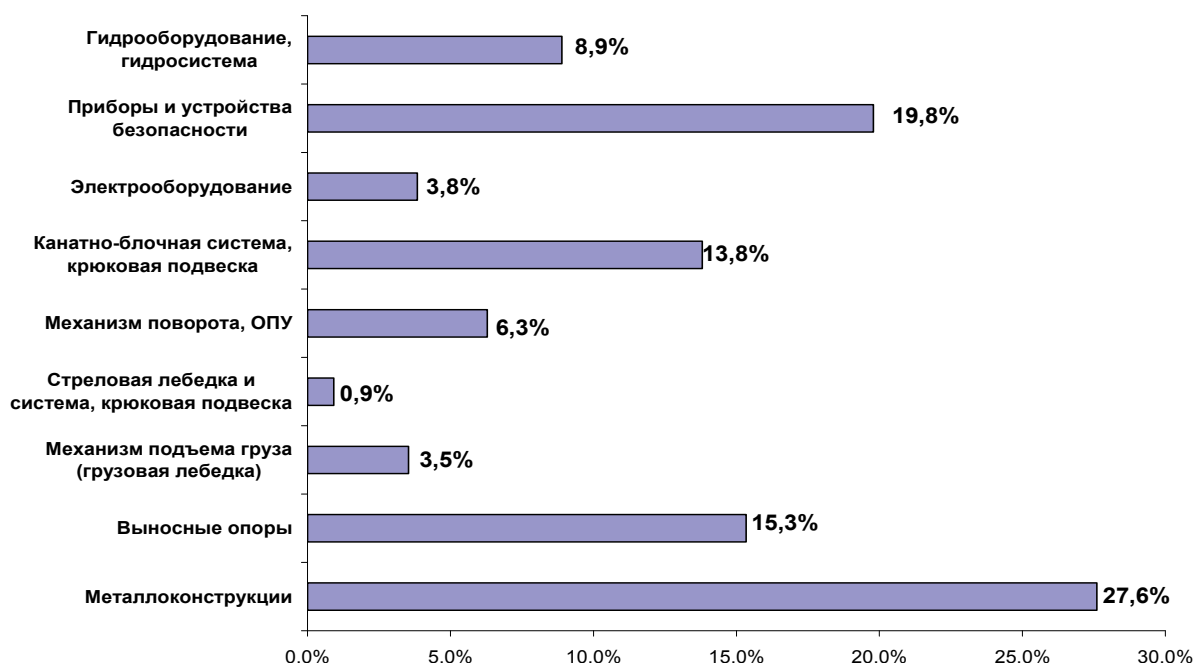


Рисунок – Распределение выявленных дефектов автомобильных кранов

– передняя поперечная балка (трещины по основному металлу нижней полки в районе левой опоры; трещины по основному металлу нижней полки в районе правой опоры; трещины по сварным швам с выходом на основной металл в месте соединения с правой и левой продольной балкой);

– задняя поперечная балка (трещины по сварным швам с выходом на основной металл в месте соединения с правой и левой продольной балкой; трещины по сварным швам верхнего листа, трещина по основному металлу балки в районе правой и левой опоры).

– стойка для транспортного положения стрелы (трещины по основному металлу справа);

– металлоконструкция стрелы (нарушение лакокрасочного покрытия, коррозия, деформации раскосов и распорок, деформации листовой обшивки секций коробчатого сечения, отклонение от прямолинейности корневой и внутренних секций стрелы, износ ползунов; волнистость поясов выше допустимых значений);

– проушины крепления стойки для транспортного положения стрелы (трещины по основному металлу (от отверстия) в проушинах; трещины по сварным швам в креплении обеих проушин)

– крюковая подвеска (деформация щеки крепления клиновой втулки грузового каната, деформация щек крюковой подвески);

– направляющие выдвигных опор (трещины в сварных швах в зоне сопряжения поперечных и продольных поясов листовой обшивки изнутри короба и снаружи; деформации листовой обшивки короба выдвигных опор).

Все вышеперечисленные дефекты в металлоконструкциях могут привести к серьезным разрушениям, связанным с тяжелыми последствиями, поэтому их следует тщательно осматривать, уделяя особое внимание местам наиболее подверженным к возникновению дефектов.

Во избежание возникновения дефектов в металлоконструкциях владельцам грузоподъемных машин необходимо: производить ремонт металлоконструкций в специализированных организациях с аттестованной технологией сварки в соответствии с требованиями РД 03-615-03 «Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов» с лицензией выданной Национальным Агентством Контроля Сварки (НАКС); при ремонте применять материалы (металл и электроды), соответствующие паспортным, с обязательным наличием

сертификатов; в местах концентрации наиболее часто встречающихся дефектов применять методы упрочнения сварных швов; вести наблюдение за регистраторами параметров крана, не допускать перегрузок, так как основной причиной возникновения дефектов является неправильная эксплуатация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 №533 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992) // СПС КонсультантПлюс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автомобильный кран, дефекты, металлоконструкции, экспертное обследование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Наприенко Анна Андреевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Наприенко Евгений Сергеевич, начальник отдела ООО ТЦ «Политех»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630058, г.Новосибирск, ул.Плотинная, 2/2, ООО ТЦ «Политех»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ОТТЯЖЕК ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.Ю. Кузнецов

EXPERIMENTAL VALIDATION OF THE METHOD OF ATTACHMENT ASSESSMENT BRACES OVERHEAD LINE POLES IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM

Siberian state university of water transport
A.Yu. Kuznetsov

The technique of an assessment of service life (resource) of U-shaped bolts and anchor loops, taking into account design features of installation, based on use of the mathematical dependence describing change of depth of corrosion of metal of the delays (measured by methods of diagnostics and/or at direct opening) in time with a margin error from 4% to 20% is developed.

Keywords: methods to assess the status of the node, the overhead line, evaluation of the resource

Разработана методика оценки срока службы (ресурса) U-образных болтов и анкерных петель, с учетом конструктивных особенностей монтажа, основанная на использовании математической зависимости, описывающей изменение глубины коррозии металла оттяжек (измеренных методами диагностики и/или при непосредственном вскрытии) во времени с погрешностью от 4% до 20%.

В составе ОАО «ФСК ЕЭС» имеется 303 воздушных линии (ВЛ) электропередач напряжением 220-750 кВ, протяженность которых составляет более 44 тыс. км. В агрессивных грунтово-климатических условиях срок службы электросетевых конструкций зачастую сокращается до 3-5 лет, это в 4-6 раз меньше расчетного. Статистика фиксирует: 40% аварий, происходящих из-за повреждений на линии, приходится на конструкцию опор ВЛ. Аварии на подобных линиях приводят к крупным убыткам, их анализ показывает, что особое внимание следует уделять проблеме оценки состояния узла крепления оттяжек и определению ресурса их работы. Данный узел находится под землей и недоступен для непосредственного визуального осмотра, а вскрытие грунта является весьма трудоемкой и дорогостоящей операцией, требующей отключения линии и установки временных оттяжек. Мировой опыт свидетельствует, что коррозионное разрушение анкерной петли либо U-образного болта зачастую приводят к падению опор. Подобные аварии наблюдались в России, США, Мексике, Финляндии.

Рассмотрены результаты экспериментальной проверки разработанных методов оценки степени коррозии анкерных петель и U-образных болтов.

Апробация метода измерения сопротивления на высокой частоте была проведена на разных высоковольтных линиях: напряжением в 330 кВ (СтавропольЭнерго), 220 кВ («Кентау-Чемкент», ЮжКазЭнерго).

Результаты измерений сопротивлений U-образных болтов диаметром 35 мм представлены в таблице 1.

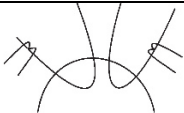



Полученные данные доказывают эффективность предложенного метода измерения в реальных условиях. Из полученных результатов следует, что даже при слабой коррозии разница в измеренных сопротивлениях составляет 2,2 раза.

Таблица 1 – Экспериментальная оценка состояния U-образных болтов

Измеряемый параметр U-образного болта	На складах	В полевых условиях	
		при отсутствии коррозии	при слабой коррозии
Сопротивление, Ом	1,52±0,4	1,62±0,55	3,86±1,05

Апробация метода измерения сопротивления анкерной петли с использованием поверхностной стоячей волны приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Экспериментальная оценка состояния анкерных петель

Схема расположения U-образных болтов	Частота, МГц	Величина сигнала, мкВ		Отношение U_1/U_2
		целая анкерная петля U_1	дефектная анкерная петля U_2	
	1867	2328	9,96	233,7
	2590	2382	7,98	298,5
	2110	108,3	0,45	240
	2117	943,3	7,5	125,7

Из таблицы 2 следует, что разница величин сигналов, снимаемых с целой и дефектной петли лежит в диапазоне 50-300 раз. При этом непроектное расположение элементов анкерного узла не вызывает существенного изменения величины снимаемого сигнала.

Важным для практического использования является определение степени коррозии и оставшегося ресурса U-образных болтов и анкерных петель.

В данном случае эти параметры с достаточной, для практического применения точностью (4-10%), могут быть определены с помощью эмпирических зависимостей [1, 2]

$$\delta_{CP} = a \ln^3 + b \ln^2 t + c \ln t + d, \quad (1)$$

где δ_{CP} – глубина коррозии, мм;

a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от физико-химических параметров грунта [1, 2];

t – время, мес.

Коэффициенты a, b, c, d могут быть найдены из специальной таблицы, в которой отражена взаимосвязь степеней опасности коррозии $K_0 - K_5$ от параметров грунта (плотность, влажность, засоленность и т.д.). Степень опасности коррозии K , может быть также определена по формуле, предложенной А.Г. Тарасовым

$$K = 6,167 - 0,833 \ln \frac{|\varphi|}{\rho}, \quad (2)$$

где $|\varphi|$ – электрохимический потенциал;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м.

Данная методика может быть применена для практического использования. При возникновении воронок аэрации вокруг U-образных болтов, как показывает практика и расчеты, глубина коррозии возрастает в 2-3 раза. Это существенно снижает их ресурс, имеющийся отрицательный эффект может быть учтен введением дополнительного поправочного коэффициента.

Оценка экономической эффективности предлагаемых методов диагностики коррозионного состояния анкерных узлов опор показала, что индекс доходности составляет – 530, чистый дисконтированный доход 46,5 млн. руб. при расчетном сроке 7 лет, срок окупаемости менее 1 года. Представленные данные свидетельствуют о высокой инвестиционной привлекательности предложенных методов.

Выводы. Предложена методика оценки срока службы (ресурса) U-образных болтов и

анкерных петель:

– основанная на использовании математической зависимости, описывающей изменение глубины коррозии металла оттяжек (измеренных методами диагностики и/или при непосредственном вскрытии) во времени с погрешностью от 4% до 20%;

– основанная на использовании регрессионной зависимости, связывающей глубину коррозии стали оттяжек с временем и обобщающими физико-химическими параметрами грунта, с погрешностью до 10%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; Под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 1998. -209 с.

2 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 2. Практические рекомендации / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; Под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 1998. -192 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *методы оценки состояния узла, воздушная линия, оценка ресурса*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Кузнецов Алексей Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОТТЯЖЕК ОПОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»

Б.В. Палагушкин, Ю.В. Дёмин, Е.Г. Алаев, А.Ю. Кузнецов, Г.В. Иванов

DEVELOPMENT ASSESSMENT METHOD GUYS SUPPORTS HIGH VOLTAGE IN POWER SYSTEMS

Siberian state university of water transport

Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk

B.V. Palagushkin, Yu.V. Demin, E.G. Alaev, A.Yu. Kuznetsov, G.V. Ivanov

In article the mathematical model of distribution of superficial waves of the high frequency is given in system metal-dielectric-soil, suitable for calculation of extent of corrosion of knot of fastening of delays for parameters of the excited electromagnetic wave in it and electric resistance.

Keywords: mathematical model, state estimation, sling supports, high-voltage line

Приводится математическая модель распространения поверхностных волн высокой частоты в системе «металл-диэлектрик-грунт», пригодная для расчета степени коррозии узла крепления оттяжек по параметрам возбужденной в нём электромагнитной волны и электрического сопротивления.

Для оценки опасности коррозии узлов крепления оттяжек опор высоковольтных линий разработаны математические модели, основанные на использовании системы уравнений Максвелла для токов СВЧ в средах «металл - продукты коррозии - грунт», позволяющие устранить влияние грунта и рассматривать продукты коррозии в качестве диэлектрика. В этом случае электромагнитная волна, как бы, «прилипает» к поверхности металла и даже незначительное увеличение коррозионного слоя оказывает существенное влияние на величину затухания поверхностных волн. Для определения степени коррозии U-образных болтов используется его электрическое сопротивление на переменном токе высокой частоты (1,6 МГц) с учетом «скин-эффекта», а для анкерной петли – токи частотой порядка 2,2 ГГц с учетом стоячей волны, фиксированной в момент резонанса, когда по длине анкерной петли укладывается целое число полуволн.

Метод измерения сопротивления узла крепления оттяжек основан на использовании токов высокой частоты (скин-эффект), при которых продукты коррозии и грунт проявляют себя в качестве диэлектрика. Этот факт позволяет определять только сопротивление поверхностного слоя металла и устраняет влияние грунта.

Материал проводника характеризуется удельной проводимостью γ и магнитной проницаемостью μ . Предлагаемый метод позволяет оценить какая часть тока в проводнике сосредоточена в поверхностном объёме между радиусами a и r , где a -радиус проводника без учета коррозии (начальный), а r -оставшийся после коррозии.

При расчёте использованы решения уравнений Максвелла с учётом осевой симметрии цилиндрического проводника.

Поскольку в проводнике протекает синусоидальный ток, зависимость от времени векторов δ и H может быть выражена комплексным множителем $\exp(j\omega t)$, где ω - круговая частота, t - момент времени, $j = (-1)^{1/2}$.

$$\delta(r,t) = \delta(r)\exp(j\omega t), \quad H(r,t) = H(r)\exp(j\omega t). \quad (1)$$

В силу осевой симметрии проводника учитывалась зависимость только от радиальной координаты – r , при этом имеют место следующие выражения

$$\text{rot}H = \delta; \quad \text{rot}\delta = -j\omega\mu H, \quad (2)$$

откуда, при исключении вектора H , может быть получено соотношение

$$\text{rotrot}\delta = -j\omega\mu\delta. \quad (3)$$

При условии, что плотность тока на входе и выходе любого участка рассматриваемого проводника остается постоянной, по правилам векторного анализа можно записать

$$\text{rotrot}\delta = -\Delta\delta, \quad (4)$$

где Δ – оператор Лапласа.

Из соотношений (3) и (4) получено уравнение $\Delta\delta = j\omega\mu\delta$. Далее, раскрывая оператор Δ в цилиндрической системе координат (зависимости от координат φ и z отсутствуют), приходим к уравнению Бесселя для комплексной переменной $\delta(r)$

$$\frac{d^2\delta}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\delta}{dr} + q^2\delta = 0, \quad (5)$$

где

$$q^2 = -j\omega\mu.$$

Решением уравнения является цилиндрическая функция $J_0(qr)$.

Из уравнения (5) после подстановки $\delta = (0,0,\delta_z)$ и дифференцирования δ_z по r , получено

$$d\delta_z/dr = -AqJ_1(qr). \quad (6)$$

Для функции $J_1(qr) = be^{i\beta}$ значения модуля b и угла β представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Модуль и аргумент функции $J_1(qr)$

$r(\omega\mu)^{1/2}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b	0	0,50	1,04	1,8	3,17	5,81	10,9	20,5	39	75	145
β , град.	-45	-38	-17	16	54	94	133	173	214	253	294

Используем закон полного тока $2\pi rH_\varphi(r) = I(r)$ для силы тока $I(r)$ внутри окружности радиуса r и $2\pi rH_\varphi(a) = I(a)$ для силы тока $I(a)$ внутри окружности радиуса a . Отношение токов

$$\frac{I(r)}{I(a)} = \frac{r J_1(qr)}{a J_1(qa)}. \quad (7)$$

Расчет по формуле (7) показывает, что на частоте 500 Гц в поверхностном слое стального проводника может быть сосредоточено более 90% всего тока. Отсюда следует, что при повышении частоты ток распространяется лишь в поверхностном слое проводника, а, следовательно, и измеренное сопротивление будет относиться лишь к поверхностному слою. Поскольку коррозия затрагивает только поверхностный слой болта можно сделать вывод, что данный метод позволяет определить коррозионное состояние узла крепления оттяжек посредством измерения его электрического сопротивления.

Метод измерения сопротивления анкерной петли основан на математической модели поверхностных стоячих волн и их использования для диагностики состояния анкерных петель.

Основная идея метода заключается в том, что с помощью СВЧ генератора в анкерной петле формируется возбуждение поверхностной стоячей волны, фиксируемой в момент резонанса, когда по длине анкерной петли укладывается целое число полуволн. При этом величина затухания определяется степенью коррозии поверхностного слоя петли [1,2].

Анкерная петля в рассматриваемом случае представляет собой одиночный металличе-

ский проводник, по которому распространяется электрическая волна типа E .

Распространение этой волны вдоль металлического проводника приводит к тому, что ток проводимости, текущий по нему, не возвращается обратно по второму проводнику, как это имеет место в двухпроводной линии, а замыкается токами смещения в окружающем проводник пространстве. Волны других типов распространяются, в основном, радиально (E_r), но имеют и небольшую коаксиальную составляющую.

При высокой проводимости анкерной петли поверхностная волна создает электромагнитное поле, занимающее пространство вокруг проводника (петли). По мере уменьшения проводимости (вследствие коррозии) напряженность поля внутри проводника возрастает. В нашем случае поле концентрируется в небольшом пространстве вокруг петли, а интенсивность затухания возрастает из-за потерь в слое диэлектрика (продукты коррозии). Чем толще слой диэлектрика, тем интенсивней затухание.

Для инженерных расчетов коэффициента затухания может быть использована формула

$$\alpha_M = \frac{\pi}{\lambda} \frac{1}{0,5 + \ln(0,89a_1/x_0)}, \quad (8)$$

где a_1 – радиус проводника с коррозией;

x_0 – граничное расстояние, определяемое из соотношения

$$x_0 = \sqrt{2} \left(\frac{\lambda}{2\pi} \right)^{1/2} (\sigma z_g)^{1/2} \frac{\operatorname{tg} \varphi}{2}. \quad (9)$$

Из полученных соотношений следует, что величина затухания прямо пропорциональна толщине коррозионного слоя, а её изменение, с достаточной степенью точности, может быть определено только при высоких частотах. Кроме того, на высоких частотах наблюдается слабая зависимость затухания от радиуса анкерной петли.

Чем больше затухание поверхностной волны в коррозионном слое (в диэлектрике), тем меньше её проникновение в почву. Поверхностная волна как бы «прилипает» к металлу, что практически устраняет влияние грунта на результаты измерений затухания в коррозионном слое в реальных условиях.

Использование высокочастотной стоячей волны (2 ГГц), когда по длине болта укладывается целое число полуволн фиксированных в момент резонанса, позволяет устранить взаимовлияние U-образных болтов и искусственных заземлителей при их монтаже с отклонением от проекта.

Метод измерения сопротивления на высокой частоте U-образных болтов базируется на той же математической модели, что и для анкерных петель. Так как коррозия затрагивает лишь поверхностные слои U-образного болта, то убыль сечения, а, следовательно, и возрастание сопротивления, могут быть надежно определены при использовании высокой частоты (с учетом «скин-эффекта»). При измерениях электрического сопротивления, в этом случае, целесообразно использовать T-образные мостовые схемы, так как их особенностью являются высокая чувствительность в узких пределах параметров схемы и рабочих частот вблизи равновесия моста. Это исключает возможность плавной настройки и вызывает необходимость использования фиксированной частоты измерения. С учетом глубины проникновения измерительного тока в U-образный болт (5-10 мм) выбрана частота 1,6 МГц.

Выводы. Для теоретического обоснования методов диагностики узла крепления оттяжек разработаны математические модели, основанные на использовании системы уравнений Максвелла для токов СВЧ в средах «металл-продукты коррозии-грунт», позволяющие отстроиться от влияния грунта и рассматривать продукты коррозии в качестве диэлектрика, в результате чего электромагнитная волна как бы «прилипает» к поверхности металла, что позволяет измерять величины затухания поверхностных волн в анкерных петлях и болтах в реальных условиях с отклонениями от проекта:

– разработана математическая модель для определения степени коррозии U-образных болтов, связывающая коррозию стали с его электрическим сопротивлением на переменном токе высокой частоты (1,6 МГц) с учетом скин-эффекта;

– разработана математическая модель для определения степени коррозии анкерной петли, связывающая коррозию со степенью затухания поверхностной электромагнитной волны (частотой порядка 2 ГГц) с учетом стоячей волны, фиксированной в момент резонанса, когда по длине анкерной петли укладывается целое число полуволн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; Под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. водн.трансп., 1998. -209 с.

2 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 2. Практические рекомендации / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов; Под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. водн.трансп., 1998. -192 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическая модель, оценка состояния, оттяжка опоры, высоковольтная линия
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Алаев Евгений Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Кузнецов Алексей Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СУХОГО БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА КОНТАКТНОЙ СЕТИ, КАК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДНИКА

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

И.А. Терёхин, И.А. Кремлев, Ю.В. Кондратьев, А.А. Кузнецов, Р.Б. Скоков

MODEL REPRESENTATION OF DRY CONCRETE REINFORCED CONCRETE FOUNDATION CATENARY AS AN ELECTRICAL CONDUCTOR

Omsk state transport university

I.A. Teryekhin, I.A. Kremlev, Yu.V. Kondratyev, A.A. Kuznetsov, R.B. Skokov

A model of dry concrete reinforced concrete structures as an electrical conductor. Produced by calculating the composition of dry concrete foundation of support of contact network and the evaluation of the breakdown voltage depending on the thickness of the dielectric layer.

Keywords: traction network, concrete, electrical breakdown, foundation supports

Приведена модель сухого бетона железобетонных конструкций, как электрического проводника. Произведен расчет состава сухого бетона фундамента опор контактной сети и дана оценка зависимости напряжения пробоя от толщины слоя диэлектрика.

Использование железобетонных конструкций находит все большее применение в энергетическом строительстве и на электрифицированном транспорте. На сети железных дорог, начиная с 2007 г. при строительстве и реконструкции контактной сети устанавливаются металлические опоры на железобетонные трехлучевые фундаменты по проекту 4182И ОАО «ЦНИИС» [1].

Согласно существующей нормативной документации, все металлические детали опор не находящиеся под напряжением должны иметь соединение с тяговым рельсом. Однако в тяговой сети возможны случаи, когда по тем или иным причинам (путевые работы, выгорание искровых промежутков, погодные условия, обрывы тросов группового заземления и т.п.) это преднамеренное соединение может быть разрушено [2]. Это приводит к тому, что соответствующие железобетонные конструкции становятся элементами электротехнической схемы. При этом через них возможно протекание электрических токов различного рода и значения. Для того чтобы оценивать возможное влияние электрических токов на конструкцию, а также обеспечивать надежность ее работы как элемента электротехнической схемы, в первую очередь необходимо знать электрические свойства бетона.

Бетон можно представить в виде неоднородного гетерогенного тела, состоящего из сквозной фазы – пористого цементного камня, втолпленных в него заполнителей различной формы, размера и рельефа поверхности, а также многочисленных микро- и макропустот, расположенных как в цементном камне, так и в контактах между цементным камнем и заполнителем (рисунок 1). В связи с большим количеством пустот бетон обладает хорошей гигроскопичностью. Явление нахождения воды в бетоне называют «поровой влагой», она обладает наименьшим удельным сопротивлением среди всех составляющих бетона. В сухом состоянии бетон обладает хорошими диэлектрическими свойствами.

Электрический пробой бетона как материала с резко выраженной неоднородностью

структуры в значительной степени определяется электрическими и геометрическими параметрами его компонентов, в первую очередь цементного камня. Это делает целесообразным рассмотрение особенностей структуры цементного камня, как самостоятельной разновидности диэлектрического материала и учета влияния этих особенностей на его электрическую прочность.

Схема замещения бетона как многокомпонентного диэлектрика может быть представлена в виде последовательно-параллельных слоев цементного камня, контактных зон, заполнителя и газообразного слоя в двух вариантах (рисунок 2). Выбор того или иного варианта схемы определяется прежде всего концентрацией заполнителя. При малых концентрациях заполнителя схема будет иметь вид, представленный на рисунке 2а. В этом случае слой контактных зон расположен последовательно со слоем цементного камня. Кроме того имеется слой цементного камня, а также газообразный слой, который шунтирует всю толщину материала. При некоторой критической концентрации заполнителя, когда контактные зоны начнут соприкасаться, взамен сквозного слоя цементного камня появляется аналогичный слой, образованный веществом контактных зон. Схема замещения бетона примет другой вид (рисунок 2б).

Таким образом, зная состав бетона, можно определить геометрические размеры отдельных элементов его модели.

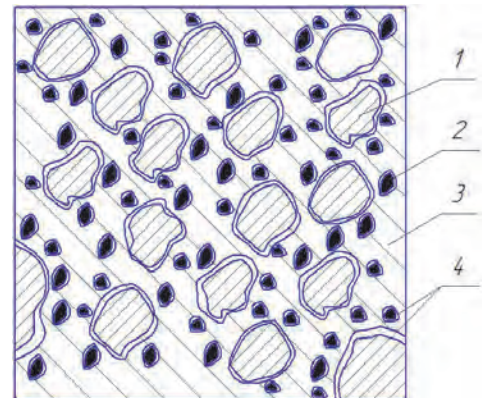


Рисунок 1 – Упрощенная модель структуры бетона:
1- крупный заполнитель;
2- мелкий заполнитель;
3- цементный камень;
4- контактная зона

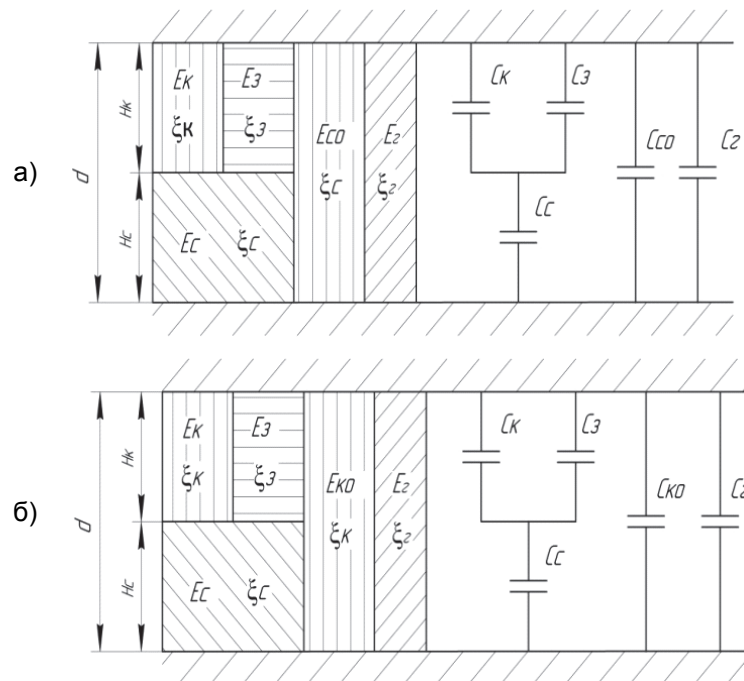


Рисунок 2 – Схема замещения бетона при различных концентрациях заполнителя: а)-малая концентрация; б)-большая концентрация

Электрическая прочность бетона зависит от приведенных геометрических размеров, а также от материала того или иного элемента схемы [3].

Исходя из схем замещения, состава бетона и его геометрических размеров, возможно проанализировать закономерности пробивного напряжения.

Согласно [3-6] произведем расчет состава бетона фундаментов опор контактной сети

$$\frac{B}{C} = \frac{AR_u}{R_6 + 0,5 AR_u}, \quad (1)$$

где А – коэффициент, зависящий от качества заполнителей бетона, принимаемый равным 0,6;

R_c – средняя прочность бетона, кгс/см²;

R_b – состав бетона, принимаемый 400.

Расход щебня определим по формуле

$$\text{Щ} = 1000 \left/ \left(\frac{\alpha V_{\text{п.щ}}}{\gamma_{\text{нас.щ}}} + \frac{1}{\gamma_{\text{щ}}} \right) \right., \quad (2)$$

где α – коэффициент раздвижки, принимаем 1,56;

$V_{\text{п.щ}}$ – пустотность, принимаемая 0,4;

$\gamma_{\text{нас.щ}}$ – объемная насыпная масса, равная 1,1 кг/л;

$\gamma_{\text{щ}}$ – плотность щебня, принимаемая 1,4 кг/л.

Определим расход песка по формуле

$$\text{П} = \left(1000 - \frac{\text{Ц}}{\gamma_c} - \text{В} - \frac{\text{Щ}}{\gamma_{\text{щ}}} \right) \gamma_n, \quad (3)$$

где γ_c – плотность цемента, равная 3,1 кг/л;

γ_n – плотность песка, принимаемая 2,63 кг/л.

Расчет концентрации заполнителя определим по формуле

$$\theta_3 = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_3}{\gamma_c} \frac{\text{Ц}}{3} + \gamma_3 \frac{\text{В}}{3}}. \quad (4)$$

Концентрацию контактных зон, определим через концентрацию заполнителя по формуле

$$\theta_k = \theta_3 \frac{(r + \lambda)^3}{r^3}, \quad (5)$$

где r – радиус частицы заполнителя, мм;

λ – толщина контактного слоя цементного камня, мкм.

Получив результат расчета концентрации контактных зон можно применить формулу по определению относительной толщины слоя связи

$$\Delta H_c = \sqrt{3} - 1,97 \sqrt[3]{\theta_k}. \quad (6)$$

Толщина слоя цементного камня определяется выражением

$$H_c = d \Delta H_c, \quad (7)$$

где d – толщина бетона, м.

Концентрацию цементного камня можно рассчитать по формуле

$$\theta_c = 1 - \theta_3. \quad (8)$$

Соответственно толщина слоя контактных зон определяется по формуле

$$H_k = d(1 - \Delta H_c). \quad (9)$$

Таблица 1 – Результаты расчета состава сухого бетона фундамента опор контактной сети

Показатель	Расчетное значение
Расход воды, л/м ³	230
Расход цемента, кг/м ³	511,11
Расход щебня, кг/м ³	780,30
Расход песка, кг/м ³	125,63
Толщина слоя цементного камня, м	0,0065
Толщина слоя контактных зон, м	0,0785
Концентрация заполнителя	0,59
Концентрация цементного камня	0,41
Концентрация контактных зон	0,593

В связи с тем, что $\theta_k \neq 0,675$, это означает, что данный класс бетона не имеет критической концентрации заполнителя и контактные зоны не соприкасаются между собой. Соответственно для расчетов принимаем схему с малой концентрации заполнителя (см. рисунок 2а).

В связи с этим следует, что электрический пробой бетона может произойти по трем путям:

- контактную зону-заполнитель-цементный камень;
- цементный камень;
- воздушный канал.

В первом случае при параллельно-последовательном представлении расчет выполняется следующим образом

$$C_{\text{Общ}} = \frac{C' C_c}{C' + C_c}; C' = C_k + C_3 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_k S_k}{h_k} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_3 S_3}{h_3}; C_c = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_c S_c}{h_c},$$

где ε_0 – электрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

h – толщина диэлектрика, м;

$h_k = h_3 = 0,0785$ м; $h_c = 0,065$ м;

S – площадь арматуры, м².

Электрическая прочность в рассматриваемом промежутке

$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{d} = \frac{E_0}{\varepsilon}, \text{ В/м.}$$

Результаты расчетов зависимости напряжения пробоя от толщины слоя диэлектрика для трех случаев приведены на рисунке 3.

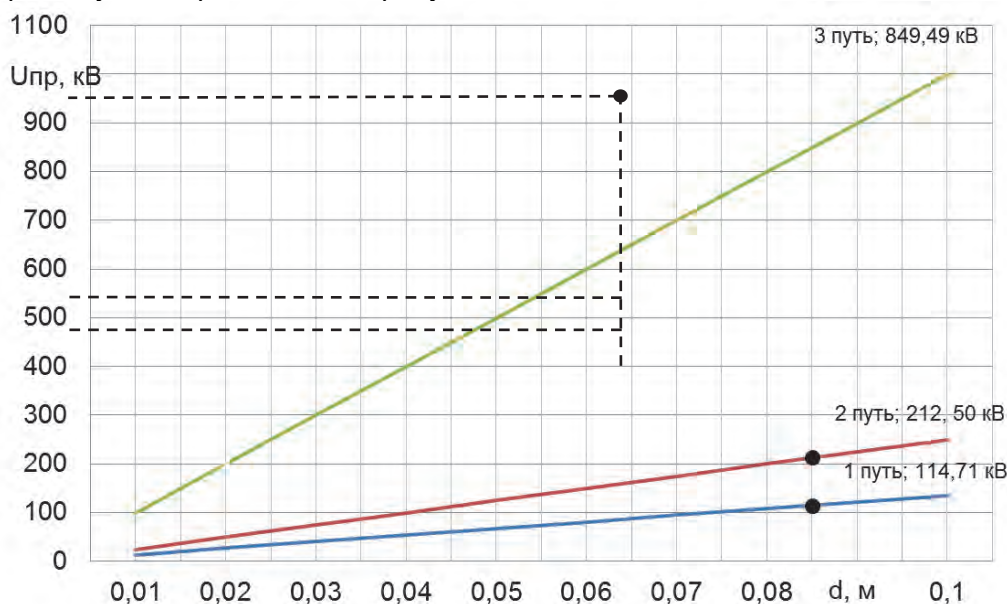


Рисунок 3 – Зависимость напряжения пробоя от толщины диэлектрика: а)-контактная зона-заполнитель-цементный камень; б)-цементный камень; в)-воздушный канал

Результаты расчетов показали, что бетон фундаментов опор контактной сети в сухом состоянии является хорошим диэлектриком. Электрический пробой его, при толщине бетона 0,085 м (что соответствует наикратчайшему расстоянию от арматуры до грунта, фундамента ТСА (трехлучевые с анкерным креплением опоры) и площади арматуры фундамента ТСА 0,08 м² произойдет по цепочке «контактная зона – заполнитель - цементный камень» при напряжении 114,71 кВ. Вместе с тем уровень напряжения в контактной сети переменного тока составляет 27-29 кВ, поэтому с уверенностью можно сказать, что пробоя бетона в фундаментной части опор контактной сети не будет в случае сухого бетона установленного качества. Однако бетон обладает хорошей гигроскопичностью, поэтому в дальнейшем целесообразно дать оценку влиянию влажности бетона на его пробой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кондратьев, Ю.В. Современное состояние и перспективы развития опорного хозяйства железных дорог в РФ / Ю.В. Кондратьев, И.А. Кремлев, И.А. Терёхин // Технические науки -от теории к практике»: сб. статей по матер. XXXI межд. научн.-практ. конф. (26 февраля 2014 г.) -№31. -Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. -С.53-57.
- 2 Кремлев, И. А. Обеспечение чувствительности дистанционных защит фидеров контактной сети переменного тока на участках с исследования / А.А. Кузнецов, И.А. Кремлев, Ю.В. Кондратьев, В.А. Кващук, И.А. Терёхин // Фундаментальные исслед. -2014. -№6. -Ч.3. -С 472-475.
- 3 Бернацкий, А.Ф. Электрические свойства бетона / А.Ф. Бернацкий, Ю.В. Целебровский, В.А. Чунчин; Под ред. Ю.Н. Вершинина. -М.: Энергия, 1980. -208 с.
- 4 ГОСТ 32209-2013 Фундаменты для опор контактной сети железных дорог. Технические условия. -М.: Стандартинформ, 2014. -28 с.
- 5 ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. -М.: Стандартинформ, 2008. -8 с.

6 ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия. -М.: Стандартинформ, 2011. -20 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяговая сеть, бетон, электрический пробой, фундаменты опор
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Терёхин Илья Александрович, аспирант ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Кремлев Иван Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Кондратьев Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Кузнецов Андрей Альбертович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Скоков Руслан Борисович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644046, г.Омск, пр.К.Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ДИАМЕТР РАСКАТАННОЙ СКВАЖИНЫ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

П.О. Ломов, А.Л. Ланис

ON THE DETERMINATION SOIL PARAMETERS INFLUENCING THE ROLL OUT DIAMETER WELL
Siberian state transport university
P.O. Lomov, A.L. Lanis

There are ways to predict changes in the characteristics of subgrade strengthening by soil flaring. Nowadays, these methods do not account for non-uniformity of the geometric parameters of flaring wells. A complex of experiments to determine the factors influencing the final diameter, flaring wells.

Keywords: soil flaring, subgrade, natural experiments, flaring wells diameter

Существуют способы прогнозирования изменения характеристик грунтов оснований, усиленных методом раскатки скважин. В настоящее время данные способы не учитывают неравномерность геометрических параметров скважин. Выполнен комплекс экспериментальных исследований по определению влияющих факторов на конечный диаметр раскатанных скважин.

Проблема дефицита свободных земельных участков, сложенных сильносжимаемыми грунтами, в настоящее время является актуальной для большинства крупных городов. Так, в городе Новосибирске основанием строящихся зданий и сооружений часто служат техногенные, дисперсные просадочные, органоминеральные малопригодные для строительного освоения грунты. Строительство зданий и сооружений, с использованием таких оснований в качестве несущих, в основном предполагает применение свайных фундаментов. Альтернативой является применение технологий, позволяющих произвести усиление слабых грунтов, то есть создать искусственные основания для дальнейшего применения фундаментов мелкого заложения. В условиях плотной городской застройки, где значимым является динамическое влияние на существующие здания, а затраты на строительство должны стремиться к оптимальным, такие технологии являются наиболее предпочтительными.

Создание искусственных оснований на начальном этапе строительства путем усиления грунтов позволяет существенно снизить стоимость нулевого цикла и уменьшить влияние строящегося объекта на окружающие. Кроме того, искусственные усиленные основания позволяют значительно уменьшить возникновение деформаций в конструкциях возводимого сооружения от неравномерных осадок [1].

В практике строительства применяется метод усиления, который заключается в армировании и уплотнении грунтов основания набивными неармированными сваями. В основе этого метода лежит глубинное уплотнение грунтов раскаткой скважин. Данный способ усиления предусматривает устройство в грунте более прочных элементов, совместно работающих с массивом и конструктивно не связанных с фундаментом строящихся сооружений. При раскатке скважина образуется с помощью раскатывающего рабочего органа за счет последовательного уплотнения грунта от её оси к периферии. Таким образом, процесс образования скважины при раскатке происходит без выемки грунта на поверхность, в отличие от шнекового бурения. За последние 10 лет данный способ усиления получил широкое распространение в городах и районах Новосибирской области в силу экономических и технологических преимуществ.

Существующие нормы регламентируют определение осадки основания фундаментов с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства методом послойного суммирования. Таким образом, одним из ключевых расчетов, для прогно-

зирования осадки сооружения на усиленном основании, является определение модуля деформации данного основания.

Существующие способы прогнозирования усиления основаны на определении средне-взвешенных значений параметров для грунтов и материала набивных свай. Считается, что усиление основания происходит за счет совместной работы армоэлементов и уплотненного в межсвайном пространстве грунта. По существующим зависимостям между плотностью и модулем деформации грунта, а также влиянию менее деформируемого (в сравнении с грунтом) материала набивных свай, можно прогнозировать уменьшение деформируемости усиленного основания. В зависимости от шага раскатанных скважин и диаметра набивных свай определяется плотность сухого грунта в межскважинном пространстве. Далее по таблицам в нормативных документах определяется нормативное значение модуля деформации уплотненного грунта. Набивные сваи в раскатанных скважинах являются армирующими элементами и значительно увеличивают прочностные и деформационные характеристики грунтового массива.

Прогнозирование увеличения деформационных характеристик усиленного основания по описанному выше способу несет в себе погрешности. В первую очередь из-за того, что такое прогнозирование предполагает строгую зависимость между плотностью уплотненного грунта, шагом расстановки и диаметром набивных свай, не учитывающую вид и разновидность грунта. Также, при таком прогнозировании для различных грунтовых условий используется нормативные значения модулей деформации, а также не учитывается боковое давление на контакте сваи с уплотненным грунтом, работа грунта под нижним концом набивной сваи, возможное проскальзывание набивной сваи, коэффициенты армирования и ряд других параметров [2].

Более точное прогнозирование усиления может достигаться при использовании программно-вычислительных комплексов на основе метода конечных элементов. Однако и в данном случае возникает ряд вопросов. Во-первых, практически невозможно смоделировать сам процесс уплотнения грунта – необходимо задавать конечные параметры уплотненного методом раскатки грунта, которые в свою очередь определяются преимущественно экспериментальным путем. Во-вторых, при создании расчетной модели основания необходимо указывать конкретные геометрические параметры набивных свай. При этом некоторые параметры будет некорректно указывать в качестве постоянных величин. Например, диаметр свай может неравномерно изменяться по их глубине в зависимости от разновидности грунта. В итоге также необходимы натурные исследования.

Для решения возникших вопросов на строительных площадках города Новосибирска был выполнен комплекс экспериментальных исследований релаксации грунта после раскатки скважин. Площадки для производства экспериментальных исследований выбирались с относительно аналогичными грунтовыми условиями. Литологические разрезы площадок представлены глинистыми грунтами от мягкопластичной до текучепластичной консистенции с числом пластичности от 4 до 14. Работы по раскатке скважин выполнялись с использованием буровой установки РМ-26 и грунтоуплотняющего рабочего органа с неподвижными катками. Диаметр верхнего катка рабочего органа составлял 250 мм.

Исследования проводились на основе неполного многофакторного анализа по методу латинских квадратов. Факторы, оказывающие влияние на конечный диаметр раскатанной скважины, выбраны следующие:

- глубина скважины;
- коэффициент пористости уплотняемых грунтов;
- показатель текучести (консистенция) грунта.

Варьирование каждого фактора производилось в пяти уровнях. Области определения факторов назначались с учетом технической и экономической целесообразности:

- Глубина скважин – от 2 до 10 м.

- Коэффициент пористости грунта – от 0,65 до 0,85. Обусловлено тем, что согласно нормативным документам грунты с коэффициентом пористости менее 0,65 считаются достаточно уплотненными.

- Показатель текучести грунта – от 0 до 0,63. Обусловлено тем, что при раскатке грунтов текучей консистенции происходит полное затягивание стенок скважин. Крайнее значение 0,63 выбрано для обеспечения равного интервала изменения параметра.

Рандомизация экспериментальных исследований, а также статистическая обработка результатов выполнялись на базе использования программного комплекса STATISTICA 10.0.

Схема проведения экспериментов приведена на рисунке 1.

Код	e	Код		1	2	3	4	5
		Код	Глубина, м	2	4	6	8	10
				И.				
1	0,65	1	0					
		2	0,25			3		
		3	0,37	1	2		4	5
		4	0,5					
		5	0,63					
2	0,7	1	0					
		2	0,25		7			
		3	0,37			8	9	
		4	0,5	6				10
		5	0,63					
3	0,75	1	0					
		2	0,25	11	12			
		3	0,37			13		
		4	0,5				14	15
		5	0,63					
4	0,8	1	0					
		2	0,25	16				
		3	0,37		17	18		
		4	0,5				19	
		5	0,63					20
5	0,85	1	0					
		2	0,25				24	25
		3	0,37	21	22			
		4	0,5			23		
		5	0,63					

Рисунок 1 – Схема проведения экспериментальных исследований: e -коэффициент пористости грунта (до раскатки); I_L -показатель текучести грунта; глубина-глубина скважины, на которой определен диаметр

Релаксация грунта за счет упругих и пластических деформаций исследовалась следующим образом: после раскатки производился замер диаметров образованных скважин с использованием плоских эталонов круглого сечения с диаметрами от 250 до 50 мм. Эталон представляет собой жестко соединенный диск, необходимого диаметра, с металлическим стержнем. Данные эталоны с помощью троса поочередно опускались в скважины, и фиксировались глубины, на которых соответствующие эталоны застревали. Основные данные, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, сведены в таблице 1.

Анализ выполненных исследований показывает, что грунтовые условия и глубина раскатки влияет на конечный диаметр раскатанной скважины. При этом влияние каждого фак-

тора оценивается различно. В ходе статистической обработки измерений решалась задача по выявлению значащих факторов примененной математической модели. Значимость факторов определялась по методике, описанной Хартманом К., Лецким Э. и Шеффером В. [3].

Таблица 1 – Результаты определения диаметров скважин

e	l _L	Глубина определения диаметра, м				
		2	4	6	8	10
0,65	0	250	–	–	–	–
	0,25	–	250	–	–	–
	0,37	–	–	230	–	–
	0,50	–	–	–	230	–
	0,63	–	–	–	–	150
0,7	0	–	–	–	–	240
	0,25	245	–	–	–	–
	0,37	–	225	–	–	–
	0,50	–	–	165	–	–
	0,63	–	–	–	80	–
0,75	0	–	–	–	235	–
	0,25	–	–	–	–	210
	0,37	195	–	–	–	–
	0,50	–	145	–	–	–
	0,63	–	–	50	–	–
0,8	0	–	–	220	–	–
	0,25	–	–	–	205	–
	0,37	–	–	–	–	175
	0,50	80	–	–	–	–
	0,63	–	50	–	–	–
0,85	0	–	220	–	–	–
	0,25	–	–	180	–	–
	0,37	–	–	–	150	–
	0,50	–	–	–	–	50
	0,63	50	–	–	–	–

Для каждой зависимости изменения диаметра от фактора определялся F-критерий Фишера и сравнивался с критическим значением. В рамках программы исследования значение критического F-распределения, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числах степеней свободы $\varphi_1 = 4$ и $\varphi_2 = 12$, составляет $F_{кр} = 3,2592$.

Определение значащих факторов, реализовано в программно-вычислительном комплексе STATISTICA 10.0 с использованием модуля Design of Experiments. Графическое отображение результатов представлено на рисунках 2-4.

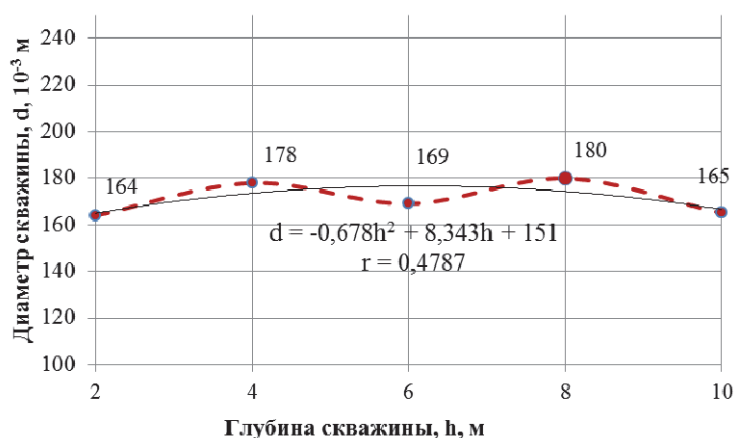


Рисунок 2 – График зависимости изменения диаметра скважины от глубины скважины

Значения F-критериев Фишера приведены в таблице 2. Полученные значения следует интерпретировать следующим образом: факторы, значения критериев которых превышают критическое значение ($F = 3,2592$), не коррелируют со средней генеральной функцией вы-

борки и являются значимыми для исследуемой математической модели.

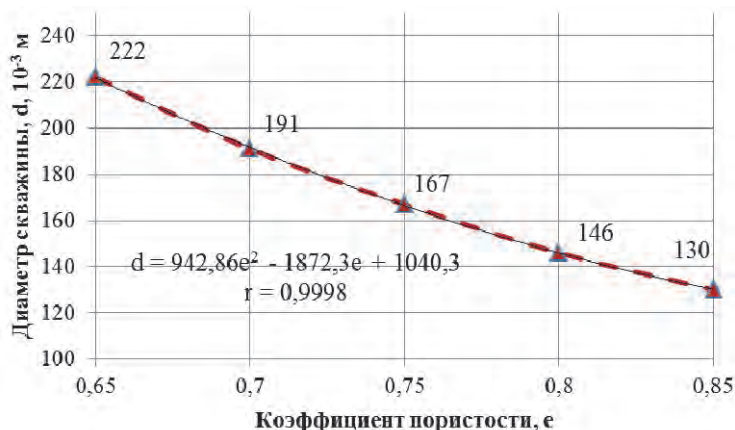


Рисунок 3 – График зависимости изменения диаметра скважины от коэффициента пористости уплотняемого грунта

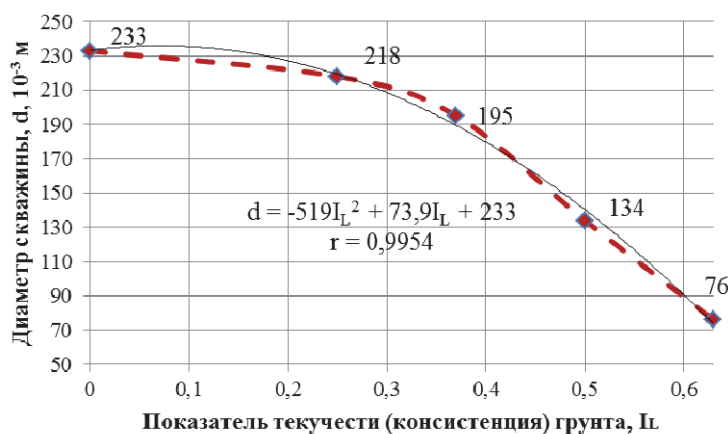


Рисунок 4 – График зависимости изменения диаметра скважины от показателя текучести грунта

Таблица 2 – Значения критериев Фишера

Исследуемый фактор	Значение критерия Фишера	
	для диаметра скважины	критическое
Глубина скважины	0,37543	3,2592
Коэффициент пористости	9,13315	
Показатель текучести	29,20865	

Анализ полученных закономерностей показывает, что основное влияние на конечный диаметр раскатанных скважин оказывают два из трех исследуемых факторов. Изменение диаметров скважин по глубине при прочих равных факторах незначительно и носит шумовой характер.

Результатирующее влияние на диаметр раскатанных скважин оказывают грунтовые условия – коэффициент пористости и консистенция грунта. Причем в большей степени негативное влияние на изменение диаметров скважин оказывает консистенция грунта. В глинистых грунтах от пластичной до мягкопластичной консистенции происходит значительное сужение диаметра скважин – до 70%. Сочетание данных факторов и их влияние на диаметры раскатанных скважин отражены на рисунке 5.

Благодаря проведенным исследованиям определена зависимость изменения диаметра раскатанных скважин от грунтовых условий. Полученная поверхность влияния позволяет выделить наиболее рациональное сочетание грунтовых параметров, при которых следует ожидать минимального уменьшения диаметров раскатанных скважин.

Результатирующее влияние на изменение диаметров раскатанных скважин оказывает физические параметры и консистенция грунтов. Глубина раскатки при прочих равных грун-

товых условиях существенного влияния на сужение диаметра скважин не оказывает. Это говорит о том, что и бытовое давление грунтов (на глубине до 10 м) также существенного влияния на геометрические параметры раскатанных скважин не оказывает.

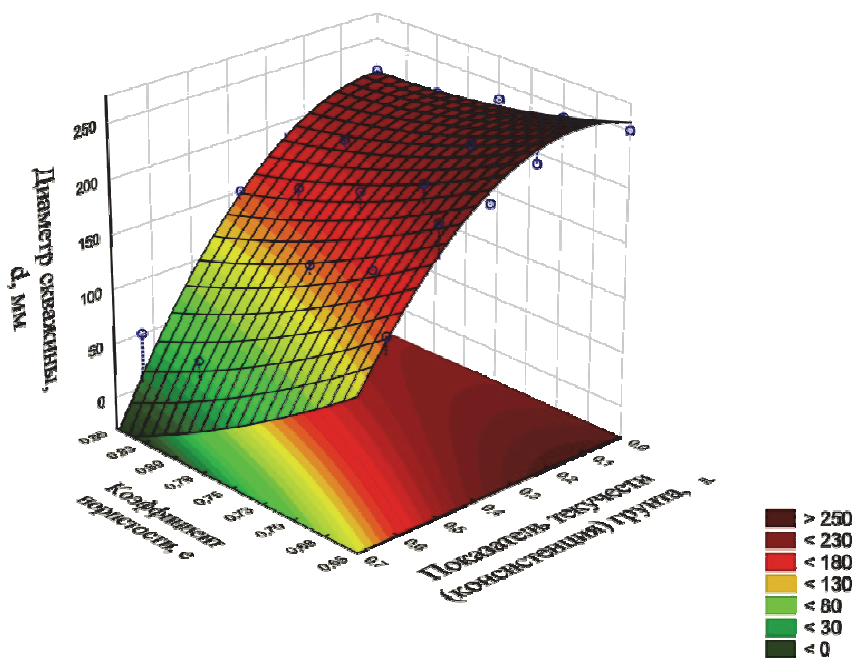


Рисунок 5 – Поверхность влияния на диаметр раскатанных скважин коэффициента пористости и консистенции уплотняемых грунтов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ланис, А.Л. Использование метода напорной инъекции при усилении земляного полотна железных дорог: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / Ланис Алексей Леонидович. -Новосибирск, 2009. -152 с.
 2 Ломов, П.О.Повышение качества проектирования усиления грунтового основания армированием набивными сваями в раскатанных скважинах [Электронный ресурс] / П.О. Ломов // Наукоедение. -2014. -№2 (21). -Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/132TVN214.pdf>.
 3 Хартман, К. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. -М.: Мир, 1977. -120 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: раскатка скважин, основание, натурные эксперименты, диаметр раскатанной скважины
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ломов Петр Олегович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 Ланис Алексей Леонидович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
 ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ООО Технический центр «Политех»

А.А. Наприенко, Е.С. Наприенко

METHODS NONDESTRUCTIVE CONTROL METAL STRUCTURES HOISTING MACHINES
 Siberian state university of water transport
 Technical center Polytech
 A.A. Naprienko, E.S. Naprienko

The main methods of nondestructive control of metal structures hoisting machines. An analysis of the major defects of metal structures arising in the operation of hoisting machines and methods of nondestructive control that identify data defects.

Keywords: nondestructive control, metal structures, hoisting machines

Рассматриваются основные методы неразрушающего контроля металлоконструкций подъемно-транспортных машин. Приведен анализ основных дефектов металлоконструкций, возникающих в процессе эксплуатации подъемно-транспортных машин и методов неразрушающего контроля, позволяющих выявить данные дефекты.

Обеспечение промышленной безопасности опасных производственных объектах, на которых используются подъемно-транспортные машины, всегда было и остается актуальным. Вопрос обеспечения безопасной эксплуатации сварных металлоконструкций, стоит остро, из-за сильной изношенности большей части подъемно-транспортных машин разного назначения, используемых на предприятиях. Дефекты металлоконструкций подъемно-транспортных машин могут привести к тяжелым последствиям, сопровождающимся крупными авариями и разрушениями. Для обеспечения безопасной и бесперебойной работы кранов в процессе эксплуатации необходимо уделять особое внимание состоянию металлоконструкций. В соответствии с нормативной документацией осмотр и обследование металлоконструкций кранов необходимо проводить в течение всего срока службы посредством проведения технического освидетельствования и экспертного обследования.

Обследование металлических конструкций в общем случае должно включать следующие этапы:

- внешний осмотр несущих элементов металлических конструкций;
- проверку элементов металлических конструкций одним (или несколькими) из видов неразрушающего контроля;
- проверку качества соединений элементов металлических конструкций (сварных, болтовых, шарнирных и других);
- измерение остаточных деформаций балок, ферм и отдельных поврежденных элементов;
- оценку степени коррозии элементов металлических конструкций;
- выполнение проверочного расчета на сопротивление усталости (в случаях, если группа режима работы крана достигла граничных значений, а также при наличии усталостных повреждений на расчетных элементах металлоконструкции - основных расчетных сечениях главных и концевых балок мостовых кранов, пролетного строения и опор козловых кранов и перегружателей) [10].

При обследовании крановых металлоконструкций важно знать характер повреждений и места наиболее подверженные к возникновению дефектов. Характерные повреждения металлоконструкций при эксплуатации подъемно-транспортных следующие:

- образование усталостных трещин в элементах металлоконструкциях и сварных соединениях;
- ослабление плотности заклепочных и болтовых соединений;
- остаточные деформации элементов от воздействия случайных местных нагрузок;
- разрушение элементов в результате ударных нагрузок;
- разрушения и деформация элементов в результате перегрузки и опрокидывания кранов.

Наиболее важными и перспективными является методы неразрушающего контроля, так как помимо явных дефектов, они позволяют выявить скрытые дефекты, а также некоторые методы неразрушающего контроля позволяют выявить места назревающего дефекта.

Первоочередным заданием неразрушающего контроля (НК), является поиск дефектов и отклонений характеристик, от показателей предусмотренных эксплуатационными документами. Такими отклонениями являются, как правило, нарушения сплошности металлоконструкций, изменение геометрических параметров, отклонения по физическим и механическим критериям. НК дает возможность обнаруживать эти деструктивные процессы на стадии их зарождения и предотвращать аварийные ситуации и катастрофы.

По ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» неразрушающий контроль, в зависимости от физических явлений, положенных в его основу, подразделяется на следующие виды: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический, проникающими веществами.

Если говорить о металлоконструкциях подъемно-транспортных машин, то главной задачей исследований являются оценка состояния сварных швов и соединений, болтовых и заклепочных соединений, а также контроль геометрических параметров элементов металлоконструкции и измерение толщины материалов (для оценки степени коррозии металлоконструкций). Зрительно, возможно заметить только внешние дефекты шва, в виде раковин, закатов, трещин и прочего. Поэтому особое внимание необходимо уделять контрольно-измерительным мероприятиям и НК.

Для оценки состояния металлоконструкция подъемно-транспортных машин применяются следующие методы неразрушающего контроля:

– визуально-измерительный метод контроля (ВИК). ВИК материала и сварных соединений выполняют с целью выявления поверхностных повреждений (трещин, коррозионных повреждений, деформированных участков, наружного износа элементов и т.д.), образовавшихся в процессе эксплуатации изделий, а также определения соответствия геометрических размеров конструкций и допустимости повреждений материала и сварных соединений требованиям рабочих чертежей, стандартов и паспортов.

При визуальном контроле материала и сварных соединений проверяют: отсутствие или наличие механических повреждений поверхностей; отсутствие или наличие формоизменения элементов конструкций (деформированные участки, коробление, провисание и другие отклонения от первоначального расположения); отсутствие или наличие трещин и других поверхностных дефектов, образовавшихся получивших в процессе эксплуатации; отсутствие коррозионного и механического износа поверхностей.

При измерительном контроле состояния материала и сварных соединений определяют: размеры механических повреждений материала и сварных соединений; размеры деформированных участков материала и сварных соединений, в том числе длину, ширину и глубину вмятин, выпучин, отдулин; овальность цилиндрических элементов, в том числе гибов труб; прямолинейность (прогиб) образующей конструкции (элемента); фактическую толщину стенки материала (при возможности проведения прямых измерений); глубину коррозионных язв и размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину [9].

– Толщинометрия ультразвуковая (УЗТ). УЗТ относится к акустическому методу НК. УЗТ проводят с целью оценки фактического значения толщины стенок элементов металлических конструкций способом однократных измерений в местах, недоступных для измерения толщины механическим измерительным инструментом [8]. Толщинометрия в обязательном порядке проводится при экспертном обследовании подъемно-транспортных машин, при этом производится проверка мест, пораженных коррозией, металлоконструкций при выявлении расслоения, целостности болтовых и заклепочных соединений (при наличии следов коррозии), а также определение действительной длины болтов [10].

– Радиационный. Радиационный контроль проводится с целью выявления в сварных соединениях: внутренних дефектов в виде трещин, непроваров, усадочных раковин, пор и шлаковых (окисных и других) включений; недопустимых для внешнего осмотра наружных дефектов в виде прожогов, подрезов, превышения проплава и т.п. В зависимости от конфигурации сварных швов и радиационной толщины применяют следующие методы контроля: радиографический (и радиационной толщине 4-130 мм), радиоскопический с применением рентгентелевизионных установок с рентген-видиконами (при радиационной толщине 4-10 мм); радиоскопический с применением рентгентелевизионных установок на монокристаллах и рентгеновских электронно-оптических преобразователях (при радиационной толщине 10-70 мм) [3].

– Ультразвуковой (УЗК). УЗК относится к акустическому виду НК. УЗК проводят с целью выявления: трещин, непроваров, пор и шлаковых включений в сварных швах; трещин и расслоений в околошовных зонах и основном металле. Объектами УЗК являются: сварные соединения при изготовлении, ремонте и реконструкции подъемно-транспортных машин (стыковые угловые, нахлесточные и тавровые); основной металл и сварные, клепаные и болтовые соединения при экспертном обследовании; элементы, выполненные из листового проката толщиной 4-60 мм. УЗК не позволяет проконтролировать: соединения, в которых оба соединяемых элемента литые, штампованные или кованные, а также угловые наклонные сварные соединения трубчатых элементов друг с другом или с другими элементами (прокатом, литыми, штампованными или коваными деталями) [4].

– Капиллярный метод. Применяется для выявления сквозных и поверхностных дефектов с открытой полостью. Данный метод позволяет определить протяженность, направление и характер распространения дефекта в объектах (трещины всех видов и направлений, несплавления по кромкам, свищи, незаваренные кратеры, наплывы, подтеки, перерывы в швах, поры в виде сплошной сетки, поверхностные поры, раковины, объемные включения). Условием выявления дефектов при применении капиллярного метода является наличие вышеперечисленных дефектов с глубиной распространения, значительно превышающей ширину их раскрытия, если ширина раскрытия составляет более 0,5 мм, точность капиллярного метода не гарантируется. Существует несколько видов капиллярного метода контроля: цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной, а также метод фильтрующихся частиц [2,5].

– Магнитопорошковый метод (МПД). Объектами МПД являются основной металл, сварные, клепаные и болтовые соединения, детали. При использовании МПД могут быть выявлены: волосовины, неметаллические и шлаковые включения, расслоения, закаты, подповерхностные флокены, поры в поковках и прокате; трещины шлифовочные, ковочные, штамповочные, надрывы, а также сварочные дефекты в элементах металлических конструкций и деталях подъемно-транспортных машин; трещины, возникшие в элементах металлических конструкций и деталях, при эксплуатации подъемно-транспортных. МПД не могут быть проконтролированы элементы конструкций и детали: из неферромагнитных сталей, на поверхности которых не обеспечена необходимая зона для намагничивания и нанесения индикаторных материалов; со структурной неоднородностью и резкими изменениями площади поперечного сечения; с несплошностями, плоскости которых параллельны контролируемой поверхности или составляют с ней и направлением намагничивающего поля угол менее 30° , за исключением несплошностей, выходящих на боковую поверхность [6].

– Вихретоковая дефектоскопия (ВД). Объектами ВД являются основной металл, клепаные и болтовые соединения конструкций, а также поверхности деталей подъемно-транспортных машин. При этом могут быть выявлены следующие дефекты: ковочные, штамповочные, шлифовочные трещины, надрывы в элементах металлических конструкций и деталях подъемно-транспортных машин; волосовины, неметаллические и шлаковые включения, поры в поковках и прокате; трещины, возникшие в элементах металлических конструкций и деталях при эксплуатации подъемно-транспортных машин. ВД не могут быть проконтролированы: элементы конструкций и детали с резкими изменениями магнитных или электрических свойств, с несплошностями, плоскости раскрытия которых параллельны контролируемой поверхности или составляют с ней угол менее 10° , а также сварные швы. Кроме того при применении ВД могут быть не обнаружены дефекты в элементах конструкций и деталях: с поверхностями, на которые нанесены электропроводящие защитные покрытия, если дефект не выходит на поверхность покрытия; с дефектами, заполненными электропроводящими частицами; с поверхностями, покрытыми коррозией [7].

– Акустико-эмиссионный контроль (АЭ-контроль). К объектам АЭ-контроля на грузо-подъемных кранах относятся элементы металлоконструкций: секции стрелы, гидроцилиндр изменения вылета и гидроцилиндр изменения наклона стрелы, опорная рама и ауригеры (выносные опоры). АЭ-контроль позволяет выявить развивающиеся и склонные к развитию (проявляющихся в процессе изменения нагрузки) дефекты, определить их местоположение и оценить их степень опасности. К числу дефектов, выявляемых при АЭ-контроле, относятся трещины, участки, в которых происходит пластическая деформация, коррозионное растрескивание, разрушение и отслоение шлаковых включений. АЭ-контроль выполняется без нагрузки и под нагрузкой (при поднятии контрольного груза, при статических испытаниях). В процессе АЭ-контроля механические (шумы системы нагружения, удары посторонних или плохо закрепленных предметов, трение подвижных частей, действие атмосферных осадков), электромагнитные помехи и радиопомехи (сварочные работы, проводимые вблизи от контролируемого объекта, грозовые разряды, высоковольтные линии передач, а также работающие радиостанции) необходимо учитывать или устранять, так как их наличие не позволит дать объективную оценку контроля [11].

– Тепловой метод. Все вышеперечисленные методы НК решают задачу по выявлению и определению характеристик дефектов, однако, как правило, требуют достаточно трудоемких работ и большого простоя кранов при проведении НК, кроме того некоторые методы не дают объективной оценки из-за посторонних помех (например, АЭ-контроль, УЗК, ВД) или узконаправленности метода (например, МПД). Тепловой метод контроля основан на том, что при нагружении металлоконструкций в местах концентрации напряжений происходит пластическая деформация, сопровождающаяся выделением теплоты. Тепловой метод позволяет выявить дефекты в виде трещин, места назревающего дефекта, а также пластические деформации [1].

Методика НК не универсальна и имеет ряд преимуществ и недостатков, для получения полной и всеобъемлющей картины, необходимо использовать целый комплекс мероприятий по наблюдению за состоянием объекта. Однако стоит отметить, что, несмотря на высокую теоретическую точность методов, качество исследования и его результаты во многом зависят от уровня квалификации и опыта специалиста, проводящего исследование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вавилов, В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: справочник / В.П. Вавилов. -М.: Машиностроение, 1991. - 245 с.
- 2 ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. -М.: Стандартиформ, 1986. -16 с.
- 3 РД РОСЭК-01-002-96 Машины грузоподъемные. Конструкции металлические Контроль радиационный. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 4 РД РОСЭК-001-96 Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 5 РД РОСЭК-004-97 Машины грузоподъемные. Контроль капиллярный. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 6 РД РОСЭК-003-97 Машины грузоподъемные. Контроль магнитопорошковый. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 7 РД РОСЭК-007-97 Машины грузоподъемные. Контроль вихретоковый. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 8 РД РОСЭК-006-97 Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Толщинометрия ультразвуковая. Основные положения // СПС КонсультантПлюс.
- 9 РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю // СПС КонсультантПлюс.
- 10 РД 10-112-5-09 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 5. Краны мостовые и козловые // СПС КонсультантПлюс.
- 11 СДОС-08-2012 Методические рекомендации о порядке проведения акустико-эмиссионного контроля металлических конструкций грузоподъемных кранов стрелового типа // СПС КонсультантПлюс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *неразрушающий контроль, металлоконструкции, подъемно-транспортные машины*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Наприенко Анна Андреевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Наприенко Евгений Сергеевич, начальник отдела ООО ТЦ «Политех»

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

630058, г.Новосибирск, ул.Плотинная, 2/2, ООО ТЦ «Политех»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНЫМИ СУДАМИ ШЛЮЗОВАННЫХ СИСТЕМ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ СУДА В ОГРАНИЧЕННОМ ПОТОКЕ

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

А.В. Емельянов

RESEARCH OF PROCESS OF PASSING BY VERY LARGE VESSELS LOCK SYSTEM. NUMERICAL SIMULATION OF THE MOVEMENTS SHIP IN A RESTRICTED FLOW

Volga state university of water transport
A.V. Emel'yanov

The results of investigations proceeding lock system by very large vessels. Causes marked reduction capacity and safety of navigation on the canals. Made prerequisites for choosing a method to justify the size of safe shipping canals.

Keywords: shipping canals, very large vessels, safety of navigation, numerical simulation

Приведены результаты исследований, процесса прохождения шлюзованных систем крупнотоннажными судами. Обозначены причины снижения пропускной способности и безопасности судоходства на каналах. Сделаны предпосылки по выбору метода для обоснования безопасных габаритов судоходных каналов.

В наше время судоходные шлюзованные системы являются важнейшим звеном всей цепи внутренних водных путей (ВВП), связывая не только реки и озера между собой, а также обеспечивая транзитное грузосообщение речных и морских портов. Однако стоит отметить, что все существующие сейчас судоходные каналы были построены ещё в середине прошлого века и ориентированы на габариты судов того времени. Как следствие с вводом в эксплуатацию судов большей грузоподъемности начали возникать проблемы связанные с безопасностью судоходства и пропускной способностью каналов. Сегодня при эксплуатации судов большой грузоподъемности решение данной проблемы становится особенно актуально. В связи с вышесказанным, нами проведен анализ причин снижающих пропускную способность на примере Волго-Донского судоходного канала, а также сделаны предпосылки по решению данной проблемы.

Судопоток по Волго-Донскому судоходному каналу (ВДСК) за весь период его эксплуатации характеризуется нестабильностью. По мере стабилизации экономической ситуации в стране и развития новых экономических отношений, произошло увеличение грузоперевозок судами смешанного река-море плавания. Это незамедлительно сказалось на росте судопотока и по ВДСК, который к 2012 г. достиг 7 тыс. судов, в основном за счет эксплуатации судов новой постройки большой грузоподъемности.

В [1] говорится, что средне навигационный коэффициент пропускной способности ВДСК уже достигает 0,88. В соответствии с системой массового обслуживания, при коэффициенте пропускной способности свыше 75-80%, образуется бесконечная очередь, что подтверждается нашими исследованиями.

Для уточнения времени на прохождение канала и затрат времени на ожидания шлюзования при движении судов с Волги на Дон на Красноармейском рейде нами проведен соответствующий анализ прохождения канала крупнотоннажными судами проекта RST-22 и RST-27 в навигацию 2012, 2013 и 2014 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Время судопропуска судов через Волго-Донской судоходный канал, ч

Год	Название судна	Среднее время прохождения с учетом ожидания		
		из Волга в Дон	из Дона в Волгу	среднее время прохождения
2012	Механик Пантелеев (пр. RST-22)	35,0	37	36,0
2012	Механик Антонов (пр. RST-22)	36,0	36	36,0
2013	В.Ф.Т.-3 (пр. RST-27)	46,5	38	42,2
2013	В.Ф.Т.-5 (пр. RST-27)	42,0	53	47,5
2014	В.Ф.Т.-11 (пр. RST-27)	44,7	66	55,3

При движении судов с Волги на Дон достаточно длительное время затрачивается на простой в ожидании шлюзования в шлюзе №1. Рейд ожидания шлюзования расположен ни-

же упомянутого шлюза на 8 км. При этом стоит отметить, что со стороны Волги подход к шлюзу №1 не имеет специально оборудованного подходного канала, в связи с этим подход к шлюзу осуществляется по дополнительному судовому ходу с односторонним движением. В итоге все суда вынуждены затрачивать значительное время не только на ожидание судопропуска, но и на освобождение дополнительного судового хода для подхода к шлюзу №1. Это и является основной причиной длительного простоя флота в ожидании судопропуска при движении с Волги на Дон. Если еще в 2012 г., среднее время ожидания шлюзования для крупнотоннажных судов на Красноармейском рейде составляло 7-8 часов, то уже в 2014 г. оно выросло в 1,9 раза и составляет порядка 15 часов. А в отдельных случаях суда вынуждены простаивать больше суток ожидая своей очереди. Среднее время прохождения канала независимо от направления по сравнению с 2012 г. выросло в 1,5 раза.

Увеличение затрат времени на прохождение канала связано не только с затратой времени на ожидание шлюзования, но и особыми условиями расхождения крупнотоннажных судов в искусственной части канала, которые заключаются в следующем: расхождение двух крупнотоннажных судов с габаритной шириной 16,6 м без применения специальных приемов невозможно. Как правило, для расхождения используются два следующих приема:

- одно из судов ожидает прохождения искусственной части канала другим судном у стенки шлюза и лишь после этого начинает свое движение;

- при встрече на прямолинейном участке двух крупнотоннажных судов, одно из судов останавливает свое движение и прижимается к откосу канала. Другое судно проходит мимо него на минимально возможной скорости.

В навигацию 2013 г. нами были проведены натурные исследования процесса расхождения с замером скорости расходящихся судов в зависимости от их габаритов. Исследование проводилось на пассажирском судне «Валерий Чкалов» пр. 26-37 при расхождении со встречными крупнотоннажными судами в искусственной части канала. В процессе этих исследований фиксировалась скорость собственного и встречных судов. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Скорости движения судов при расхождении со встречными судами в искусственной части ВДСК

Тип встречного судна	Габариты и скорость встречных судов			Габариты и скорость пр.26-37		
	длина, м	ширина, м	скорость, км/ч	длина, м	ширина, м	скорость, км/ч
Волгонефть	132,6	16,9	0-3	96,3	15,0	7,0
RSD-44	140,0	16,50	1-3	96,3	15,0	7,5
Сухогруз «Модурус»	89,2	15,6	1-3	96,3	15,0	8,0
Волго-Дон	140,0	16,7	0-3	96,3	15,0	5,0
Танкер «Н.Новгород»	141,0	16,9	0-3	96,3	15,0	7,3
RST-22	139,9	16,6	0-3	96,3	15,0	7,4
RST-27	140,8	16,7	0-3	96,3	15,0	6,5

По результатам приведенных в таблице 2 данных видно, что наибольшее затруднение при расхождении испытывают крупнотоннажные суда из-за своих габаритов. Они вынуждены практически останавливать свое движение и удерживать свое положение только за счет работы машин и подруливающего устройства. Эти исследования показали, что расхождение крупнотоннажных судов даже с пассажирским судном пр. 26-37 представляет большую сложность (рисунок 1). Из рисунка 1 видно, что суда при расхождении вынуждены приближаться вплотную друг к другу и к откосам канала на опасно близкое расстояние.

Вполне очевидно, что существующие габариты канала небезопасны для эксплуатации крупнотоннажных судов. Учитывая тот факт, что доля крупнотоннажного флота продолжает расти, вопрос об обеспечении безопасных габаритов и повышение пропускной способности судоходных каналов становится весьма актуальным.

Существует несколько путей повышения пропускной способности канала, в том числе: строительство второй нитки канала или реконструкция существующего канала. В любом случае необходимо проведение обширных исследований связанных непосредственно с процессом движения судна по каналу и обоснование безопасных габаритов для эксплуатации крупнотоннажных судов.

Существующие методы определения безопасных габаритов судоходных каналов и скорости движения судов имеет ряд недостатков. Трудности аналитического описания и ис-

пользование новых компьютерных технологий дали импульс развитию численных методов анализа движения судна в подобных условиях эксплуатации. Развитие систем автоматизации проектирования (САПР) и систем инженерного анализа (СИА) позволило открыть новое направление в подходах к изучению задач гидродинамики движения судна [2].

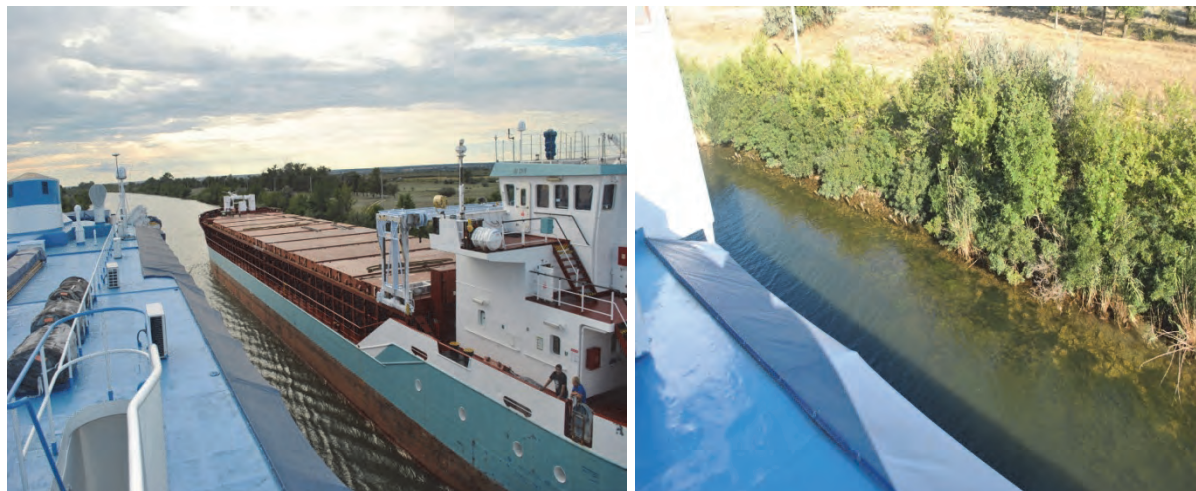


Рисунок 1 – Момент расхождения судов

Методы численного моделирования позволяют экономить не только время, но и физические и материальные затраты, связанные с проведением исследования.

Решение нами задачи по моделированию движения судна в канале при помощи СИА, включала в себя следующие этапы:

- Создание области расчета. Для этого, мы при помощи САПР создали геометрическую модель канала, соответствующую по габаритам ВДСК. Протяженность канала составляет 10 длин расчетного судна. Затем импортировали ее через формат STL в СИА.

- Задание математической модели. В нашей задаче судно движется в потоке жидкости со свободной поверхностью, которая описывается при помощи многофазной модели. Рассчитываемыми уравнениями в этом случае будут: скорость, турбулентность и относительный объем жидкости в ячейке. Это означает, что будут решаться только уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, уравнения переноса для турбулентной энергии и диссипации и уравнение переноса функции заполнения.

- Задание граничных условий. На входе в канал граничное условие «Нормальный вход/выход»; на выходе граничное условие «Нулевое давление/выход»; на свободной поверхности граничное условие симметрии «Стенка с проскальзыванием»; дно канала и откосы граничное условие стенки с логарифмическим профилем скорости у стенки «Стенка, логарифмический закон».

- Задание подвижного тела с помощью фильтра. На этом этапе импортируем модель корпуса расчетного крупнотоннажного судна.

- Задание параметров метода расчета. На этом этапе задаются такие параметры как: опорные значения (температура, давление), начальное значение скорости судна, уровень жидкости и её свойство.

- Задание исходной расчетной сетки. Задаём начальную расчетную сетку, сгущенную в области корпуса судна. Затем выбираем шаг по времени и задаем глобальные параметры расчета.

- Расчет подготовленного варианта. Время расчета зависит от количества заданных ячеек. В процессе расчета есть возможность контролировать ход вычисления и вносить некоторые изменения. Отображение результатов моделирования возможно в различных видах: в виде заливки, графиков или изоповерхностей.

Проведенное нами моделирование процесса движения в канале судна, приближенного к реальному прототипу, дало положительный результат. Это говорит о возможности применения данного метода для исследования процесса движения крупнотоннажных судов в ограниченном потоке с получением вполне приемлемых результатов, которые могут быть использованы для обоснования безопасных габаритов каналов и безопасной скорости для расхождения крупнотоннажных судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кобранов, С. Волго-Дону нужны вторые нитки шлюзов / С. Кобранов // Речной транспорт (XXI век). -2013. -№6(65). -С. 26-29.
- 2 Станков, Б. Применение системы инженерного анализа FlowVision для решения прикладных задач гидродинамики судна / Б. Станков, А. Печенюк // САПР и графика. -2006.-№11. -С. 50-56.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *судоходные каналы, крупнотоннажные суда, безопасность судоходства, численное моделирование*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Емельянов Александр Валерьевич, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ И КРЕПЛЕНИЯ ШТАБЕЛЯ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов

SECURING SAFE CARRIAGE OF GOODS BY SEA BASED ON ADVANCES IN STACK STOWAGE AND SECURING TECHNOLOGY

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 goods using a technology for controlling the stack shifting by means of fixing brake shoes is considered.

Keywords: fastening technology, packaged goods, stack, regulation displaceability goods, fixing brake shoes

Рассмотрены вопросы безопасной перевозки смещающихся грузов на палубе судна. В частности, рассматривается возможность перевозки пакетированных грузов 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 погрузки и перевозки смещающихся грузов на палубе судна [1,2]. Основным исходным положением при разработке технологий является упаковка груза в отдельные пакеты с прямоугольным основанием, из которых затем формируются с использованием специализированных устройств укрупненные грузовые единицы – блок-пакеты [3].

Регулирование смещаемости штабеля пакетированного груза обеспечивается специальными фиксирующими башмаками трехмерного типа, которые располагаются по внешним углам каждого сформированного пакета, а также сдвоенными башмаками, соединяющими по торцам близ лежащие пакеты между собой в единый блок, состоящий из двух или четырех пакетов. Роль башмаков трехмерного типа – формирование и фиксация пакетов с использованием крепежных лент, что исключает смещение пиломатериалов внутри пакета. Сдвоенные башмаки предназначены для создания укрупненных грузовых единиц при погрузке на судно. Эти устройства в совокупности предотвращают смещение или выпадение пакетов из штабеля, то есть его опасное разрушение, и способствуют сохранению устойчивого состояния штабеля при его транспортировке на судне.

Технология формирования и крепления штабеля включает следующие операции: формирование блок-пакетов на отдельной площадке; погрузка блок-пакетов на транспортное средство; формирование из блок-пакетов ярусов на палубе судна; крепление сформированных ярусов; заводка найтовов; хранение фиксирующих башмаков.

Выполняют операцию поочередного формирования блок-пакетов из двух или четырех пакетов (рисунок 1 и 2) на отдельной площадке посредством как фиксирующих башмаков 2, так и сдвоенных фиксирующих башмаков 18, а также крепежных лент 4.

Для этой операции вначале два отдельных пакета устанавливают на сепарационный материал вплотную друг к другу (рисунок 1). Стороны прилегания двух пакетов фиксируют внизу с обоих внутренних углов сдвоенными фиксирующими башмаками 18 так, чтобы внутренние углы пакетов вплотную прилегали к их стенкам 19 и 3. Снаружи по нижним наружным углам обоих пакетов устанавливаются фиксирующие башмаки 2, так чтобы они также плотно прилегали к углам пакета. Затем в каждое внешнее сквозное крепежное окно 9 вертикальных стенок 3 каждого из двух противолежащих друг другу соседних нижних башмаков соот-

ответственно 2, 18 и 2 горизонтально заводят крепежную ленту 4 по ширине пакета (рисунок 1), а также и во внешние окна 9 вертикальных стенок 3 противоположащих друг другу нижних башмаков 2 горизонтально заводят крепежную ленту 4 и по длине пакета. Каждую крепежную ленту 4 скрепляют зажимом 10 втугую, специальным устройством, например пневмо-машинкой. Далее по верхним углам этих пакетов аналогично устанавливают фиксирующие башмаки 2 и сдвоенные фиксирующие башмаки 18, так чтобы башмаки 2 и стенки 3 и 19 башмаков 18 плотно прилегали к углам пакета. Затем в каждое внешнее сквозное окно 9 вертикальных стенок 3 каждого из двух верхних противоположащих друг другу соседних башмаков соответственно 2, 18 и 2 горизонтально заводят крепежную ленту 4 по ширине пакета, и каждую крепежную ленту 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10 специальным устройством. После этого (рисунок 1а) вертикально заводят крепежную ленту 4 в нижнее окно 6 каждого верхнего башмака соответственно 2 и 18 и в верхнее окно 7 каждого соседнего с ним нижнего башмака соответственно 2 и 18. Затем каждую крепежную ленту 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10 специальным устройством. На этом формирование блок-пакета из двух отдельных пакетов заканчивают. По завершению формирования каждого данного блок-пакета его грузят на транспортное средство и приступают к формированию на площадке следующего.

При формировании блок-пакета из четырех отдельных пакетов (рисунок 2), предварительно на отдельной площадке аналогично выполняют операцию формирования блок-пакетов из двух отдельных пакетов. Затем эти два сформированные отдельные блок-пакеты устанавливают друг на друга, аналогично заводят крепежную ленту 4 (сравнительно короткую), соединяя между собой противоположащие верхние 7 и нижние 6 окна пар соседних башмаков соответственно 2 и 18 верхнего и нижнего ряда, а затем каждую крепежную ленту 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом 10 специальным устройством. На этом формирование блок-пакета из четырех отдельных пакетов заканчивают.

Из образованных предварительно таким путем блок-пакетов формируют штабель на палубе судна. При этом операции по погрузке судна следует выполнять в определенной последовательности в два этапа.

Перед погрузкой блок-пакетов 1 на судно, конкретно на люковую крышку 11 судна (рисунок 3) укладывают деревянные прокладки. Сформированные многочисленные блок-пакеты с помощью устанавливают на прокладки в плотную друг к другу вдоль оси судна по всей площади люковой крышки.

После их установки аналогично заводят горизонтально крепежную ленту 4 во внутренние окна 8 вертикальных стенок 3, а также и между верхними окнами 7 вертикальных стенок 3 верхнего ряда всех противоположащих соседних смежных башмаков соответственно 2 и 18 всех смежных вплотную прилегающих к друг другу блок-пакетов. Скрепляют эти, сравнительно короткие, ленты зажимами 10 втугую специальным устройством, и таким образом закрепляют между собой все блок-пакеты, образуя таким путем укрупненную грузовую единицу.

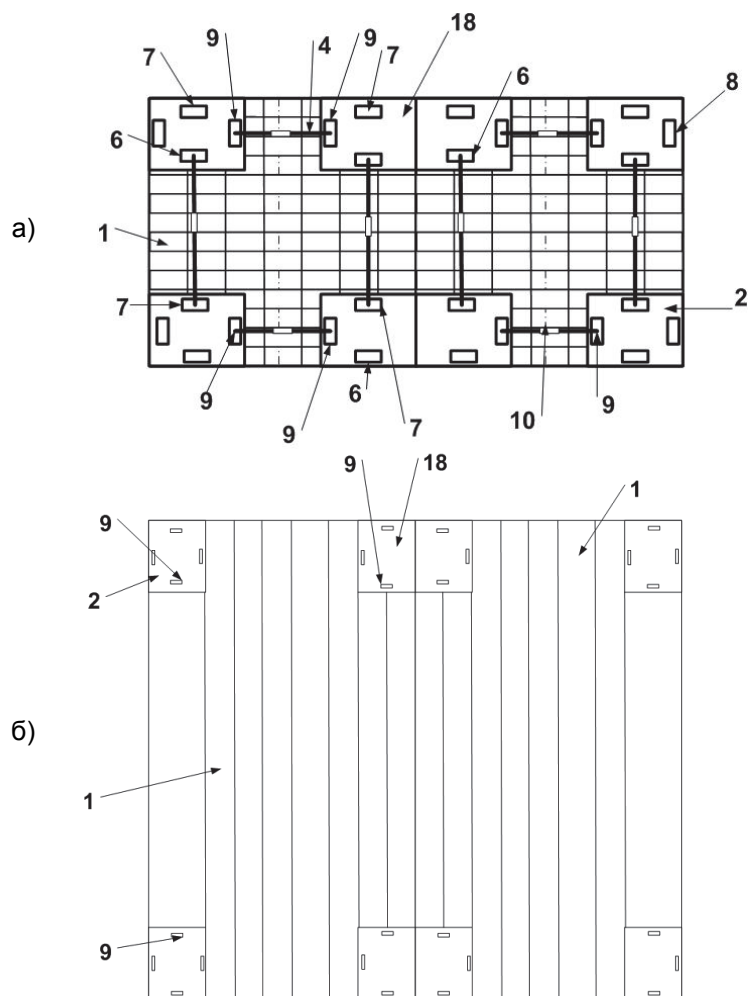


Рисунок 1 - Формирование блок-пакета из двух отдельных пакетов: а)-вид по ширине; б)-вид по длине пакета

цу – первый ярус. Далее производят крепление первого яруса найтовыми 12 к палубе 13 судна с обоих внешних торцов. На этом первый этап формирования и крепления штабеля из блок-пакетов на люковой крышке заканчивают.

Аналогично формируют, а также крепят между собой на люковой крышке блок-пакеты второго и последующих ярусов штабеля, выполняя второй этап, при этом используют продольный, поперечный или продольно-поперечный метод укладки блок-пакетов в ярусы. Последний ярус блок-пакетов укладывают вдоль оси судна, что способствует уменьшению опрокидывающего момента груза при качке. В результате образуют полностью сформированный штабель пактов прямоугольной формы на люковой крышке судна, например, состоящий из четырех ярусов. На этом второй этап формирования штабеля из блок-пакетов заканчивают. Далее на этом втором этапе штабель крепят к палубе судна, для этого обтягивают его поперечными найтовыми 12 с помощью талрепов.

При формировании каравана палубного груза из подобных блок-пакетов по всей ширине судна (рисунки 4) перед погрузкой пакетов 1 на судно, конкретно на палубу 13 и люковую крышку 11 судна укладывают деревянные прокладки. Сформированные блок-пакеты с помощью крана 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. После их установки дальнейшее формирование и крепление штабеля выполняется аналогично формированию и креплению штабеля на люковых крышках.

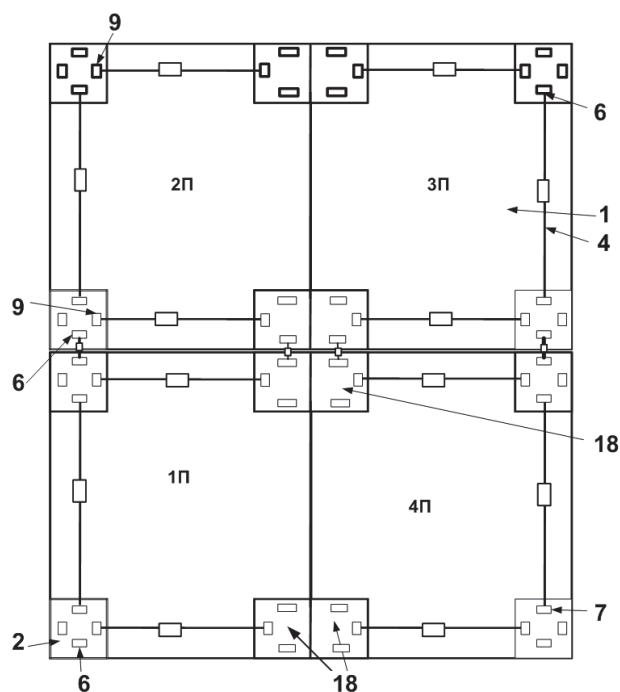


Рисунок 2 – Формирование блок-пакета из четырех отдельных пакетов

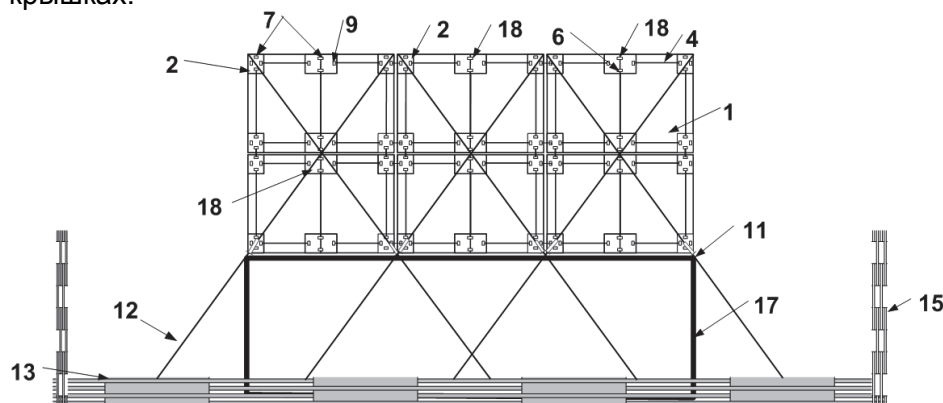


Рисунок 3 – Штабель, сформированный из блок-пакетов на люковой крышке

В результате данных действий штабель, составленный подобным образом из блок-пакетов, соединенных фиксирующими башмаками во всех их верхних и нижних смежных рядах, значительно повышает свою монолитность (за счет исключения смещения и выпадения пакетов). Это обеспечивает безопасную транспортировку штабеля пакетированного груза на транспортных средствах, особенно на судах, обеспечивая его (штабель) способность выдерживать статические и динамические нагрузки, возникающие при качке и толчках на транспорте, а также безопасность самих работ при грузовых операциях.

Кроме того, соединенные в блоки пакеты могут служить удобной грузовой единицей при погрузке и выгрузке, что существенно снижает трудоемкость грузовых операций и простои транспортного средства, а также предупреждает разрушение штабеля на различных этапах погрузки-разгрузки, что повышает безопасность этих работ.

Таким образом, предложен новый подход к решению задачи упрощения крепления штабеля: достигается снижение трудоемкости обслуживания во время транспортировки, повышение надежности и безопасности закрепленного штабеля, снижение материальных затрат

при формировании, креплении и поддержании его в устойчивом состоянии, особенно при морской перевозке штабеля пакетированного груза на верхней палубе и луковых крышках судна.

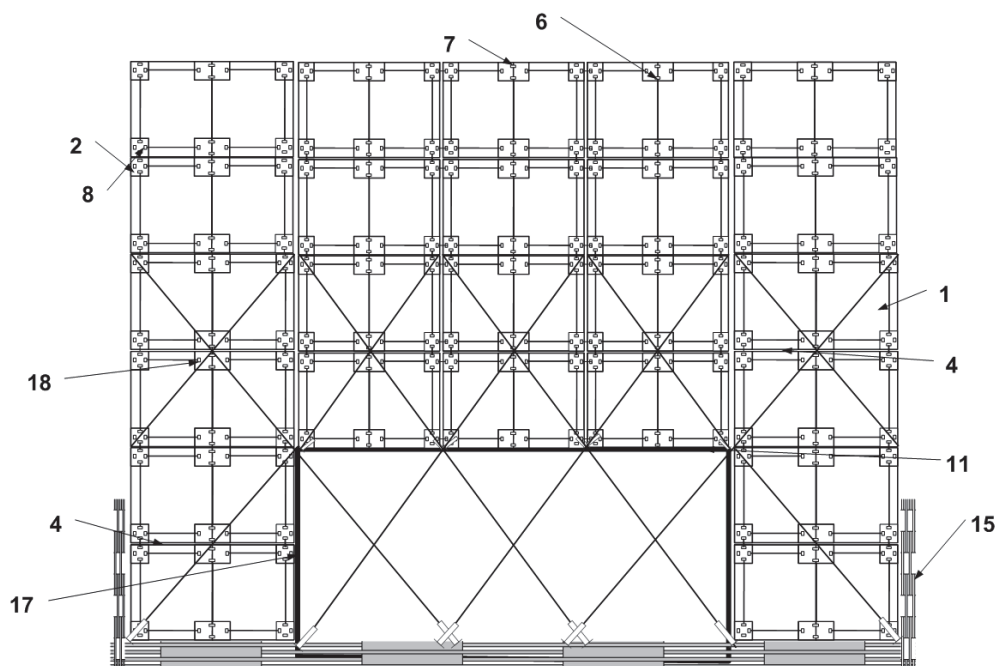


Рисунок 4 – Штабель, сформированный по всей ширине судна

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аносов, Н.М. Технология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля пиломатериалов на палубе судна / Н.М. Аносов, Т.Е. Маликова // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 117-120.
- 2 Маликова, Т.Е. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля труб на палубе судна / Т.Е. Маликова, А. Д. Москаленко // Эксплуатация морского транспорта. -2013. -№1(71). –С. 7-9.
- 3 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, регулирование смещаемости грузов, фиксирующие башмаки

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Маликова Татьяна Егоровна, докт. 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»

НОВЫЕ СКОРОСТНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ СУДА ДЛЯ РЕК СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Инжиниринговая компания «Нептун-Судомонтаж»

М.Э. Францев

THE NEW HIGH-SPEED PASSENGER CRAFTS FOR THE RIVER OF SIBERIA AND FAR EST
Engineering company Neptune Sudomontazh
M.E. Frantsev

The abstract shows the projects exploitation elements of the new high-speed passenger crafts for the river of Siberia and far Est. There are hydrofoil crafts and hovercrafts and planning crafts and other types of the high-speed crafts.

Keywords: new high-speed passenger crafts, river of Siberia and far Est

Рассмотрены основные типы и эксплуатационные характеристики новых скоростных пассажирских судов для рек Сибири и Дальнего Востока, разработанных в объеме концептуальных проектов, в частности, судов на подводных крыльях, судов на воздушной подушке, глиссирующих судов и скоростных судов других типов с позиций их топливной экономичности.

Статья подготовлена по результатам научно-исследовательской работы, выполненной Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана по государственному контракту №13411.1007499.09.082 от 18.11.2013 г. с МинПромТоргом России по технологическому направлению №3 «Концептуальные проекты морской техники» («Новый облик») Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 гг., мероприятие №3.3.2 «Скоростные пассажирские суда». Автор статьи руководил указанной работой.

В рамках указанной НИР выполнены, в том числе, следующие исследования:

– Исследованы внутренние водные пути Обь-Иртышского, Енисейского, Ленского, Амурского бассейнов, бассейнов рек Гыданского полуострова (Пур, Таз, Надым, Большая Хета), бассейнов рек Северо-Востока (Яна, Индигирка, Колыма).

– Исследованы реальные расписания скоростных пассажирских перевозок и действующие тарифы в 2010-2014 гг. основных операторов пассажирских перевозок в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока.

– Определены направления и размеры основных пассажиропотоков бассейнов рек Сибири и Дальнего Востока.

– Исследованы типы скоростных судов, используемые в настоящее время в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока для всех типов скоростных пассажирских перевозок.

– Исследован опыт эксплуатации и модернизации пассажирских скоростных судов, реализованных силами операторов пассажирских перевозок.

– Сформирована база данных нормативных документов региональных и муниципальных органов власти, касающихся вопросов организации и субсидирования скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом за 2010-2014 гг.

При выполнении научно-исследовательской работы был сделан упор на следующие принципиальные положения.

Долгосрочные интересы Российской Федерации определяют важнейшую роль территории Сибири и Дальнего Востока в развитии страны вследствие их географического положения и наличия значительного ресурсного потенциала. Экономика России без использования ресурсов Сибири и Дальнего Востока нормально функционировать не сможет, тем более что государство уже затратило огромные средства и усилия многих поколений на освоение этого региона. Включение в хозяйственный оборот новых территорий для промышленного освоения полезных ископаемых, например, таких как междуречье рек Оби и Енисея, включающего бассейны рек Надым, Пур, Таз, Большая Хета, а также ряда территорий Байкало-Ангарского и Енисейского бассейнов сопровождается расширением судоходства на этих реках и их притоках, включая осуществление пассажирских перевозок между населенными пунктами, создающимися на берегах малых рек.

Развитие транспортного комплекса в долгосрочном периоде во всех сценариях рассматривается, как один из ключевых факторов обеспечения динамики экономического роста Сибири и Дальнего Востока. В долгосрочной перспективе скоростной пассажирский внутренний водный транспорт останется безальтернативным видом сообщений для огромных территорий, расположенных в бассейнах всех основных сибирских рек. Существует собственная специфика скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом, характерная для каждого бассейна Сибири и Дальнего Востока. Пассажирский речной транспорт обеспечивает межрегиональную и внутрирегиональную транспортную связь. Приоритетной задачей при этом остается обеспечение транспортным сообщением населенных пунктов, расположенных в прибрежной зоне, в том числе на малых реках. Водный транспорт, по-прежнему, будет являться решающим фактором сохранения населенных пунктов, расположенных на внутренних водных путях Сибири и Дальнего Востока, так как прекращение пассажирских перевозок ведет к нарушению культурных связей районов, приречных населенных пунктов, нарушению общения и изоляции населения, лишенного транспортных коммуникаций. Подавляющее большинство скоростных перевозок пассажиров на внутреннем водном транспорте Сибири и Дальнего Востока относятся к социально-значимым перевозкам, выполняемым для удовлетворения жизненно важных потребностей населения региона. При этом повсеместно наблюдается рост социально значимых речных пассажирских перевозок.

В условиях рыночной экономики органам государственной власти Сибири и Дальнего Востока приходится решать проблему доставки пассажиров из числа местного населения в населенные пункты, расположенные на магистральных, малых и боковых реках через целе-

вые комплексные программы государственной поддержки, так как пассажирское сообщение, в ряде случаев, определяет саму возможность существования населенного пункта.

Поэтому подавляющее большинство скоростных перевозок пассажиров внутренним водным транспортом в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока относятся к социально-значимым перевозкам, дотируемым и субсидируемым из бюджетов различных уровней. В ряде случаев органы государственной власти, кроме вопросов дотирования и субсидирования, собственно, перевозок, вынуждены принимать на себя финансовую сторону вопросов содержания и ремонта имеющегося скоростного флота, включая приобретение и замену главных двигателей, а также, приобретение нового флота. При этом вопросы обоснования необходимых эксплуатационных характеристик вновь приобретаемых скоростных пассажирских судов решаются не всегда на должном уровне.

В рамках указанной НИР разработано девять концептуальных проектов скоростных пассажирских судов (таблица 1). Для регулярных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом на реках Сибири и Дальнего Востока предлагается применение следующих типов скоростных судов со статическим и динамическим поддержанием (разгрузкой):

- суда переходного режима движения с водометными движителями;
- глиссирующие суда;
- суда на воздушной подушке с жесткими скегами;
- амфибийные судна на воздушной подушке с различными типами гибких ограждений;
- суда на подводных крыльях.

Концептуальные проекты скоростных пассажирских судов характеризуются следующими принципиальными подходами:

- Сохраняются апробированные и хорошо себя зарекомендовавшие в конструкции скоростных пассажирских судов архитектурно-компоновочные, аэрогидродинамические и прочностные схемы.

Таблица 1 – Скоростные пассажирские суда для рек Сибири и Дальнего Востока (концептуальные проекты). Эксплуатируется в светлое время суток. Район плавания – верховья магистральных рек, боковые и малые реки разряда «Л» с кратковременным выходом в разряд «Р»

Наименование проекта	Эксплуатационные качества
1 Судно на подводных крыльях с надстройкой из композиционных материалов пассажировместимостью 60 человек СПК60.360060.001 Класс PPP «P1,2/0,5СПК»	Эксплуатационная скорость 65 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления фарватера 100-150 м и гарантированной глубиной судового хода 1,0 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе: на крыльях 0,5 м, на плаву – 1,2 м; Имеет дальность действия 400 км и автономность по запасам топлива 8 ч
2 Судно на подводных крыльях с надстройкой из композиционных материалов пассажировместимостью 80 человек СПК80.360060.001 Класс PPP «O2,0/1,5СПК»	Эксплуатационная скорость 65 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с гарантированной глубиной судового хода 2,5 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на крыльях 1,5 м; на плаву – 2,0 м; Имеет дальность действия 500 км и автономность по запасам топлива 10 ч
3 Судно на подводных крыльях с надстройкой из композиционных материалов пассажировместимостью 134 человек СПК134.360060.001 Класс PPP «O2,0/1,5СПК»	Эксплуатационная скорость 65 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с гарантированной глубиной судового хода 2,5 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на крыльях 1,5 м; на плаву – 2,0 м; Имеет дальность действия 1000 км и автономность по запасам топлива 24 ч
4 Амфибийное судно на воздушной подушке с надстройкой из композиционных материалов с двухъярусным гибким ограждением пассажировместимостью 32 человека АСВП32.360060.001 Класс PPP «P1,2/1,2СВП»	Эксплуатационная скорость на воде – 45 км/ч; на льду – 75 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м при отсутствии гарантированных глубин судового хода, а также по льду и снегу; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 1,2 м; на плаву – 1,2 м; Имеет дальность действия 500 км и автономность по запасам топлива 12 ч

СУДОВОЖДЕНИЕ

Продолжение таблицы 1

Наименование проекта	Эксплуатационные качества
5 Амфибийное судно на воздушной подушке с надстройкой из композиционных материалов с двухъярусным гибким ограждением пассажировместимостью 16 человек АСВП16.360060.001 Класс PPP «P1,2/1,2СВП»	Эксплуатационная скорость на воде – 45 км/ч, на льду – 75 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м при отсутствии гарантированных глубин судового хода, а также по льду и снегу; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 1,2 м; на плаву – 1,2 м; Имеет дальность действия 500 км и автономность по запасам топлива 12 ч
6 Амфибийное судно на воздушной подушке с надстройкой из композиционных материалов с гибким ограждением на надувных скегах пассажировместимостью 16 человек АСВПНС16.360060.001 Класс PPP «P1,2/1,2СВП»	Эксплуатационная скорость на воде – 55 км/ч, на льду – 75 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м при отсутствии гарантированных глубин судового хода, а также по льду и снегу; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 1,2 м; на плаву – 1,2 м; Имеет дальность действия 500 км и автономность по запасам топлива 12 ч
7 Глиссирующее судно с надстройкой из композиционных материалов пассажировместимостью 66 человек Г66.360060.001 Класс PPP «P0,6/0,6Глиссер»	Эксплуатационная скорость 55 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м и гарантированной глубиной судового хода 1,0 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 0,6 м; на плаву – 0,6 м; Имеет дальность действия 400 км и автономность по запасам топлива 8 ч
8 Водометное судно с надстройкой из композиционных материалов пассажировместимостью 66 человек ВП66.360060.001 Класс PPP «P0,6»	Эксплуатационная скорость 45 км/ч; Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м и гарантированной глубиной судового хода на песчаных перекатах 0,5 м, на каменистых перекатах – 0,6 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 0,6 м; на плаву – 0,6 м; Имеет дальность действия 400 км и автономность по запасам топлива 8 ч
9 Судно на воздушной подушке с надстройкой из композиционных материалов с жесткими скегами пассажировместимостью 66 человек СВПС66.360060.001 Класс PPP «P1,2/0,6СВП»	Двигается на эксплуатационной скорости по водным путям с радиусом закругления 40-70 м и гарантированной глубиной судового хода 0,6 м; Может эксплуатироваться при высоте волнения при ходе на расчетном режиме 0,6 м; на плаву – 0,6 м; Имеет дальность действия 400 км и автономность по запасам топлива 8 ч

– Используются проектные и конструктивно-технологические решения, подтвердившие свою работоспособность и вписывающиеся в разработанную технико-экономическую модель [3, 7].

– Производится насыщение новым совершенным оборудованием, включая главные двигатели, имеющим существенно меньшую массу, чем его аналоги прошлого века, и существенно более высокие эксплуатационные качества, включая экологические кондиции.

– Образовавшаяся экономия массы отдельных статей нагрузки скоростного судна частично направлена на повышение его полезной нагрузки [2, 4].

– Оставшаяся экономия массы направлена на повышение прочности отдельных элементов конструкции, а также улучшение других эксплуатационных характеристик, включая повышение дальности действия судна [4, 6, 7].

– Перечисленные мероприятия судна обеспечивают скоростному пассажирскому судну повышенные характеристики экономичности и долговечности [1, 3, 5].

В конструкции судов новых типов широко применяются неметаллические композиционные материалы. Кроме несущих конструкций надстроек, они используются в качестве термической и звуковой изоляции пассажирских салонов, а также в качестве материала переборок и выгородок. Из композиционных материалов, также, изготавливаются различные зашивки и облицовки пассажирских и санитарно-бытовых и других помещений, включая посты

управления.

Широкое применение композиционных материалов в конструкции скоростных судов при одновременном сохранении их мореходных и прочностных качеств позволяет существенно снизить их водоизмещение порожнем [1, 3, 4, 7]. При этом полностью сохраняются их характеристики полезной нагрузки, что позволяет увеличить коэффициент утилизации по полезной нагрузке, в которую в качестве статей входит масса пассажиров, груза в виде багажа, а также запас топлива (таблица 2).

Использование в конструкции скоростных судов для бассейнов рек Сибири и Дальнего Востока, наряду с мероприятиями по повышению весовой эффективности за счет использования композитов, современных совершенных двигателей позволяет обеспечить пониженные расходные характеристики пассажирского скоростного судна в виде расхода топлива при перевозке 1 пассажира на 1 км (таблица 2)

Таблица 2 – Коэффициент утилизации по полезной нагрузке и сравнительный анализ расхода топлива на 1 пасс-км

Скоростное судно, находящееся в эксплуатации			Скоростное судно – претендент		
Тип, проект	Коэффициент утилизации по полезной нагрузке	Расход топлива на 1 пасс-км	Тип, проект	Коэффициент утилизации по полезной нагрузке	Расход топлива на 1 пасс-км
Ракета	0,224931184	0,057812500	СПК-80	0,320875802	0,033957692
Метеор	0,239700375	0,050496278	СПК-134	0,304786836	0,040546498
Восход	0,221830986	0,042591549	СПК-80	0,320875802	0,033957692
Полесье	0,232682927	0,052667634	СПК-60	0,368184373	0,042272821
А-45-1	0,159416058	0,064182857	СПК-134	0,304786836	0,040546498
Линда	0,272357724	0,043200000	Г-66	0,397614314	0,037331924
Заря 946	0,280898876	0,051683502	ВП-66	0,397614314	0,042600517
Заря Р83	0,256281407	0,052566596	ВП-66	0,397614314	0,042600517
Ирбис	0,233644860	0,028200000	АСВП-32	0,263157895	0,028200000
Пума	0,230769231	0,041269231	АСВП-16	0,254237288	0,041600000
МАРС-2000	0,275803723	0,048305556	АСВПНС-16	0,219298246	0,041600000
АРКТИКА	0,205660377	0,117977143	АСВП-16	0,254237288	0,041600000

В таблице 2 выполнено сопоставление интегральных эксплуатационных характеристик в виде коэффициента утилизации по полезной нагрузке и удельного расхода топлива на 1 пасс-км судов новых типов с судами, находящимися в эксплуатации в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока.

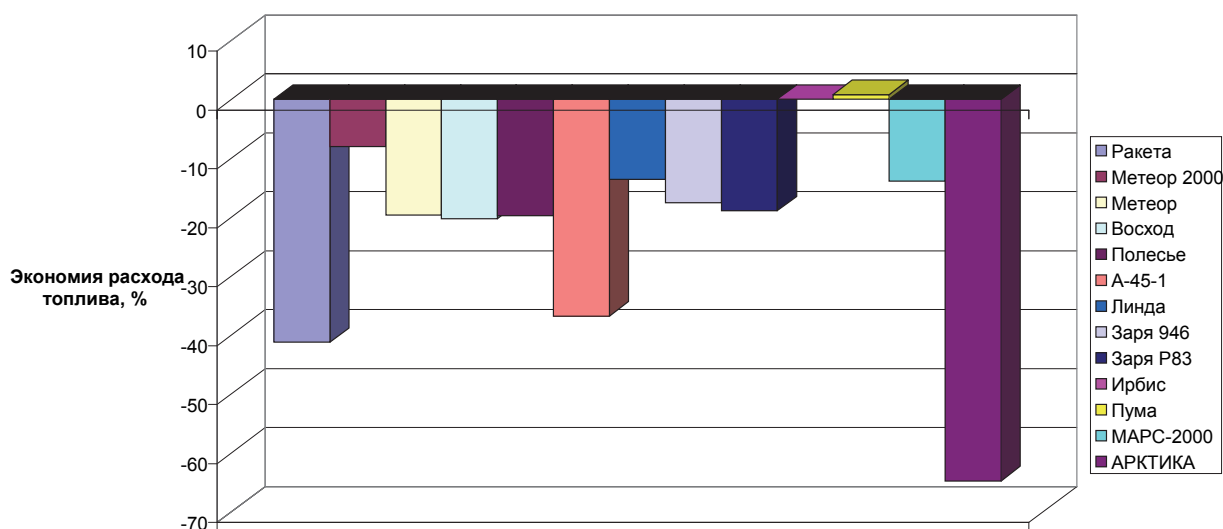


Рисунок – Экономия расхода топлива на 1 пасс-км при замене скоростных судов, находящихся в эксплуатации на реках Сибири и Дальнего Востока, судами новых типов

В результате выполненного сравнительного анализа (рисунок) установлено, что достигнуто снижение удельного расхода топлива на 1 пасс-км на 19,7-20,2% по отношению к судам на подводных крыльях проектов 17091 «Полесье» и 03521 «Восход», а также на 19,7% по

отношению к СПК проекта 342Э «Метеор». Это уменьшение расходных характеристик достигнуто за счет широкого использования в конструкции СПК60, СПК80 и СПК134 композиционных материалов и современного оборудования, а также установки на эти суда быстроходных дизелей нового поколения ОАО «Звезда» марки М482 различных модификаций.

Достигнуто снижение удельного расхода топлива на 1 пасс-км на 17,6-19% по отношению к судам переходного режима движения проектов 946 и Р83 «Заря», а также на 13,6% по отношению к глиссирующему судну с воздушной каверной на днище проекта 14200 «Линда». Это уменьшение расходных характеристик достигнуто за счет широкого использования в конструкции судов Г66 и ВП66 композиционных материалов и современного оборудования, а также установки на эти суда быстроходных дизелей нового поколения ОАО «Звезда» марки М482 различных модификаций.

Достигнуто снижение удельного расхода топлива на 1 пасс-км у судна СПК134 по отношению к глиссирующему судну А45-1 на 36,8%. Это объясняется тем, что суда на подводных крыльях по физическому принципу движения превосходят глиссирующие суда за счет снижения сопротивления движению. С точки зрения физики они имеют более высокий КПД использования энергии на перемещение. Поэтому самые совершенные глиссеры не могут быть более совершенными, чем СПК в рассматриваемом скоростном диапазоне 60-70 км/час. Именно этому обстоятельству СПК и обязаны своим рождением, ибо к моменту их создания глиссирующие корпуса человечество сумело усовершенствовать до предела [6]. Кроме того, уменьшение расходных характеристик достигнуто за счет широкого использования в конструкции СПК134 композиционных материалов и современного оборудования, а также установки на эти суда быстроходных дизелей нового поколения ОАО «Звезда» марки М482 различных модификаций.

Достигнуто снижение удельного расхода топлива на 1 пасс-км на 13,9% по отношению к амфибийному судну на воздушной подушке «МАРС-2000» и на 64,7% по отношению к амфибийному судну на воздушной подушке «Арктика». Это уменьшение расходных характеристик достигнуто за счет использования в конструкции АСВП32 и АСВП16 движительно-рулевых комплексов в виде винтов изменяемого шага, ранее апробированных многолетней эксплуатацией в конструкции амфибийных судов на воздушной подушке проектов 18801, 18802, 18803 «Пума», а также 15060 «Ирбис» в сочетании с дизелями серии ВФ6Л914 фирмы Deutz (отечественный аналог отсутствует) и двухъярусным гибким ограждением воздушной подушки.

Расходы на топливо составляют, в среднем, 50-60% от общих прямых расходов судовых компаний на осуществление скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом, соответственно, экономия топлива обеспечивает пропорциональное снижение расходов.

Расчеты показывают увеличение эксплуатационной скорости судов-претендентов различных типов на 7-14% по отношению к судам, находящимся в эксплуатации, что достигается за счет двух факторов: определенного снижения их полной массы при использовании в конструкции композиционных материалов, а также быстроходных дизелей нового поколения ОАО «Звезда» марки М482 различных модификаций, обеспечивающих сбалансированное соотношение мощности и массы.

Документы концептуальных проектов рассмотрены и согласованы Российским Речным Регистром. НИР принята Заказчиком. Результаты работы апробированы на научных конференциях, выставках, Круглых столах и получили положительное заключение ряда компаний – операторов скоростных пассажирских перевозок Сибири и Дальнего Востока, в том числе, ОАО «Северречфлот» и других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Францев, М.Э. Анализ эксплуатационных и экономических аспектов в модели проектной оптимизации амфибийных катеров на воздушной подушке, предназначенных для перевозки пассажиров / М.Э. Францев // Тр. Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева, -2015. -№2. -С. 179-184.

2 Францев, М.Э. Использование параметрических методов на ранних этапах разработки проекта амфибийных судов на воздушной подушке, полностью или частично изготовленных из композитов / М.Э. Францев // Тр. Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева. -2014. -№1. -С. 172-179.

3 Францев, М.Э. Проектное обоснование обеспечения характеристик экономичности и конкурентоспособности скоростного пассажирского судна / М.Э. Францев // Сб. тр. конф. 9-е Прохоровские чтен. -Нижний Новгород, 2013, -С. 94-98.

4 Францев, М.Э. Проектное обоснование повышения полезной нагрузки амфибийного судна на воздушной подушке за счет применения в его конструкции композиционных материалов / М.Э. Францев // Тр. Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева. -2015. -№1. -С. 197-202.

5 Францев, М.Э. Проектный анализ эксплуатационных и экономических аспектов использования амфибийных катеров на

воздушной подушке для круглогодичных и сезонных пассажирских перевозок / М.Э. Францев // Вестн. Волж. гос. акад. водн. трансп. -2012. -№2. -С. 191-198.

6 Францев, М.Э. Новый облик судов на подводных крыльях для рек Сибири и Дальнего Востока / М.Э. Францев, И.В. Чуднов // Судостроение. -2014. -№2. -С. 18-22.

7 Францев, М.Э. Эксплуатационные аспекты и оценка характеристик безопасности пассажирских перевозок амфибийными катерами на воздушной подушке в свете аварии на паромной переправе Нижний Новгород-Бор / М.Э. Францев // Корабел Р.у. -2012. -№1(15). -С. 66-74.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *новые скоростные пассажирские суда, реки Сибири и Дальнего Востока*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Францев Михаил Эрнстович, канд. техн. наук, директор Инжиниринговая компания «Нептун-Судомонтаж»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *141703, Московская область, г. Долгопрудный, п. Водники, Инжиниринговая компания «Нептун-Судомонтаж»*

СБОИ ПРИЁМНИКА GP-37 В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

**ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления»
Дальневосточного отделения РАН
НОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»**

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

FAILURES OF A RECEIVER GP-37 WORKING IN STAND-ALONE MODE

**Institute of automation and control processes
Far-Eastern institute of communications
V.A. Katz, Yu.A. Komarovskiy**

We have shown that failures in determining observed coordinates are frequent and can cause errors of up to 23 m. So, it becomes urgent to develop methods of real-time detection of failures and elimination of their effects. For the rapid identification of failures, we have proposed to apply the method of successive differences of the coordinates. On the basis of statistical processing of the material we have offered a formal definition of failure in determining observed coordinates occurring in a ship's onboard GPS receiver GP-37, and have studied characteristics of the coordinates failure recovery time.

Keywords: GPS-receiver, failure, accuracy, successive differences of the coordinates

Показано, что сбои при определении обсервованных координат нередки и могут вызывать погрешности до 23 м. Поэтому становится актуальной разработка методов обнаружения в реальном масштабе времени сбоев и устранения их воздействия. Предложено для оперативной идентификации сбоев применять метод последовательных разностей координат. На основе обработки статистического материала дано формальное определение сбоя координат, возникающих в работе судового GPS-приёмника GP-37. Изучены характеристики времени восстановления координат после сбоя.

Судовые приёмники спутниковой радионавигационной системы (СРНС) Навстар GPS, как и любые другие навигационные приборы, могут ухудшать точность определения обсервованных координат и вектора абсолютной скорости из-за потери своей функциональной надёжности. При этом приёмник внешне будет выглядеть вполне работоспособным и даже успешно проходить встроенные тесты. Такая ситуация может складываться в результате воздействия промышленных помех [1-3], процессов в ионосфере и магнитосфере [5, 6], нештатного функционирования устройств спутника [4], неверных значений дифференциальных поправок, а также отклонений от нормального функционирования входных устройств приёмника и его программного обеспечения. В последние годы всё чаще несанкционированно применяются радиоэлектронные устройства для постановки умышленных помех работе GPS-приёмников. Самые опасные из них те, которые создают так называемые уведящие помехи. Под их действием судовой GPS-приёмник начинает определять неверные координаты, создающие иллюзию движения судна в другом направлении. Такие помехи могут приводить к намеренным посадкам на мель или к столкновениям судов. Поэтому вполне оправдан интерес к исследованиям, направленным на своевременное выявление нештатного функционирования судового СРНС-аппаратуры.

Среди различных видов отклонений обсервованных координат от номинальных значений особое место занимают так называемые сбои. Ими считаются внезапные значительные по величине кратковременные отклонения обсервованных координат, вектора абсолютной скорости и отсчётов моментов времени с последующим их самовосстановлением. Следовательно, сбой – это, прежде всего погрешность, которая самоустраняется по определённому закону в течение некоторого времени. Если СРНС-приёмник включён в контур управления судна по курсу или по путевому углу, то кратковременный сбой с мгновенным самовосстановлением не окажет отрицательного влияния из-за инерционности процесса управления.

Другое дело, когда ход самовосстановления затянут, то он неизбежно приведёт к ухудшению точности управления судном.

Цель данной статьи заключается в выборе способа оперативного обнаружения сбоя, в оценке количественных характеристик сбоев и в предварительном описании процессов восстановления обсервованных координат судового GPS-приёмника GP-37, когда он работает, не принимая дифференциальные поправки.

Если величину сбоя наравне с обсервованными координатами рассматривать как случайную величину, то в качестве меры влияния сбоя на общую точность координат можно рассматривать среднюю квадратическую погрешность (СКП) широты σ_φ и долготы σ_λ

$$\sigma_\varphi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varphi_i - \varphi_{CP})^2}{N}}; \varphi_{CP} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi_i,$$

где N – объём непрерывной выборки;

φ_{CP} – среднее значение широты.

Среднее значение долготы и СКП долготы вычисляются аналогично.

Для проверки чувствительности СКП к появлению сбоев координат были взяты массивы суточных непрерывных координат, которые определялись неподвижным GPS-приёмником GP-37 компании Figipno. Наблюдения проводились с 25 сентября по 17 октября 2006 года на базе Артёмовского пункта фундаментальной астрономо-геодезической сети (пункт ФАГС «Владивосток») топографо-геодезической экспедиции. К выходу приёмника был подключён ноутбук, в память которого каждую секунду записывалось предложение \$GP GGA стандарта NMEA 0183, содержащее отсчёты времени по шкале UTC и с разрядностью 0,0001' обсервованные координаты в геодезической системе WGS-84. К обработке были взяты данные, полученные 25 сентября, 26 сентября, 27 сентября и 10 октября, так как они не имели перерывов. Полученные средние и СКП координат всех четырёх массивов координат представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения и СКП широт и долгот в минутах

Дата наблюдений	Широта		Долгота	
	Среднее	СКП	Среднее	СКП
25.09.06	0,574026	0,000671	0,768327	0,00071
26.09.06	0,574025	0,000697	0,768188	0,000722
27.09.06	0,574087	0,000735	0,768274	0,000682
10.10.06	0,573957	0,000649	0,768202	0,000649

Сравнение полученных средних и СКП широт и долгот позволяет сделать вывод о крайне незначительном их отличии, которое может быть либо из-за крайне редких и незначительных по величине сбоев, либо в результате низкочастотных флуктуаций координат. Следовательно, с помощью средних и СКП невозможно обнаружить присутствие сбоев и тем более нельзя оценить их величины. Поэтому было принято решение о применении способа последовательных разностей координат для проверки его эффективности в задачах оперативного обнаружения сбоев.

Последовательная разность широт $\Delta\varphi_i$ представляет собой результат алгебраического вычитания из следующего значения широты $\Delta\varphi_{i+1}$ предыдущего значения φ_i , то есть $\Delta\varphi_i = \Delta\varphi_{i+1} - \varphi_i$. Аналогично вычисляется последовательная разность долгот $\Delta\lambda_i$. В ходе вычислений были получены четыре массива разностей координат по всем четырём суткам наблюдений. Размер каждого из них составил $N-1$ по сравнению со своим предшественником. Поскольку в вычислениях участвуют случайные величины, коими являются обсервованные координаты, то последовательные разности также следует считать случайными величинами. Об эмпирических плотностях вероятностей последовательных разностей координат можно судить по таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Частоты последовательных разностей широт

Значение $\Delta\varphi_i$	25.09.06	26.09.06	27.09.06	10.10.06
-0,0001'	4980	5471	5488	5712
0	69462	75411	75379	75331
0,0001'	4987	5471	5486	5722
0,0004'	1			
Выборка	79430	86353	86353	86765

Судя по данным таблицы 2 и 3, эмпирические плотности вероятностей случайных величин последовательных разностей широт и долгот характеризуются ярко выраженным свойством симметрии. Видно, что боковые отклонения разностей происходят практически одинаковое количество раз. На долю каждого крыла отклонений приходится около 7,2% от числа нулевых значений, что следует рассматривать как подтверждение островершинности эмпирических плотностей распределений. Во всех выборках на долю нулевых значений разностей приходится 87,3%.

Если сравнить между собой содержимое таблицы 2 и 3, то можно сделать следующий вывод: для GPS-приёмника GP-37 сбой наступает тогда, когда последовательная разность широты или долготы превышает по абсолютной величине единицу разрядности, $ABS \Delta\varphi_i > 0,0001'$. На этом основании можно признать, что сбои происходили 25 сентября и 10 октября 2006 г. При этом в наблюдениях 25 сентября во время сбоя широта отклонилась на 0,74 м, а долгота – на 4,59 м. Следовательно, сбои, происходящие в один и тот же момент времени, могут сопровождаться неодинаковыми бросками координат. В наблюдениях 10 октября сбой сопровождался незначительным отклонением долготы на 0,37 м. Графики изменения широты и долготы во время сбоя в 1 час 56 минут 18 секунд 25 сентября (UTC) 2006 г. представлены на рисунок 1 и 2.

Анализ рисунков 1 и 2 не позволяет сделать вывод об обязательном присутствии процесса восстановления после сбоя. На рисунке 1 процесс восстановления широты заметить сложно. В это же самое время долгота на рисунке 2 восстанавливалась по экспоненциальному закону в течение 2,2 минут. Эти факты пока можно объяснить амплитудой сбоя. При малых отклонениях координат процесс восстановления может не проявляться.

Чтобы получить подтверждение выдвинутым предположениям, были рассчитаны последовательные разности координат для остальных суток экспериментальных наблюдений на Артёмовском пункте фундаментальной астрономо-геодезической сети. Был обнаружен ещё один сбой, произошедший 28 сентября 2006 г. в 21 час 23 минуты и 32 секунды UTC. В этот момент времени широта внезапно изменилась на 0,0128' (23,7 м), а долгота – на 0,0009' (1,6 м). График изменения широты при этом сбое представлен на рисунке 3.

На рисунке 3 сразу после момента сбоя можно видеть, что процесс восстановления начался не сразу, а максимальное значение широты держалось 5 секунд, и только после этого началось возвращение к первоначальному значению. Такая задержка в предыдущих случаях не наблюдалась. Кроме того, восстановление в течение 5,5 минут так и не дошло до того

Таблица 3 – Частоты последовательных разностей долгот

Значение $\Delta\lambda_i$	25.09.06	26.09.06	27.09.06	10.10.06
-0,0034'	1	–	–	–
-0,0001'	5489	5981	5911	6227
0	68418	74387	74532	74312
0,0001'	5522	5985	5910	6225
0,0002'	–	–	–	1
Выборка	79430	86353	86353	86765

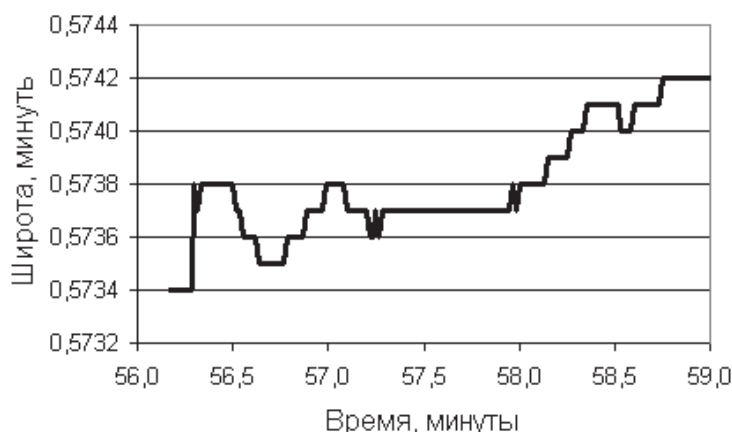


Рисунок 1 – Изменение широты после сбоя 25.09.06

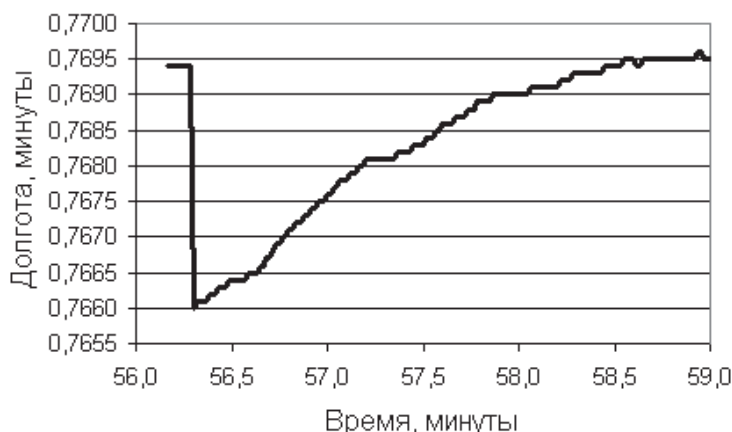


Рисунок 2 – Изменение долготы после сбоя 25.09.06

значения широты, с которого начался сбой. Вполне возможно, что за 5,5 минут в ходе естественной низкочастотной флуктуации случайный процесс изменения obserвированной широты достиг значения 0,5740'.

Сбой, обнаруженный 28 сентября, отличался от других большими значениями последовательных разностей во время восстановления широты, в чём можно убедиться, анализируя рисунок 4. На нём на интервале времени восстановления от момента 23,55 минут до момента 25 минут показано, как изменялись абсолютные величины последовательных разностей obserвированной широты. Так как выше было принято нормальным явление, когда по абсолютной величине $\Delta\varphi_i$ или $\Delta\lambda_i$ не превышают 0,0001', то до момента времени 24,217 минут имеет место процесс повторяющихся сбоев, максимальное количество которых наблюдается в самом начале восстановления.

На рисунке 4 также можно видеть самые большие последовательные разности в самом начале процесса восстановления. Следовательно, характер распределения $\Delta\varphi_i$ или $\Delta\lambda_i$ будет зависеть от абсолютной величины начального сбоя и продолжительности периода восстановления.

Подводя итог проделанной работе, надо остановиться на следующих выводах и предложениях.

Для обнаружения в реальном масштабе времени сбоев в obserвированных координатах средняя квадратическая погрешность не годится. Оперативно сбои можно идентифицировать с помощью последовательных разностей. Такой способ чувствителен, прост и легко реализуется программно-аппаратными средствами. Но он теряет эффективность при плавных монотонных изменениях координат.

Основываясь на полученных результатах, можно приступить к разработке алгоритмов, направленных на устранение вредного воздействия сбоев на точность определения координат.

Описаны основные свойства последовательных разностей координат приёмника GP-37. Предложен критерий, с помощью которого можно формально идентифицировать сбои в определении obserвированных координат судовыми приёмниками СРНС.

Выполненное исследование проведено на основе экспериментальных данных, полученных от неподвижного приёмника. Необходимо продолжить работу в этом направлении для приёмника, находящегося на движущемся судне, а также в зоне действия дифференциальных станций.

Следует предложить в качестве обязательного теста проверку на сбои новых образцов судовой навигационной аппаратуры СРНС перед выпуском её на рынок.

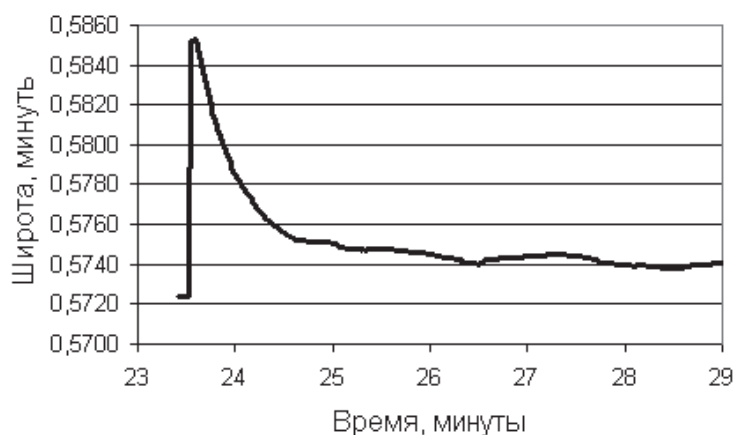


Рисунок 3 – Изменение широты во время сбоя 28.09.06

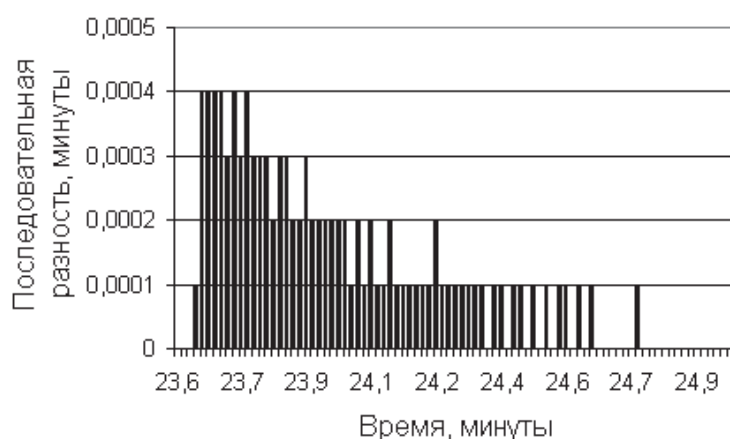


Рисунок 4 – Изменение последовательных разностей широты 28.09.06

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Комаровский, Ю.А. Сбои в работе GPS-приёмника SPR-1400 / Ю.А. Комаровский // Судовождение-2008: сб. науч. тр. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2008. –С. 67-73.

2 Комаровский, Ю.А. Оценка стационарности процесса получения обсервованных координат GPS-приёмником SPR-1400 / Ю.А. Комаровский // Пробл. трансп. Дальн. Вост. Пленарные доклады: материалы 7 междунар. научн.-практич. конф. (FEBRAT-07). 3-5 октября 2007 г. - Владивосток: ДВО Росс. Акад. трансп., 2007. - С. 68-71.

3 Комаровский Ю. А. Пригодность приёмника типа SPR-1400 к использованию в GPS-буях / Ю.А. Комаровский // Вестн. Морс. гос. ун-та. Серия: Теория и практ. защиты моря. - Вып.28. - Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2008. - С. 57-61.

4 Комаровский, Ю.А. Воздействие ухода частоты спутника PRN23 на работу навигационного приёмника СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Трансп. дело России. -2005. -№3 (спец. вып.), -С. 8-10.

5 Комаровский, Ю.А. Погрешности координат приёмника Garmin GPS-128 во время магнитной бури 29-31 октября 2003 года / Ю.А. Комаровский // Солн. активн. и её влияние на Землю: тр. Уссурийской астрофиз. обсерват., -Т.12, -Вып.12. - Владивосток: Дальнаука, 2009. -С. 70-78.

6 Комаровский, Ю.А. Оценка погрешностей определения координат судовым GPS-приёмником SPR-1400 во время магнитной бури 15 декабря 2006 года / Ю.А. Комаровский // Солн. активн. и её влияние на Землю: тр. УАФО; -Т.11, -Вып.11. - Владивосток: Дальнаука, 2008. -С. 52-72.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: приёмник GPS, сбой, точность, последовательные разности координат

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, главный специалист-программист ИАПУ ДВО РАН
Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НОУ ВПО «ДВИК»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690041, г.Владивосток, ул.Радио, 5, ИАПУ ДВО РАН
690013, г.Владивосток, ул.Каплунова, 7, НОУ ВПО «ДВИК»

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ ПО ГРАФИЧЕСКИМ ЗАВИСИМОСТЯМ И ПОЛУЧЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВОДОМЁТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ВОДОИЗМЕЩАЮЩИХ СУДОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимберек

METHOD OF RECOVERY OF NUMERICAL DATA ON GRAPHIC RELATIONSHIPS AND DERIVATION OF APPROXIMATING EXPRESSIONS FOR RELATIONSHIPS OF HYDROJET MOVERS OF DISPLACEMENT SHIPS
Siberian state university of water transport
P.A. Bimberekov

It was suggested method of recovery of numerical data on graphic relationships using Excel software, it was given it's implementation as example of recovery of numerical data of hydrojet mover relationships, it was got approximating expressions using these relationships.

Keywords: recovery of numerical data, graphic relationships, approximating expressions

Предложен способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям с использованием программы Excel, дана его реализация на примере восстановления числовых данных зависимостей водомётных движителей, по ним получены аппроксимационные выражения.

В технической литературе накоплено значительное количество графических зависимостей, исходные числовые данные и аналитические выражения для которых отсутствуют или получение их сопряжено с рядом трудностей. Это препятствует процессу производства специализированных расчётных программ на ЭВМ, для которого предпочтительно иметь аналитические выражения, табулированные числовые данные или иным образом представленные числовые массивы данных. Для восстановления числовых данных по графическим зависимостям разработан ряд пакетов программ для ручного и/или автоматического снятия данных, например: GetData Graph Digitizer, Graph2Digit, G3Data, Grafula, а также пакета программ описанного в [1]. Эти программные пакеты используют итерационный и волновой алгоритмы извлечения числовых данных, используется шумоподавление у графических изображений. Доступные в технической литературе графические зависимости не всегда хорошо сохранились, могут иметь деформацию поля, а также получить отклонения от оригинала в результате копирования. Следует отметить, что значительные объёмы графической информации были получены до широкого введения компьютерных технологий построения графиков. Такие зависимости, как правило, формировались посредством фиксации числовых данных в некотором масштабе на миллиметровочной бумаге (имеющей свою, чаще систематическую, погрешность), затем калькировались (со своими, чаще несистематическими погрешностями), далее поступали в печать, где могли приобрести свои систематические и несистематические погрешности. Указанные выше программные пакеты не предполагают нейтрализации оговоренных выше погрешностей. Ниже изложим разработанный вариант получения числовых данных с точностью исходных графических зависимостей, предполагающий, однако, нейтрализацию части систематических и случайных погрешностей графиков.

Цель и методы исследования. Получить способ более достоверного восстановления числовых данных с графических зависимостей, продемонстрировать его работу на примере зависимостей водомётных движителей водоизмещающих судов, опубликованных в [2]. Для простейшей ручной реализации способа использованы программа для копирования графика и вращения его поля (нами использован Photoshop) и программа электронных таблиц с графическим редактором (нами использован Excel). По восстановленным числовым значениям требуется получить аппроксимационные аналитические выражения.

Результаты исследования. Исходные зависимости копируются, поворачиваются до удобного положения для снятия данных (как всего графика или по частям графика), как правило, до выведения оси абсцисс исходного графика (или отдельных линий сетки) в горизонтальную плоскость. При необходимости процедура повторяется нужное количество раз. Подготовленная копия графика вставляется как объект поле программы электронных таблиц и там на него накладывается график с соответствующими значениями по осям и прозрачной подложкой всего поля графика и его области построения. Производится совмещение поля исходного графика и области построения графика электронных таблиц перемещением их границ. Причём у графика электронных таблиц такое перемещение возможно изменением, как полей всего графика, так и границ области построения графика. Нужно число зависимостей на графике электронных таблиц и точек в них может быть сразу заложено при построении, или добавляться по мере надобности. При значительной деформации поля графика возможен усложнённый процесс, включающий:

- предварительное нахождение значений линии осей и сетки графика;
- получение зависимостей для них в ортогональной системе координат;
- возможно получение достаточно точного аналитического описания поля (частей поля) графика в ортогональной системе координат (что позволит далее исключить систематические ошибки вызванные деформацией поля графика) и, возможно, с учётом сглаживания случайных погрешностей сетки и осей, полученных при построении оригинального графика;
- нахождение значений искомым зависимостей в ортогональной системе координат;
- корректировка значений в ортогональной системе координат с учётом ранее полученных значений и/или зависимостей линий сетки и осей координат;
- проверка полученных значений искомого графика по некоторым достоверным значениям, полученным из априорной информации, выявление погрешностей полученных зависимостей (систематической и/или случайных) и последующая корректировка искомым зависимостей.

Причём исходные точки данных для дальнейшей расстановки в соответствии с восстанавливаемыми графиками удобно закладывать первоначально на прямых линиях (нами практиковалось расположение параллельно оси абсцисс). На рисунках 1-3, приведены примеры графиков XI-6, XI-5, X-17 из [1], сохраняя их нумерацию, с наложенными на них точками из восстановленных значений. Положение точек находится перебором их числовых значений последовательным приближением до совпадения на графике с восстанавливаемыми значениями.

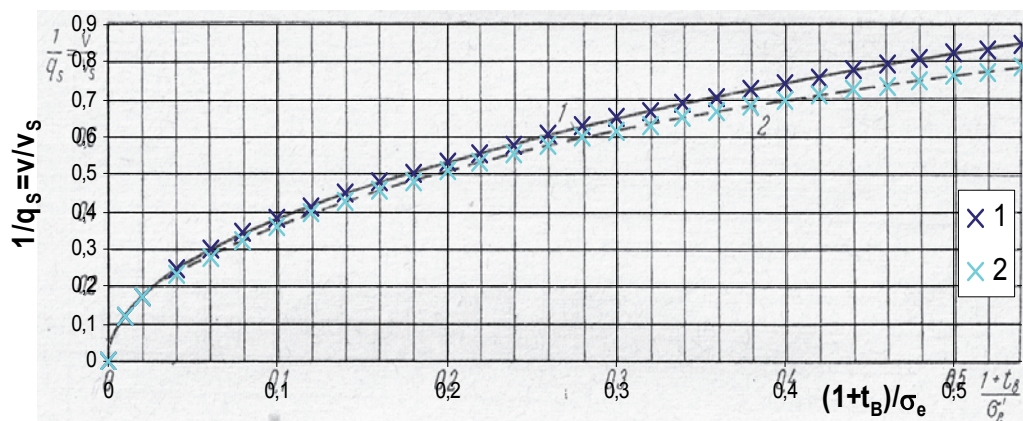


Рисунок 1 – Пример нанесения разметочной сетки и данных с графика XI-6 [1]

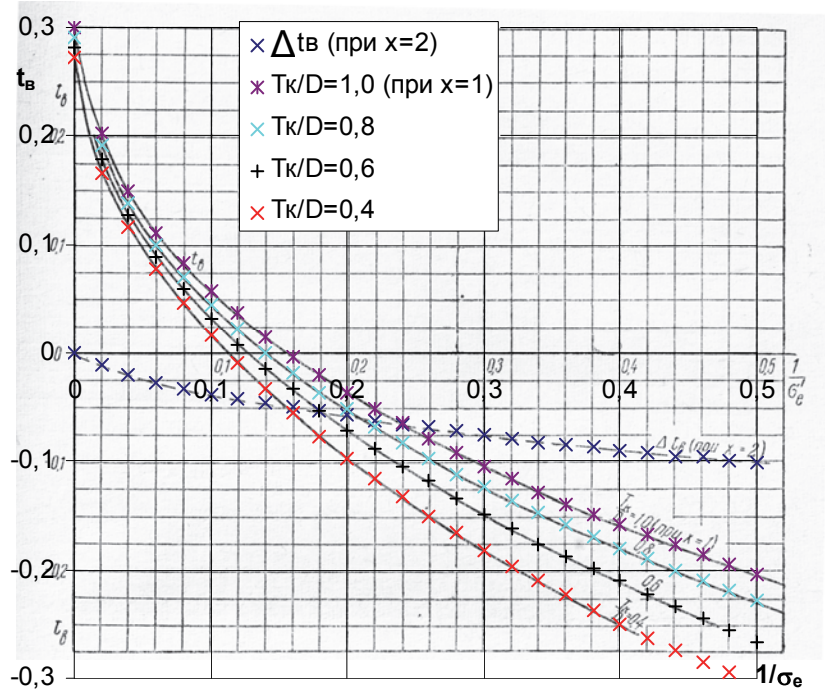


Рисунок 2 – Пример нанесения разметочной сетки и данных с графика XI-5 [1]

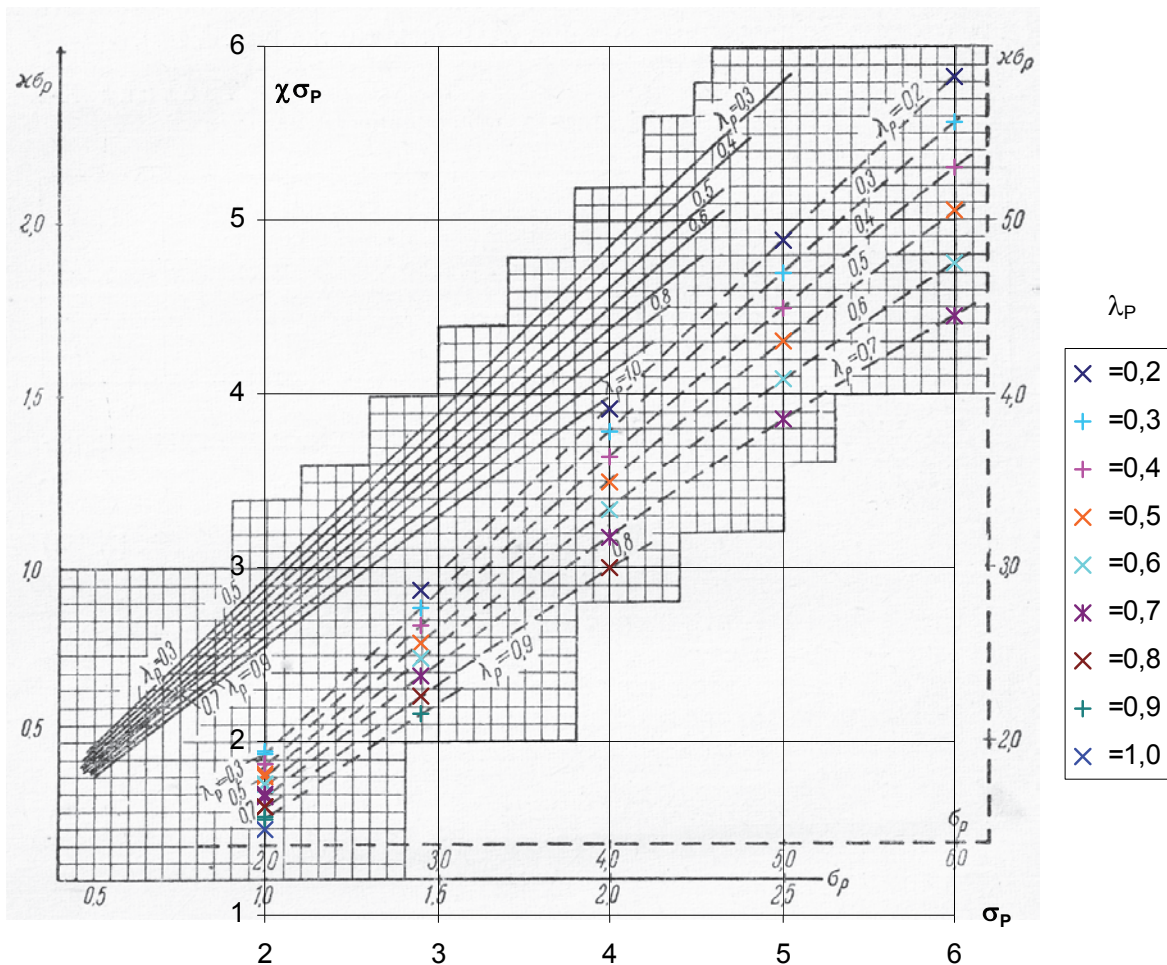


Рисунок 3 – Пример нанесения разметочной сетки и данных с графика X-17 [1]

Ниже приведём полученные аппроксимационные зависимости (кривые) в сопоставлении с восстановленными значениями (точки) на графиках рисунках 4-6 и аналитические в формулах.

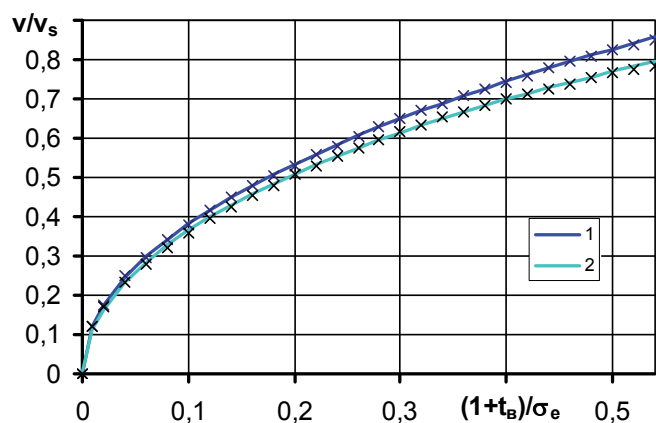


Рисунок 4 – Относительная скорость протекания жидкости через диск водомёта (обратная величина): 1-для одновальная установки; 2-для двухвальной установки

Одновальная установка

$$1/q_s = V/V_s = (0,00165 + 11,1d^{0,505}) / (8,76 + d^{0,505}). \quad (1)$$

Двухвальная установка

$$1/q_s = V/V_s = (0,0095 + 11,1d^{0,548}) / (2,52 + d^{0,548}), \quad (2)$$

где V_s/V – относительная скорость протекания жидкости через диск водомёта;

$$d = (1 + t_b) / \sigma'_e$$

t_b – коэффициент засасывания;

σ'_e – коэффициент нагрузки.

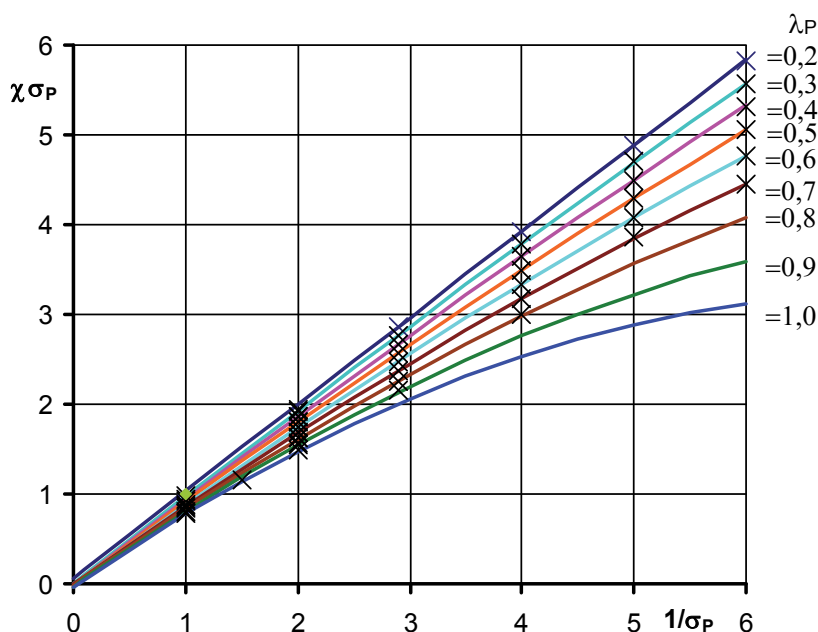


Рисунок 5 – Поправки на уменьшение концевых потерь при работе винта в насадке

$$\chi\sigma_p = a\sigma_p^2 + b\sigma_p + c, \quad (3)$$

где $\chi\sigma_p, \sigma_p$ – поправка на уменьшение концевых потерь и коэффициент нагрузки эквивалентного гребного винта;

a, b, c – коэффициенты, определяемые выражениями

$$a = -8,24\lambda_p^6 + 29,167\lambda_p^5 - 41,272\lambda_p^4 + 29,918\lambda_p^3 - 11,695\lambda_p^2 + 2,367\lambda_p - 0,1862;$$

$$b = -42,06\lambda_p^6 + 151,55\lambda_p^5 - 219\lambda_p^4 + 162,51\lambda_p^3 - 65,325\lambda_p^2 + 13,27\lambda_p - 0,0655;$$

$$c = 51,5\lambda_p^6 - 188,1\lambda_p^5 + 276,5\lambda_p^4 - 209,58\lambda_p^3 + 86,58\lambda_p^2 - 18,55\lambda_p + 1,605,$$

λ_p – значение относительной поступи.

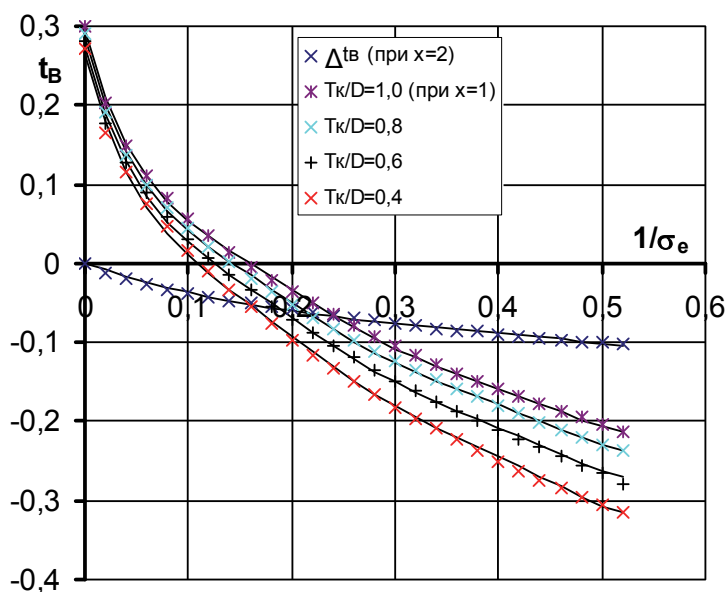


Рисунок 3 – Коэффициент засасывания водомётного комплекса: 1-для одновальной установки; 2- для двухвальной установки

$$t_B = 525,6(1/\sigma'_e)^6 - 936,7(1/\sigma'_e)^5 + 655,4(1/\sigma'_e)^4 - 229(1/\sigma'_e)^3 + 42,8(1/\sigma'_e)^2 - [0,25(T_K/D)^2 - 0,585(T_K/D) + 5,295](1/\sigma'_e) + 0,05(T_K/D) + 0,245; \quad (4)$$

$$\Delta t_B = -0,712(1/\sigma'_e)^3 + 0,824(1/\sigma'_e)^2 - 0,437(1/\sigma'_e), \quad (5)$$

где T_K/D – отношение осадки к диаметру винта водомёта.

Заключение. Предложенный способ восстановления числовых данных по имеющимся графическим зависимостям, по мнению автора, достаточно эффективен. Полученные аппроксимационные выражения удовлетворительно соответствуют восстановленным числовым зависимостям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автоматизация процесса оцифровки, обработки графической информации и цифровых данных. -Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=606903>. -16.09.2015.
 2 Басин, А.М. Ходкость и управляемость судов / А.М. Басин. -М: Транспорт, 1964. -476 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: восстановление числовых данных, графические зависимости, аппроксимационные выражения
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ ГРЕБНЫХ КОЛЁС С ПРЯМЫМИ И ШЕВРОННЫМИ ПЛИЦАМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков, Д.Ю. Рыбников

CONSTRUCTION OF APPROXIMATION OF EXPRESSIONS GRAPHIC DEPENDENCIES FOR RADIAL PADDLE WHEELS STRAIGHT AND CHEVRON PADDLES
 Siberian state university of water transport
 P.A. Bimberekov, D.Yu. Rybnikov

Reception of approximation of expressions graphic dependencies stress factor and moment for radial paddling wheel about.

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

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

В ряде случаев радиальные гребные колёса могут быть наиболее экономичным двигателем [1-3]. Для гребных колёс существуют полученные на основе эксперимента графические и табличные зависимости коэффициентов упора и момента. Для составления расчётных программ определения параметров двигателей на ЭВМ наиболее удобны аналитические выражения. Поэтому в настоящей статье приводятся аппроксимационные выражения для расчётных параметров гребных колёс. Значения с графических зависимостей работы [1] снимались с использованием способа по [4]. На рисунках 1 и 2 приведены зависимости для коэффициента упора C_T и момента C_Q колёс с прямыми плицами (здесь и ниже значения искомых зависимостей точки, линии отражают полученные аналитические выражения).

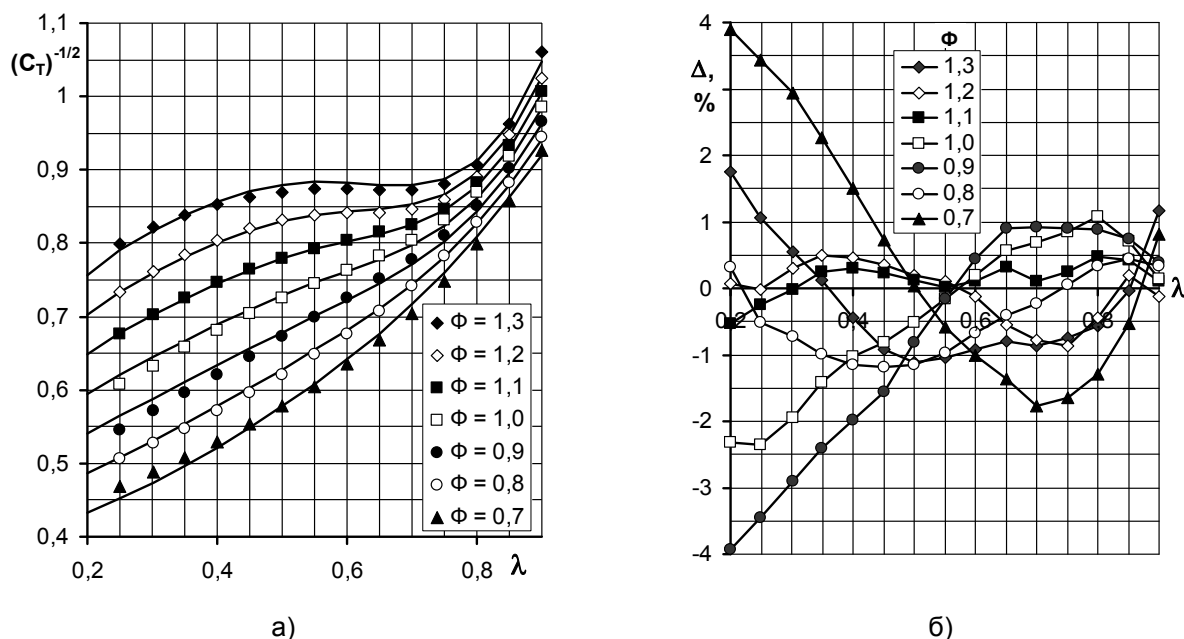


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи у радиальных колёс с прямыми плицами по (1): а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

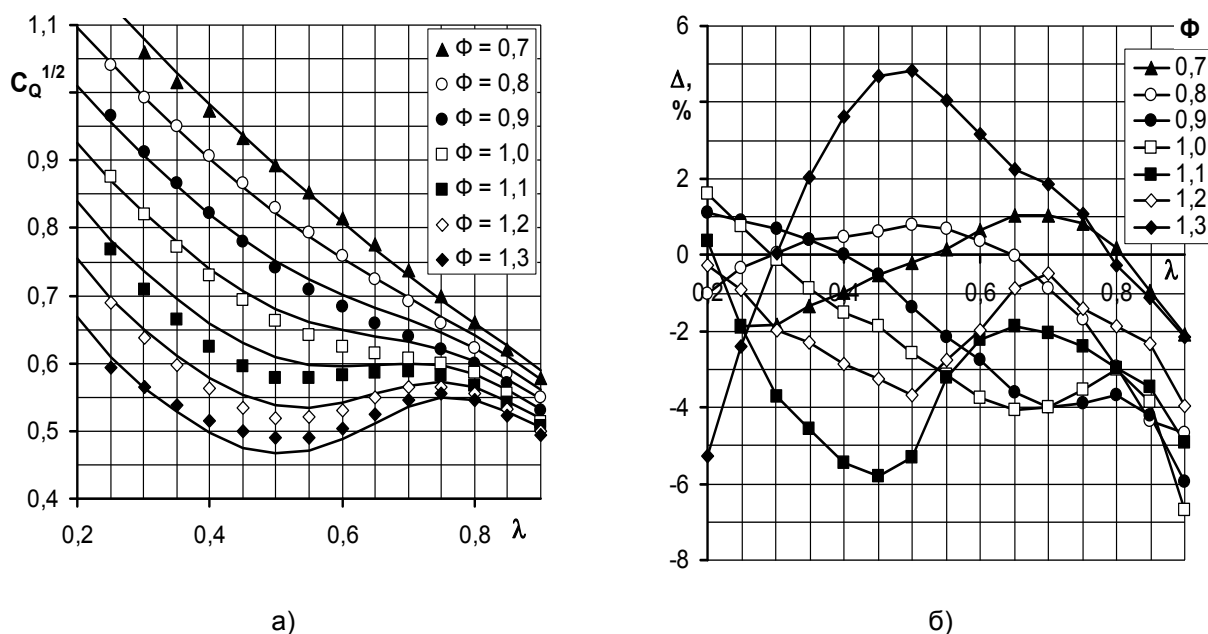


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с прямыми плицами (аппроксимация поля значений по (2)): а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

$$\frac{1}{\sqrt{C_T}} = (-23\Phi + 9,023)\lambda^6 + (93,64\Phi - 43,9)\lambda^5 + (-136,96\Phi + 70,24)\lambda^4 + (96,87\Phi - 52,64)\lambda^3 + (-37,78\Phi + 22,074)\lambda^2 + (7,88\Phi - 4,55)\lambda + (0,0048\lambda - 0,11)\Phi + (-0,0018\lambda + 0,404); \quad (1)$$

где Φ – число Фруда колеса

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

n_c – частота вращения, 1/с;

D – диаметр колеса по центрам плиц, м;

λ – относительная поступь

$$\lambda = V/(\pi n_c D);$$

V – скорость движения судна, м/с.

В подавляющей части диапазона относительной поступи выражение (1) имеет погрешность до 2,5%, что можно считать допустимым.

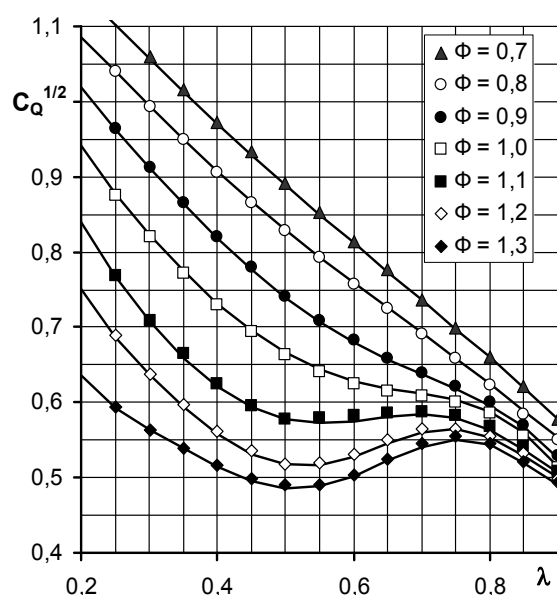


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с прямыми плицами (аппроксимация отдельных кривых по (3)-(9))

$$\sqrt{C_Q} = (196,4\Phi - 157,8)\lambda^6 + (-631\Phi + 506,3)\lambda^5 + (796,8\Phi - 639,7)\lambda^4 + (-506,2\Phi + 407,16)\lambda^3 + (173,23\Phi - 139,12)\lambda^2 + (-30,26\Phi + 23,14)\lambda + (0,01\lambda + 1,23)\Phi + (0,005\lambda + 0,33). \quad (2)$$

Поскольку выражение (2) для поля данных имеет существенную погрешность, которой не всегда можно пренебречь, то было решено получить выражения для каждой из исходных кривых в отдельности формулами (3)-(9), работа которых представлена на рисунке 3. Промежуточные значения коэффициента упора при разных значениях чисел Фруда следует получать методом линейной интерполяции:

– при $\Phi = 0,7$: $\sqrt{C_Q} = -6,06\lambda^6 + 19,63\lambda^5 - 25,87\lambda^4 + 17,46\lambda^3 - 6,08\lambda^2 + 0,13\lambda + 1,26$; (3)

– при $\Phi = 0,8$: $\sqrt{C_Q} = 3,16\lambda^6 - 7\lambda^5 + 3,57\lambda^4 + 1,84\lambda^3 - 1,88\lambda^2 - 0,423\lambda + 1,227$; (4)

– при $\Phi = 0,9$: $\sqrt{C_Q} = 10,22\lambda^6 - 39,69\lambda^5 + 57,32\lambda^4 - 40,18\lambda^3 + 15,32\lambda^2 - 4,06\lambda + 1,46$; (5)

– при $\Phi = 1,0$: $\sqrt{C_Q} = 18,46\lambda^6 - 66,72\lambda^5 + 91,4\lambda^4 - 61,92\lambda^3 + 23,38\lambda^2 - 5,77\lambda + 1,53$; (6)

– при $\Phi = 1,1$: $\sqrt{C_Q} = 46,82\lambda^6 - 144\lambda^5 + 171,7\lambda^4 - 103\lambda^3 + 35,2\lambda^2 - 7,78\lambda + 1,58$; (7)

– при $\Phi = 1,2$: $\sqrt{C_Q} = 90,8\lambda^6 - 288,7\lambda^5 + 358,83\lambda^4 - 223,45\lambda^3 + 75,46\lambda^2 - 14,24\lambda + 1,88$; (8)

– при $\Phi = 1,3$: $\sqrt{C_Q} = 106,6\lambda^6 - 346,7\lambda^5 + 442,8\lambda^4 - 283,8\lambda^3 + 97,4\lambda^2 - 17,67\lambda + 1,94$. (9)

На рисунке 4 и 5 приведены зависимости для коэффициента упора C_T и момента C_Q колёс с шевронными плицами.

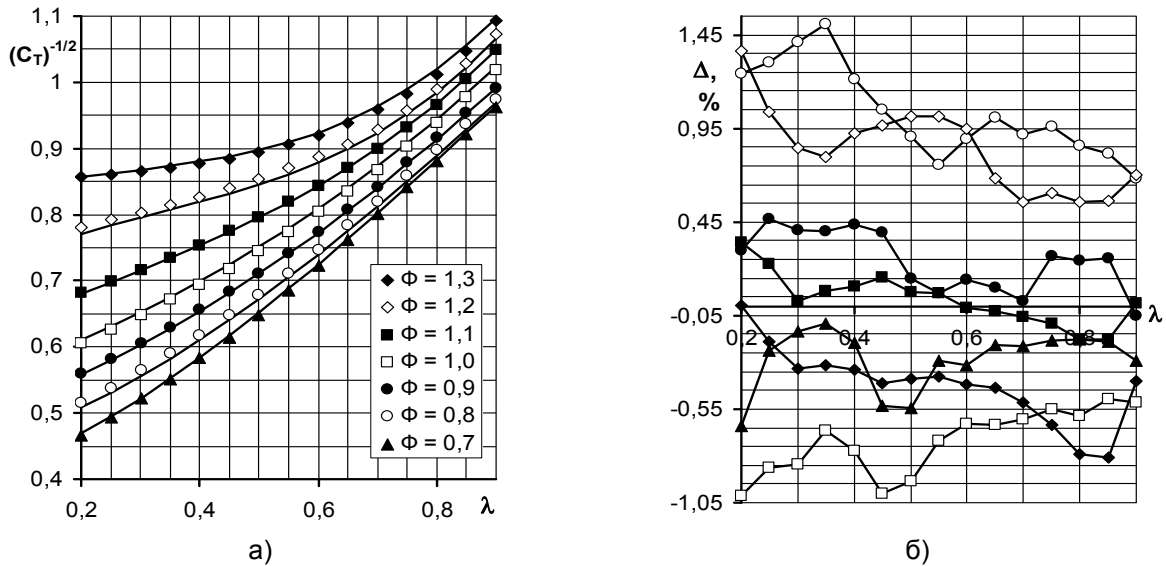


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи у радиальных колёс с шевронными плицами по (10): а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

$$\begin{aligned}
 1/\sqrt{C_T} = & (-307,5\Phi^5 + 1471,8\Phi^4 - 2789,51\Phi^3 + 2620,05\Phi^2 - 1219,4\Phi + 224,65)\lambda^3 + \\
 & +(514,75\Phi^5 - 2474,73\Phi^4 + 4713,8\Phi^3 - 4450,8\Phi^2 + 2082,77\Phi - 385,63)\lambda^2 + \\
 & +(-200,04\Phi^5 + 969,73\Phi^4 - 1867,34\Phi^3 + 1786,14\Phi^2 - 848,44\Phi + 160,27)\lambda + \\
 & +(1,775\Phi^3 - 4,577\Phi^2 + 4,392\Phi - 1,05).
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Погрешность выражения (10) лежит в пределах 1,5%, что можно считать удовлетворительным.

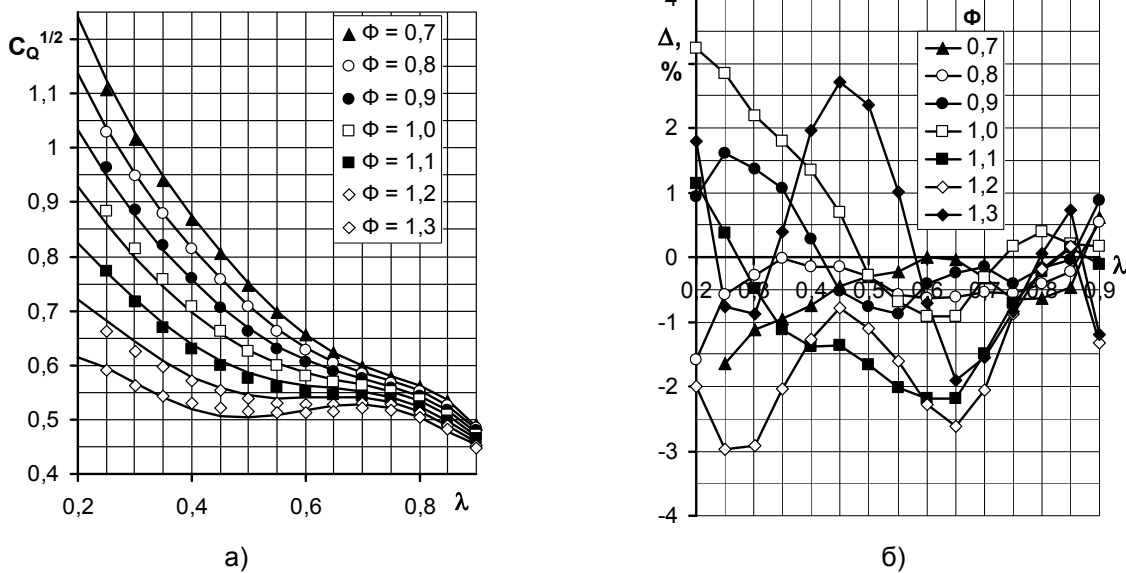


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с шевронными плицами: а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

$$\begin{aligned}
 \sqrt{C_Q} = & (42,8\Phi - 25,78)\lambda^6 + (-69,26\Phi + 12,8)\lambda^5 + (129,5\Phi - 46,57)\lambda^4 + \\
 & +(-120\Phi + 59,24)\lambda^3 + (18,5\Phi + 3,26)\lambda^2 + (-0,0946\Phi - 5,6)\lambda + \\
 & +(-142\lambda^4 + 202,4\lambda^3 - 76,75\lambda^2 + 18,3\lambda - 2,975)\Phi + \\
 & +(130,29\lambda^4 - 186,22\lambda^3 + 71,223\lambda^2 - 17,109\lambda + 4,415).
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

В подавляющей части диапазона относительной поступи выражение (11) имеет погреш-

ность до 2,5%, что можно считать допустимым.

На рисунке 6 и 7 даны зависимости, учитывающие влияние конструктивных параметров на коэффициенты упора и момента соответственно.

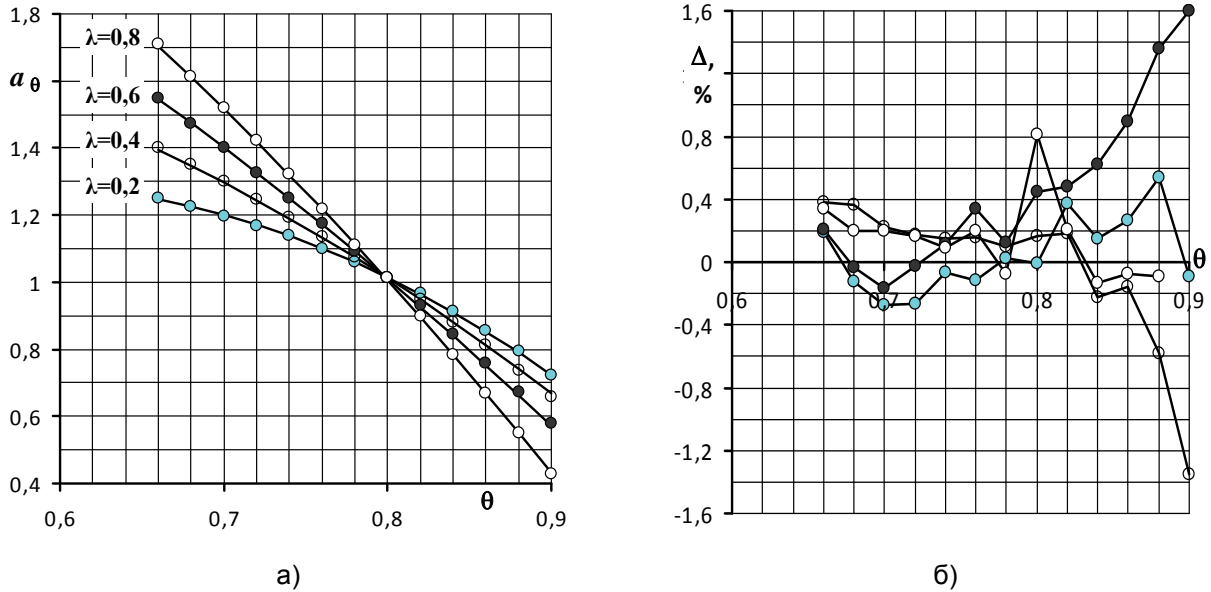


Рисунок 6 – Зависимость коэффициентов поправки, учитывающие конструктивные параметры на коэффициент упора по (12): а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

$$a_\theta = (-18,8\lambda^2 + 22,2\lambda - 8,8)\theta + (26,9\lambda^2 - 37,4\lambda + 12,2)\theta^2 + (-9,5\lambda^2 + 15,71\lambda - 3,113), \quad (12)$$

где θ – относительная характеристика погружения колеса

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

h – возвышение вала над невозмущённым уровнем воды.

Погрешность выражения (12) лежит в пределах 1,6%, что можно считать удовлетворительным.

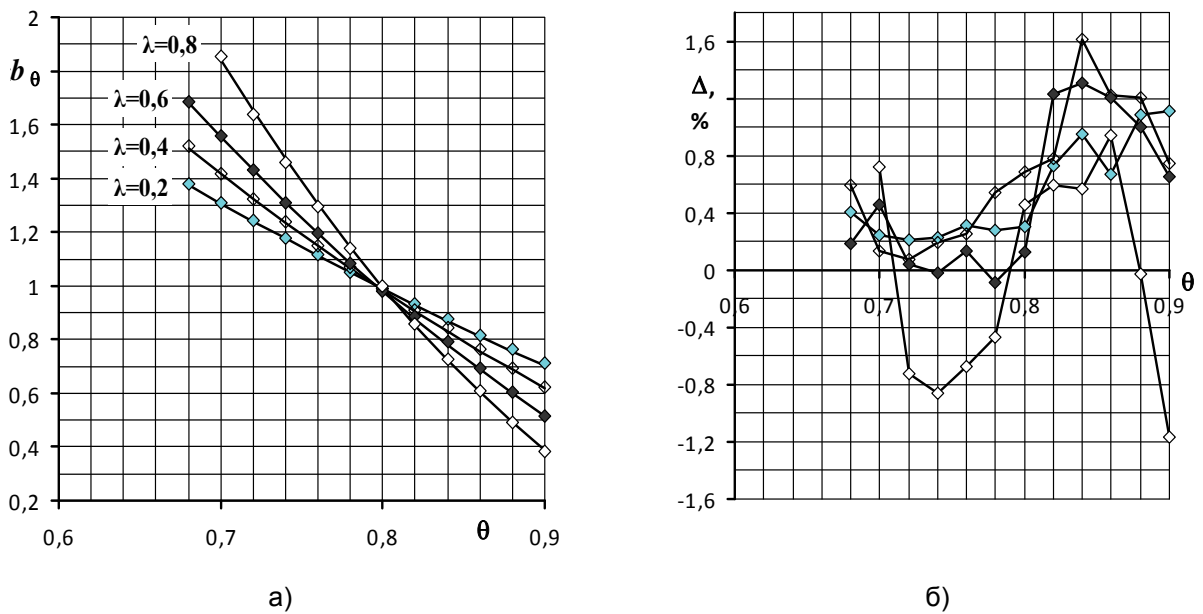


Рисунок 7 – Зависимость коэффициентов поправки, учитывающие конструктивные параметры на коэффициент момента по (13): а)-сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)-погрешности полученных выражений

$$b_\theta = (87,2\lambda^3 - 102,3\lambda^2 + 46\lambda - 4,16)\theta^2 + (-152\lambda^3 + 175,5\lambda^2 - 82\lambda + 4,94)\theta + (66,2\lambda^3 - 75,4\lambda^2 + 36,3\lambda - 0,314). \quad (13)$$

Погрешность выражения (13) лежит в пределах 1,6%, что можно считать удовлетворительным.

Коэффициенты влияния корпуса при кормовом расположении гребных колёс k_T , k_Q , соответственно для коэффициентов упора и момента даны на рисунке 8. Аналогичное влияние от относительной высоты плиц и от относительного отстояния оси колеса от транца судна представлено графически на рисунке 9 и 10 соответственно, а аналитически выражениями (16)-(19) соответственно.

$$k_T = (0,884 - 0,3\lambda^{3,45})^{-1}; \quad (14)$$

$$k_Q = (2,47 - 1,35\lambda) / (1 + 2,08\lambda - 2,5\lambda^2). \quad (15)$$

Погрешность выражений (14), (15) лежит в пределах 0,4%, что можно считать удовлетворительным.

$$a_\beta = (0,921 - 1,878\beta) / (1 - 3,13\beta + 4,29\beta^2), \quad (16)$$

$$b_\beta = (1,226 - 3,938\beta) / (1 - 2,106\beta - 3,505\beta^2). \quad (17)$$

где β – относительная высота плиц в долях диаметра колеса.

$$k_{AT} = 0,0626\bar{A}^2 - 0,3\bar{A} + 1,168, \quad (18)$$

$$k_{AQ} = -0,417\bar{A}^3 + 1,25\bar{A}^2 - 1,333\bar{A} + 1,46, \quad (19)$$

где \bar{A} – относительное отстояние оси колеса от транца в долях диаметра колеса.

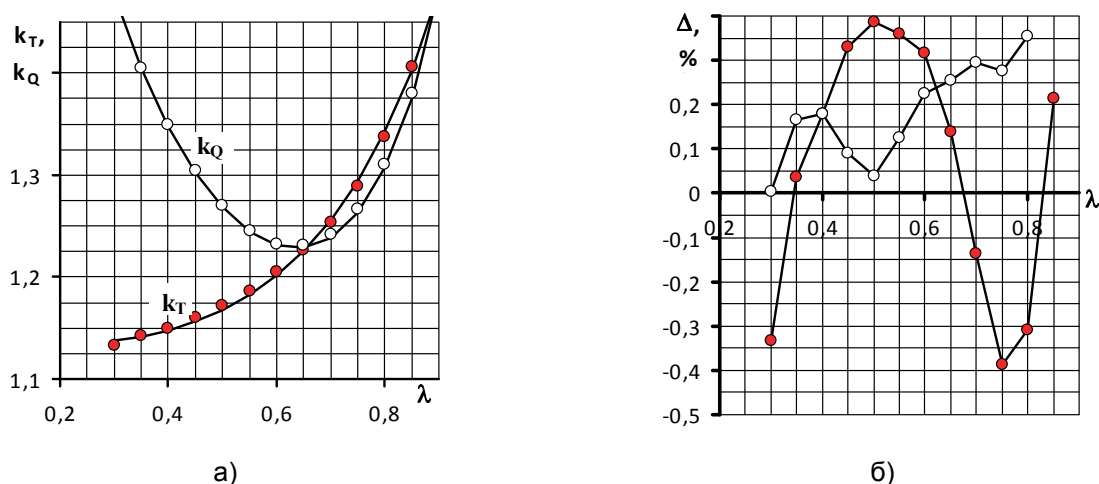


Рисунок 8 – Зависимость коэффициентов влияния корпуса при кормовом расположении на коэффициенты упора и момента в зависимости от относительной поступи по (14) и (15): а)- сопоставление исходных данных с аппроксимационными выражениями всего поля данных; б)- погрешности полученных выражений

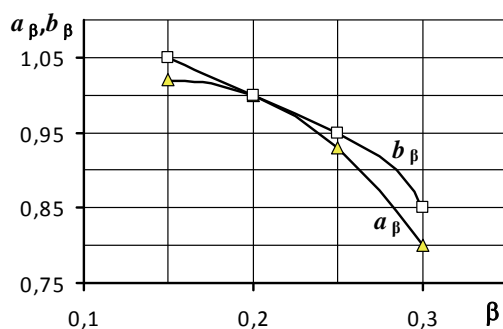


Рисунок 9 – Зависимость поправочных коэффициентов упора и момента от относительной высоты плиц по (16) и (17)

Погрешность выражения (16) не превосходит 0,04%, выражения (17) – 0,52%, выражения (18) – 0,02%, выражения (19) – 0,21%, что можно считать удовлетворительным.

Влияние числа плиц, Z , учитывается поправочными коэффициентами a_z и b_z к коэф-

коэффициентам упора и момента точно описываемые аппроксимационным выражением

$$a_z = b_z = -0,05Z + 1,45 . \quad (20)$$

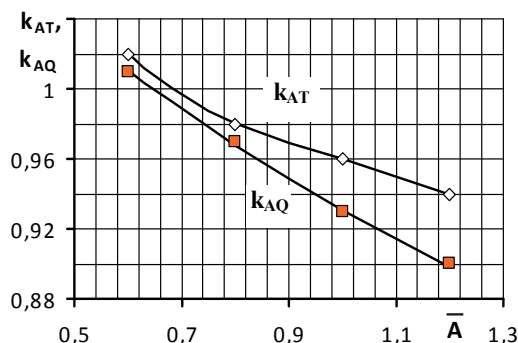


Рисунок 10 – Зависимость поправочных коэффициентов упора и момента от относительного отстояния оси колеса от транца судна по (18) и (19)

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузьменко, Ю.Н. Методы расчёта альтернативных движителей: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Ю.Н. Кузьменко. -Новосибирск: Новосиб. ин-т инж.водн. трансп., 1994. -53 с.
- 2 Сахновский, Б.М. Модели судов новых типов / Б.М. Сахновский. –Л.: Судостроение, 1987. -144 с.
- 3 Ходкость и управляемость судов: учебник для вузов / Под ред. В.Г. Павленко. -М.: Транспорт, 1991. -397 с.
- 4 Бимбереков, П.А. Способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям и получение аппроксимационных выражений водомётных движителей водоизмещающих судов / П.А. Бимбереков // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015, -№2. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радиальное гребное колесо, коэффициент упора, коэффициент момента
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Рыбников Дмитрий Юрьевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СПУТНИКОВ НАВСТАР GPS ОТНОСИТЕЛЬНО НАБЛЮДАТЕЛЯ В ШИРОТЕ 60 ГРАДУСОВ

НОУ ВПО «Дальневосточный институт коммуникаций»

Ю.А. Комаровский

DISPLACEMENT PATTERNS OF NAVSTAR GPS SATELLITES RELATIVE TO THE OBSERVER AT LATITUDE OF 60 DEGREES
 Far-Eastern institute of communications
 Yu.A. Komarovskiy

We have conducted analysis of suitability indicators of Navstar GPS to achieve a high accuracy in determining the coordinates of the vessel at latitude of 60 degrees. During our computational experiment we have obtained parameters of the visible movements of GPS satellites on the celestial sphere relative to the observer. It is shown that the height at the culmination of satellites does not exceed 84.672 degrees. The maximum number of satellites that are suitable for obtaining the coordinates of the vessel reaches 14. However, at the Arctic latitudes Navstar GPS system may provide a more accurate determination of the coordinates.

Keywords: Navstar GPS system, accuracy, elevation of satellite, working constellation

Продлан анализ показателей приспособленности системы Навстар GPS для достижения высокой точности определения координат судна в широте 60 градусов. В ходе вычислительного эксперимента были получены параметры видимых относительно наблюдателя перемещений спутников системы GPS по небесной сфере. Показано, что высота кульминации спутников не превосходит 84,672 градусов. Максимальное число спутников, пригодных для получения координат судна, достигает 14. Тем не менее, в Арктических широтах систем Навстар GPS может обеспечить более точное определение координат.

Искусственные спутники Земли (ИСЗ) глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) являются навигационными ориентирами, которые постоянно находятся в движении относительно наблюдателя. Как и в случае мореходной астрономии, характер пе-

ремещений ИСЗ не будет одинаковым в зависимости от места расположения наблюдателя. Поскольку на точность определения места судна (ОМС) оказывает влияние расположение спутников, то можно предположить, что в разных местах на поверхности Земли точность ОМС будет отличаться. Чтобы определить места, где точность ОМС будет заведомо большей или наоборот меньшей, необходимо представлять характер перемещений спутников по небесной сфере в зависимости от широты наблюдателя. В Северной Атлантике достаточно высокая интенсивность движения судов приходится на воды, прилегающие к широте 60° . Поэтому цель данной статьи заключается в оценке характера суточного изменения высот ИСЗ СРНС Навстар GPS над горизонтом, а также в определении закономерностей суточного хода числа радиовидимых спутников в этой широте.

С этой целью с помощью хорошо зарекомендовавшего себя в предыдущих исследованиях программного продукта [1-6] были вычислены высоты и азимуты спутников созвездия СРНС Навстар GPS для наблюдателя в точке с координатами 60° северной широты и 63° восточной долготы. Данный программный продукт в интерактивном режиме позволяет вычислять азимуты и высоты всех действующих на любой момент времени ИСЗ СРНС Навстар GPS с разрядностью $0,00001^\circ$. Такие вычисления можно проводить для любой точки на поверхности Земли. Высокая разрядность вычислений оправдана особенностью этого пакета прикладных программ круглосуточного обновления в реальном масштабе времени эфемерид всех спутников СРНС Навстар GPS. Для нашего исследования через каждые 3 минуты вычислялись азимуты и высоты только тех спутников, которые находились над горизонтом. Вычисления проводились для интервала времени с 16:30 31 августа по 06:18 2 сентября UTC 2015 г. В этом интервале времени работал 31 спутник системы GPS. Не работал только ИСЗ PRN10. Для дальнейшего анализа разрядность азимутов и высот была снижена до $0,001^\circ$.

Чтобы получить представление о суточном распределении высот спутников СРНС Навстар GPS, были выбраны высоты всех ИСЗ в интервале времени от 0 часов до 24 часов 1 сентября. Графики изменения высот спутников представлены на рисунке 1.

Анализ полученных в результате расчётов высот спутников показал, что в широте 60° максимальная высота кульминации достигала $84,672^\circ$, а минимальная – $9,321^\circ$. При плавании по Северному морскому пути максимальная кульминация спутников СРНС Навстар GPS составляет $64,687^\circ$, а минимальная – $25,791^\circ$ [6]. Следовательно, смещение широты к югу вызывает значительные изменения в характере видимых перемещений ИСЗ относительно наблюдателя.

Из-за отрицательного влияния параметров трансионосферного канала распространения сигналов низколетящих ИСЗ на точность измерения псевдодальностей считается, что наиболее благоприятные высоты спутников располагаются в диапазоне от 30° до 60° . Поэтому

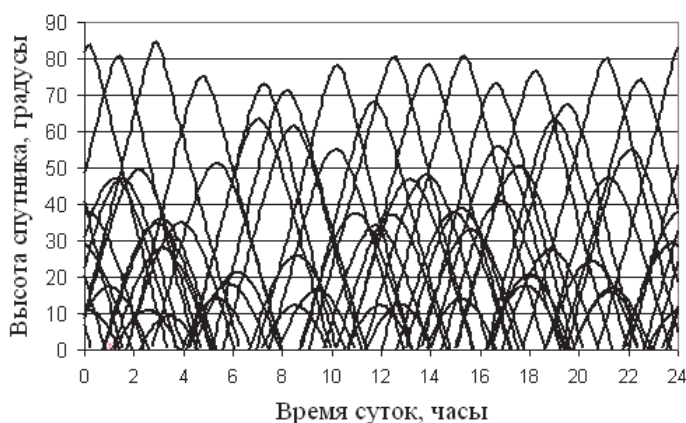


Рисунок 1 – Динамика высот спутников над горизонтом 1 сентября 2015 г.



Рисунок 2 – Суточный ход средней высоты ИСЗ 1 сентября 2015 г.

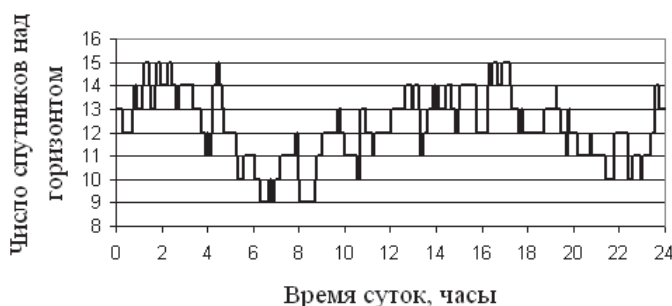


Рисунок 3 – Суточный ход числа спутников над горизонтом 1 сентября 2015 г.

представляет интерес то, как изменяется в течение суток средняя высота наблюдаемых в данный момент спутников.

Средняя высота вычислялась как сумма высот всех спутников, расположенных над горизонтом в данный момент времени, кратный 3 минутам, делённая на число этих спутников. График изменения средней высоты ИСЗ СРНС Навстар GPS в течение суток 1 сентября 2015 г. можно видеть на рисунке 2.

Основываясь на анализе графика рисунок 2, можно заключить, что в течение большей части суток средняя высота спутников над горизонтом колеблется возле значения 30° . Это служит признаком существования потенциала для достижения удовлетворительной точности определения координат с помощью сигналов СРНС Навстар GPS. И только в моменты времени, близкие к 4:30, наблюдается уменьшение средней высоты до значения $18,3^\circ$, что может рассматриваться как косвенный признак ухудшения точности обсервованных координат. У наблюдателя в районе Севморпути такого явления быть не может.

Другой характеристикой пригодности СРНС для определения координат служит суточный ход числа спутников над горизонтом. Считается, что чем больше в данный момент времени спутников над горизонтом, то всегда можно из них подобрать такое рабочее созвездие, которое обеспечит наибольшую точность определения координат наблюдателя. График изменения числа радиовидимых спутников 1 сентября изображён на рисунке 3.

На рисунке 3 прослеживается неравномерное количество ИСЗ над горизонтом в течение суток. Видно, как их число два раза в сутки становится минимальным и максимальным. Этот факт объясняется полусуточным периодом обращения спутников СРНС Навстар GPS вокруг Земли. Следовательно, точность координат наблюдателя в широте 60° два раза в сутки приблизительно через 12 часов будет ухудшаться. На графике (рисунок 3) видно изменение числа спутников над горизонтом от 9 до 15. Среднее число спутников составило 12,24. На долю случаев, когда над горизонтом наблюдалось 12 и более спутников, пришлось 69,64%. Над Севморпутём в среднем над горизонтом 12,6 спутников, а в 89% случаев над горизонтом наблюдалось 12 и более спутников [6].

Судовые GPS-приёмники игнорируют сигналы спутников, у которых высоты над горизонтом менее 7° . Выполняется это для того, чтобы значительно снизить погрешности координат из-за ионосферной рефракции. Вследствие высоких методических погрешностей вычисления обсервованных координат ряд профессиональных судовых GPS-приёмников не обрабатывают сигналы спутников с высотами над горизонтом более 75° . Поэтому для широты 60° будет полезным рассмотреть суточный ход и эмпирическую плотность распределения числа спутников, пригодных для судовых приёмников. График суточного хода пригодных для определения координат судовым GPS-приёмником представлен на рисунке 4.

Как следует из графика рисунок 4, минимальное число пригодных спутников уже сократилось до 7, а максимальное – до 4. Среднее число спутников, пригодных для определения места судна в широте 60° , составило 10,21. Гистограмма распределения числа пригодных спутников изображена на рисунке 5.

По виду гистограммы рисунок 5 можно убедиться в том, что чаще всего в широте 60° с приемлемыми высотами одновременно наблюдается 11 спутников. В этой широте 11 пригодных спутников наблюдается в 27,86% случаев. Наблюдатель на акватории Севморпути одновременно может принимать сигналы 11 таких спутников в 41,87% случаев. На долю 10, 11 и 12 пригодных спутников в широте 60°

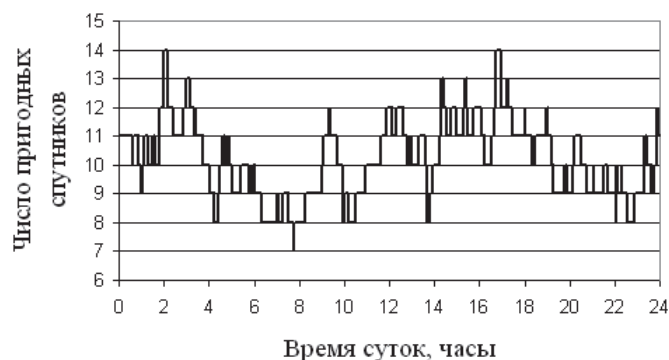


Рисунок 4 – Суточный ход числа пригодных спутников 1 сентября 2015 г.

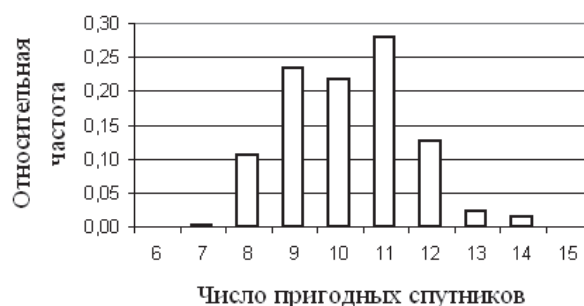


Рисунок 5 – Гистограмма распределения пригодных спутников

приходится 62,16% случаев, а для наблюдателя на Севморпути – 86,04%.

Подводя итог проделанному анализу закономерностей суточного изменения высот ИСЗ и суточного хода числа радиовидимых спутников для широты наблюдателя 60°, надо отметить, что в Арктических широтах у системы Навстар GPS больше предпосылок для точного определения координат судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Комаровский, Ю.А. Продолжительность видимости спутников СРНС Навстар GPS в высоких широтах / Ю.А. Комаровский // Вестн. Морс. гос. ун-та. Серия: Судовождение. -Вып.46. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. -С. 41-47.
- 2 Комаровский, Ю.А. Оценка пригодности системы GPS для использования в высоких широтах / Ю.А. Комаровский // Вестн. Мор. гос. ун-та. Серия: Автоматич. управл., мат. модел. и информац. технол. -Вып.45. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. С. 25-31.
- 3 Комаровский, Ю.А. Суточная неравномерность числа видимых спутников системы GPS / Ю.А. Комаровский // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012. -№1. -С. 231-236.
- 4 Комаровский, Ю.А. Наблюдаемость спутников СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вест. Мор. гос. ун-та. Серия: Судовождение. -Вып.15. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2007. -С. 35-41.
- 5 Комаровский, Ю.А. Эволюция видимого созвездия СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вест. Мор. гос. ун-та. Серия: История морской науки, техники и образования. -Вып.50. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. -С. 55-61.
- 6 Комаровский, Ю.А. Пригодность системы Навстар GPS для обеспечения перемещений и эксплуатации гидротехнических сооружений на акватории Карской нефтеносной провинции / Ю.А. Комаровский // Гидротехника. -2015. -№2. -С. 86-89.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *система Навстар GPS, точность, высота спутника над горизонтом, рабочее созвездие*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, доцент НОУ ВПО «ДВИК»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690013, г.Владивосток, ул.Каплунова, 7, НОУ ВПО «ДВИК»*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ТКАНЫХ РЕГЕНЕРИРУЕМЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

Г.П. Кича, С.П. Бойко

IDENTIFICATION OF DIVIDING ABILITY THE WOVEN REGENERATED FILTERING MATERIALS OF NEW GENERATION

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

G.P. Kicha, S.P. Boyko

The calculation procedure in parameters is given geometry of a calico weave of a subtlety and fractional coefficients of elimination of woven filtering grids. High precision of identification of functional indicators of the filtering materials possessing the good detaining ability, a regenerable, filterability and durability is shown. The received dependences can be used for efficiency modeling the self-regenerated filters of fuel and lubricant systems of ship power stations.

Keywords: woven filtering grids, filtering materials, self-regenerated filters, efficiency of filters, geometry of a calico weave, purification of fuels and oils

Приведена методика расчета по параметрам геометрии полотняного переплетения тонкости и фракционных коэффициентов отсева тканых фильтровальных сеток. Показана высокая точность идентификации функциональных показателей фильтровальных материалов, обладающих хорошей задерживающей способностью, регенерируемостью, фильтруемостью и прочностью. Полученные зависимости могут быть использованы для моделирования эффективности саморегенерирующихся фильтров топливных и смазочных систем судовых энергетических установок.

В последние годы в регенерирующихся фильтрах топлива и масла судовых энергетических установок широкое распространение получили тканые фильтровальные сетки (ТФС) полотняного переплетения [1]. Учитывая большие возможности этих материалов для разделения сложных дисперсионных систем и стабильные функциональные характеристики, а также высокую регенерируемость, представляет интерес расчет фильтровальных показателей сеток по геометрическим параметрам их структуры.

Геометрия тканых сеток полотняного переплетения (рисунок 1) определяется шагом основы T_0 , диаметром основной d_0 и уточной d_y проволок. Суспензия фильтруется через наружный задерживающий участок в форме прямоугольника с толщиной отсева (абсолютной) $\Delta_n^* = d_y$. Далее поток разветвляется и проходит через два внутренних задерживающих участка, поперечное сечение которых имеет форму криволинейных косоугольных треугольников ABC (рисунок 1).

Тонкость отсева Δ внутренних задерживающих участков формируется двумя скрещивающимися нитями (проводами) утка и проволокой основы. Достаточно точное определение диаметра наибольшего шара, способного проникнуть через внутренние каналы сложной пространственной формы, предлагается осуществлять с использованием методов дифференциальной геометрии, что обеспечивает не только высокую точность расчета, но и позволяет получить довольно простое выражение для тонкости отсева этих задерживающих участков сетки.

Предлагаемый метод особенно важен для идентификации тканых сеток обратного полотняного переплетения [2], структура которых оптимизирована при $\Delta < \Delta_n$ для достижения высоких пропускной и отсеивающей способностей, регенерируемости и прочности. Это позволяет использовать такие сетки в саморегенерирующихся фильтрах, у которых скорость промывного потока, удаляющего отложения загрязнений сетки, на порядок больше скорости фильтрования, когда формируется осадок (отложения).

Определение диаметра наибольшего шара, проникающего в фильтрат, построено на концепции нахождения координат точек K, L, M его касания цилиндров основы и утка. Геометрическое место точек, формирующих наиболее узкое сечение канала, через которое пройдет шар с $d = \Delta$, лежит в плоскости KLM. Исходя из геометрии фильтровальных сеток обратного полотняного переплетения, целесообразно рассмотреть задерживающей способности внутреннего канала в самом узком его сечении, образованном криволинейным треугольником ABC в плоскости PBN (рисунок 1).

В принятой транскрипции тонкость отсева Δ равна диаметру вписанной в криволинейный треугольник ABC окружности (рисунок 2). При этом правомерно рассмотрение стороны

AC как части эллипса, образованного сечением цилиндра основы плоскости PBN под углом γ . При размещении начала координат в точке пересечения плоскости с осью цилиндра основы уравнение отрезка AC можно записать в виде

$$x^2 + y^2 \cos^2 \gamma - \left(\frac{d_0}{2}\right)^2 = 0. \quad (1)$$

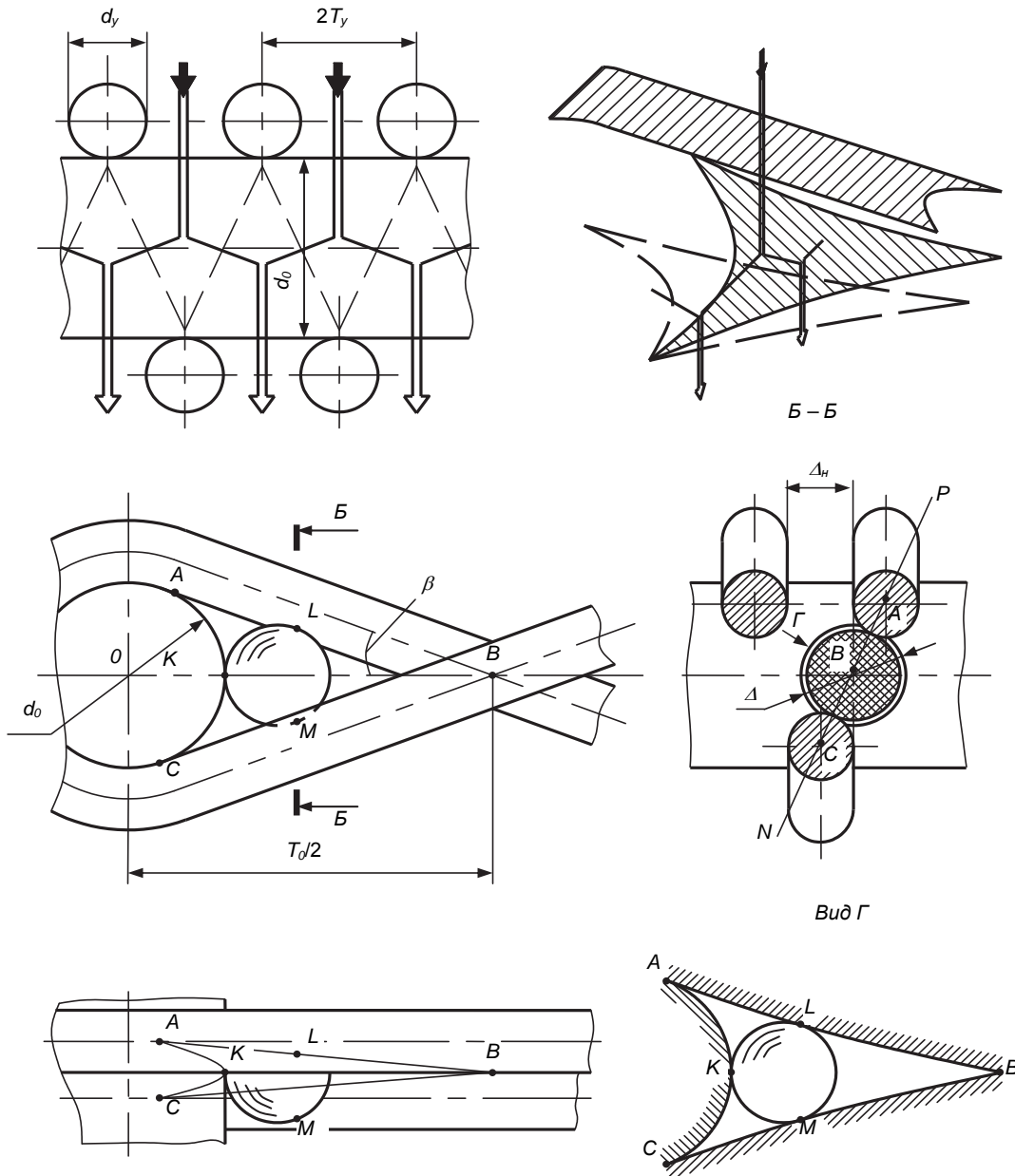


Рисунок 1 – Геометрия тканых фильтровальных сеток

Описание кривых \widehat{AB} и \widehat{BC} допустимо осуществлять с использованием уравнения винтовых линий. Привязка их к принятой системе координат (рисунок 2) позволяет идентифицировать рассматриваемые дуги следующим образом

$$x^2 + y^2 - 2a_y x - 2b_y y + a_y^2 + b_y^2 - \rho_y^2 = 0, \quad (2)$$

где $a_y, \pm b_y$ – координаты центров кривизны кривых \widehat{AB} и \widehat{BC} ;

ρ_y – радиус кривизны.

Учитывая, что рассматривается четвертая часть витка винтовой линии, можно допустить равенство радиуса винтовой линии и дуг, образуемых сечением цилиндров утка плоскости PBN. В таком случае стороны криволинейного треугольника, примыкающего к проволокам утка, являются дугами окружности радиуса ρ_y , который можно выразить через шаг

винтовой линии и радиус цилиндра утка

$$\rho_y = \frac{2T_0^2 \cos^2 \beta}{\pi^2 d_y} + \frac{d_y}{2}.$$

Так как точки А, В и С, координаты которых известны, лежат на соответствующих окружностях, расположение их центров находим по выражениям

$$a_y = \frac{d_0 \sin \beta + T_0}{4} + \left[\left(\frac{d_0 \sin \beta + T_0}{4} \right)^2 - \frac{\frac{d_y}{16 \sin \gamma} + \left(\frac{d_0^2 \sin^2 \beta - T_0^2}{4} \right)^2 + \frac{d_y^2}{\sin^2 \gamma} \left(\frac{d_0^2 \sin^2 \beta + T_0^2}{8} \right)}{(d_0 \sin \beta - T_0)^2 + \frac{d_y^2}{\sin^2 \gamma}} - \rho_y^2 \right];$$

$$b_y = \pm \sqrt{\rho_y^2 - \left(a_y - \frac{T_0}{2} \right)^2}.$$

Из условий совместного решения уравнений (1) и (2) для эллипса и окружности с удлиненными на $\Delta/2$ полуосью и радиусом получаем формулу, выражающую тонкость отсева тканей сеток через их геометрию

$$\Delta = \frac{a_y^2 + b_y^2 - \rho_y^2 - a_y d_0 + 0,25 d_0^2}{a_y + \rho_0 - 0,5 d_0}. \quad (3)$$

Исследование тонкости отсева ТФС на крупномасштабных моделях показало высокую сходимость результатов расчета Δ по формуле (3). Расхождение данных расчета и моделирования не превышало 7%. Адекватность моделей подтверждена также другими экспериментальными методами оценки абсолютной тонкости отсева, приведенными в работе [3].

Для количественной оценки эффективности ТФС по фракционному коэффициенту отсева разработана модель фильтрации, учитывающая ситовый эффект и адгезионный захват (эффект касания). Предполагается, что частицы движутся по линиям тока дисперсионной среды и задерживаются, если их диаметр превышает или равен тонкости отсева сетки. Кроме того, допускается их захват при касании внутренней поверхности косоугольной трехгранной призмы. В этом случае частица должна находиться в потоке на расстоянии половинного диаметра частицы $d/2$ от поверхности внутреннего канала фильтровальной сетки.

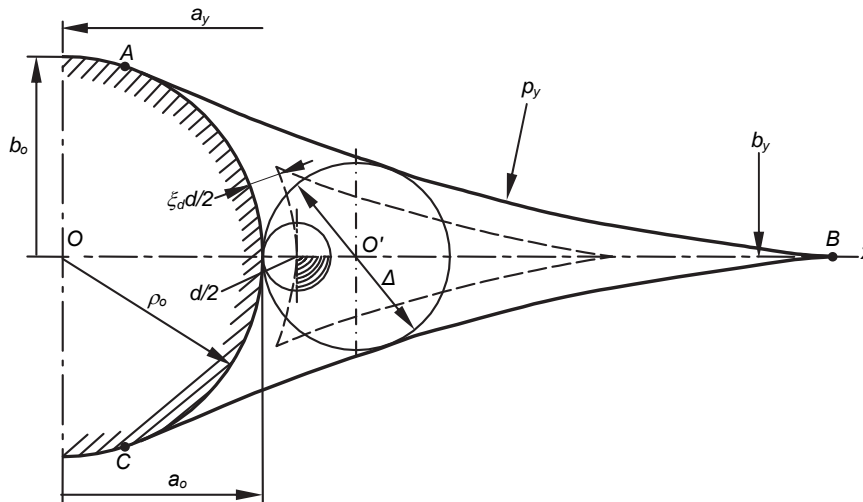


Рисунок 2 – Схема идентификации структурных и функциональных показателей ФС нового поколения

Действие других механизмов отсева дисперсной фазы (ДФ) проявляется в отклонении движения частиц от линий тока дисперсионной среды. Искажение их траектории проявляется под действием химмотологической, адгезионной и седиментационной групп отсева [3]. Стохастичность процесса фильтрации проявляется также в отрыве осадившихся частиц от ложа канала и вторичном их уносе. Совокупное действие этих механизмов отсева предлагается учитывать безразмерной координатой отсева ε_d , которая может увеличивать или уменьшать зону отсева в зависимости от того, какие силы будут превалировать в действии

на ДФ.

Идентификация поправочной константы ε_d на отсев частиц осуществлена в работе [3]. Она может быть применена и для фильтровальных соток, сотканных из легированной стальной или синтетического происхождения проволоки. Результаты эксперимента по идентификации ε_d выражены позиномом

$$\varepsilon_d = 1 - \exp\left(-\frac{\bar{\Delta}^{0,294} \bar{h}_c^{0,462}}{M_{ДСС}^{0,782} \text{Re}_\Delta^{0,0534} \bar{g}_c^{0,0716}}\right), \quad (4)$$

В зависимости (4) безразмерные тонкость отсева $\bar{\Delta}$ и толщины сетки \bar{h}_c выражены относительно диаметра частиц d . Степень загрязнения сетки \bar{g}_c принята относительно ее грязеемкости. Критерий Рейнольдса Re_Δ берется по определяющему размеру Δ и средней скорости потока v_m во внутреннем канале сетки. Химмотологические (диспергирующие-стабилизирующие свойства) $M_{ДСС}$ дисперсионной среды задаются по методике [3].

Предположив равномерное распределение ДФ во всем объеме суспензии и по фронту внутреннего задерживающего участка, принимаем коэффициент отсева φ_d пропорциональным отношению потоков Q_{S_d} через периферийную зону на расстоянии $\varepsilon_d d/2$ от ее периметра (поверхности) канала ко всему потоку Q_S . Таким образом, геометрическая интерпретация вероятности задержания частицы загрязнения состоит в рассмотрении части потока суспензии, из которой она будет удалена.

Для ламинарного установившегося движения вязкой жидкости с малыми скоростями через тонкие капилляры справедливо уравнение Стокса в частных производных второго порядка [4]

$$\nabla_{S_T}^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p_c}{\mu_m h_c}. \quad (5)$$

Уравнение может быть решено при граничном условии – обращении в ноль скорости v на контуре S_T нормального к оси канала самого узкого его сечения в виде косоугольной трехгранной призмы и дополнительном условии, определяющем по заданному перепаду давления Δp_c и толщине h_c ТФС расход суспензии через внутренний канал.

Согласно (5), распределение скорости в сечении внутреннего задерживающего участка соответствует

$$v = -\frac{\Delta p_c S_T(x, y)}{\mu_m h_c \left(\frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} \right)}, \quad (6)$$

где μ_m – вязкость масла (фильтруемой среды).

Поток жидкости Q_S сквозь сечение канала формы S_T составит

$$Q_S = \iint_S v(x, y) dx dy = \iint_S -\frac{\Delta p_c S_T(x, y) dx dy}{\mu_m h_c \left(\frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} \right)}. \quad (7)$$

Фракционный коэффициент отсева для ТФС, состоящего из призм с одинаковой формой сечения канала, запишется в виде

$$\varphi_d = 1 - \frac{Q_{S_d}}{Q_S} = 1 - \frac{\iint_{S_d} v(x, y) dx dy}{\iint_S v(x, y) dx dy}. \quad (8)$$

Для определения Q_S и Q_{S_d} интегрирование осуществляется соответственно по площади, ограниченной контуром S и S_d . Последний эквидистантен основному контуру и располагается внутри его с удалением по нормали на расстояние $\varepsilon_d d/2$. Заданные граничные условия интегрирования характерны для фильтрации суспензий с ДФ, обладающей высокой адгезией к фильтровальным материалам. Учет ослабления действия ван-дер-ваальсовых сил или усиления коагуляционных контактов в такой дисперсионной среде, как работающее моторное масло, возможен изменением пределов интегрирования числителя в формуле (8)

и может быть выражен через ε_d по зависимости (4).

Идентификация структуры ТФС нового поколения методами дифференциальной геометрии позволяет использовать выражения (7) и (8) для разработки методики расчета фракционных коэффициентов отсева сеток. Задерживающий канал большинства сеток плотняного переплетения, как уже отмечалось, может быть представлен простым криволинейным треугольником ABC (рисунок 1, 2). Составим обращающееся в ноль на контуре треугольного сечения канала произведение

$$S_T(x,y) = \left(x^2 + y^2 \cos^2 \gamma - \frac{d_0^2}{4} \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] = 0,$$

где каждый из сомножителей представляет уравнение сторон треугольника, располагаемого на цилиндрах основы и утка, получим выражение для описания контура треугольного канала.

Выразив полуоси эллипса через диаметр основы ($a_0 = d/2$ и $b_0 = d/2 \cos \gamma$), находим лапласиан $\nabla_{S_T}^2$ в плоскости Оху от S_T

$$\begin{aligned} \nabla_{S_T}^2 = \frac{\partial^2 S_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_T}{\partial y^2} = & \left(4a_y - \frac{3a_y^3}{a_0^2} - \frac{a_y^3}{b_0^2} - \frac{3a_y b_y^2}{a_0^2} - \frac{a_y b_y^2}{b_0^2} + \frac{3a_y \rho_y^2}{a_0^2} + \frac{a_y \rho_y^2}{b_0^2} \right) 8x - \\ & - \left(4 - \frac{19a_y^2}{a_0^2} - \frac{2a_y^2}{b_0^2} - \frac{5b_y^2}{a_0^2} - \frac{b_y}{b_0} - \frac{7\rho_y^2}{a_0^2} - \frac{\rho_y}{b_0} \right) 4x^2 - \left(\frac{11a_y}{a_0^2} + \frac{a_y}{b_0^2} \right) 8x^3 + \left(\frac{17}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2x^4 - \\ & - \left(8 - \frac{2a_y^2}{a_0^2} - \frac{18a_y^2}{b_0^2} - \frac{18x^2}{a_0^2} - \frac{18x^2}{b_0^2} + \frac{12a_y x}{a_0^2} + \frac{36a_y x}{b_0^2} + \frac{10b_y^2}{b_0^2} + \frac{2b_y}{a_0} + \frac{14\rho_y^2}{b_0^2} + \frac{2\rho_y^2}{a_0^2} \right) 2y^2 + \\ & + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{17}{b_0^2} \right) 2y^4 - \left(4 - \frac{b_y^2}{a_0^2} + \frac{\rho_y^2}{a_0^2} - \frac{b_y^2}{b_0^2} + \frac{\rho_y^2}{b_0^2} \right) 4a_y^2 + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2a_y^4 - \left(\frac{\rho_y^2}{a_0^2} + \frac{\rho_y^2}{b_0^2} \right) 4b_y^2 + \\ & + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2b_y^4 + \left(\frac{1}{a_0^2} + \frac{1}{b_0^2} \right) 2\rho_y^4 + 8\rho_y^2. \end{aligned}$$

Искомое решение для v с учетом выражений (5) и (6) будет иметь вид

$$v = -\frac{\Delta \rho_\phi}{\nabla_{S_T, \mu_M, h_c}^2} \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right]. \quad (9)$$

В итоге при интегрировании выражения (8) с использованием зависимости (9) фракционный коэффициент отсева для ТФС с внутренними задерживающими участками выразится следующим образом

$$\varphi_d = 1 - \frac{\left\{ \int_{x_{S_{d1}}}^{x_{S_{d2}}} \int_{y_{S_{d1}}}^{y_{S_{d2}}} \frac{\left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} + \int_{x_{S_{d2}}}^{x_{S_{d3}}} \int_0^{y_{S_{d2}}} \frac{\left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} \right\}}{\left\{ \int_{x_{S_1}}^{x_{S_2}} \int_{y_{S_1}}^{y_{S_2}} \frac{\left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} + \int_{x_{S_1}}^{x_{S_2}} \int_{y_{S_1}}^{y_{S_2}} \frac{\left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) \left[(x - a_y)^2 + (y - b_y)^2 - \rho_y^2 \right] \left[(x - a_y)^2 + (y + b_y)^2 - \rho_y^2 \right] dy dx}{\nabla_{S_T}^2} \right\}}, \quad (10)$$

где

$$x_{S_{d1}} = x_1; x_{S_{d2}} = \frac{d_0 + \varepsilon_d d}{2}; y_{S_{d1}} = \frac{\sqrt{0,25(a_0 + \varepsilon_d d)^2 - x^2}}{\cos \gamma};$$

$$y_{S_{d2}} = b_y - \sqrt{(\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 - (a_y - x)^2}; x_{S_1} = 0,5d_0 \sin \beta; x_{S_2} = 0,5d_0;$$

$$y_{S_1} = \frac{\sqrt{0,25d_0^2 - x^2}}{\cos \gamma}; y_{S_2} = b_y - \sqrt{\rho_y^2 - (a_y - x)^2}; x_{S_{\alpha 3}} = a_y - \sqrt{(\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 - b_y^2}.$$

С учетом симметрии поперечного сечения фильтровального канала относительно оси x при определении φ_d интегрирование осуществляется для верхней его части. Нижний предел интегрирования $x_{S_{\alpha 1}}$ по x в числителе находится совместным решением системы уравнений

$$\begin{cases} x^2 + y^2 \cos^2 \gamma - 0,25(d_0 + \varepsilon_d d)^2 = 0; \\ x^2 + y^2 - 2a_y x - 2b_y y + a_y^2 + b_y^2 - (\rho_y + 0,5\varepsilon_d d)^2 = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Обработка большого массива данных по фракционному коэффициенту отсева сеток обратного полотняного переплетения с различной геометрией показало возможность аппроксимации зависимости $\varphi_d(d)$ по определяющему размеру Δ полиномом следующего вида

$$\varphi_{d\phi} = \frac{10}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^2 - \frac{20}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^3 - \frac{5}{9} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^4 + \frac{4}{9} \left(\frac{\varepsilon_d d}{\Delta} \right)^5. \quad (12)$$

Зависимость (12) вполне пригодна для практического применения при оценке эффективности саморегенерирующихся фильтров, использующих ТФС. Погрешность расчета φ_d в сравнении с более точным моделированием процесса по (10), если не учитывать ошибку, вносимую показателем ε_d , составляет 5-12%.

При задании дифференциальной функции $f(\Delta)$ плотности распределения параметра, определяющего задерживающую φ_d характеристику треугольного канала по упрощенной формуле (12), обобщенный фракционный коэффициент отсева для сеток с отклонениями параметров геометрии рассчитывается численным интегрированием следующего выражения

$$\varphi_{d\phi} = \int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \varphi_d \Delta^n f(\Delta) d(\Delta) / \int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \Delta^n f(\Delta) d(\Delta). \quad (13)$$

Показатель степени n при определяющем размере канала Δ зависит от характера течения, типа и назначения фильтра. При ламинарном течении суспензии по каналам треугольной формы $n = 4$ [3, 5].

Применительно к сеткам полотняного переплетения с задерживающими участками, расположенными внутри фильтровального материала и распределения тонкости отсева по нормальному закону $f(\Delta) \in N(m_\Delta, \sigma_\Delta^2)$, выражение для обобщенного фракционного коэффициента отсева примет вид [3]

$$\varphi_{d\phi} = \frac{\int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \varphi_d \Delta^4 \exp \left[-\frac{(\Delta - m_\Delta)^2}{2\sigma_\Delta^2} \right] d\Delta}{\int_{\Delta_{\min}}^{\Delta_{\max}} \Delta^4 \exp \left[-\frac{(\Delta - m_\Delta)^2}{2\sigma_\Delta^2} \right] d\Delta}. \quad (14)$$

При расчете φ_d по формуле (12) и задании в качестве определяющего размера канала треугольной формы диаметра Δ вписанной в него окружности, самое узкое сечение которой распределено по нормальному закону, обобщенный фракционный коэффициент отсева можно рассчитывать по формуле

$$\begin{aligned} & \left[\frac{5}{3} (m_\Delta^2 + \sigma_\Delta^2) (\varepsilon_d d)^2 - \frac{10}{9} m_\Delta (\varepsilon_d d)^3 - \frac{5}{18} (\varepsilon_d d)^4 + \frac{9}{2} \frac{(\varepsilon_d d)^5}{m_\Delta} \right] \times \\ & \times \left(1 - \operatorname{erf} \frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right) - \left[m_\Delta^3 + 5m_\Delta \sigma_\Delta^2 + (m_\Delta^2 + 3\sigma_\Delta^2) d + m_\Delta d^2 - \right. \\ & \left. - \frac{10}{3} \left(d - \frac{2}{3} \varepsilon_d d + m_\Delta \right) (\varepsilon_d d)^2 + d^3 \right] \frac{\sigma_\Delta}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\left(\frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right)^2 \right] \\ \varphi_{d\phi} = & \frac{\quad}{m_\Delta^4 + 6m_\Delta^2 \sigma_\Delta^2 + 3\sigma_\Delta^4} + \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \frac{d - m_\Delta}{\sqrt{2}\sigma_\Delta} \right), \end{aligned} \quad (15)$$

где $\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$ – интеграл вероятности;

m_d, σ_d – математическое ожидание и дисперсия распределения показателя Δ .

Интегрирование (13) с использованием для φ_d зависимости (9) осуществляли численными методами [5] с расчетом локальных фракционных коэффициентов отсева треугольных каналов с тонкостью отсева Δ при допущении геометрического подобия их каналу ($\Delta = m_\Delta$) со среднестатистическими значениями формирующих его геометрических параметров T_0, d_0 и d_y .

Сходимость зависимостей (14) и (15) с экспериментальными данными (рисунок 3) и результатами численного расчета по (10) и (13) хорошая. Эффективность ТФС с оптимизированной геометрией ($m_\Delta = 30$ мкм, $\sigma_\Delta = 2,5-15$ мкм) обусловлена удовлетворительным приближением формы фильтрового канала к равностороннему треугольнику. Сопоставление по критерию Вилькоксона приведенных расчетных и экспериментальной зависимостей $\varphi_{\text{эф}}(d)$ для ТФС с $m_\Delta = 30$ мкм и $\sigma_\Delta = 2,5$ мкм показало их адекватность и принадлежность с доверительной вероятностью 95% к одной генеральной совокупности.

Отклонение параметров геометрии ТФС от номинальных размеров приводит к значительному рассеиванию результатов по фракционному коэффициенту отсева.

Выводы:

– Высокие достоверность и точность расчета тонкости отсева перспективных регенерируемых ТФС полотняного переплетения достигнуты объемным представлением поровой структуры и идентификации ее методами дифференциальной геометрии. Расчетная методика для Δ при этом доступна для практического использования.

– Показана возможность использования для практических целей зависимостей, полученных на упрощенных подходах к оценке поровой структуры и эффективности ТФС с учетом распределения параметра Δ по нормальному закону. Искажение гидродинамики потоков через поровые структуры тканых сеток при этом приводит к погрешности расчета фракционных коэффициентов отсева относительно результатов, полученных по сложной модели, не более чем на 12%.

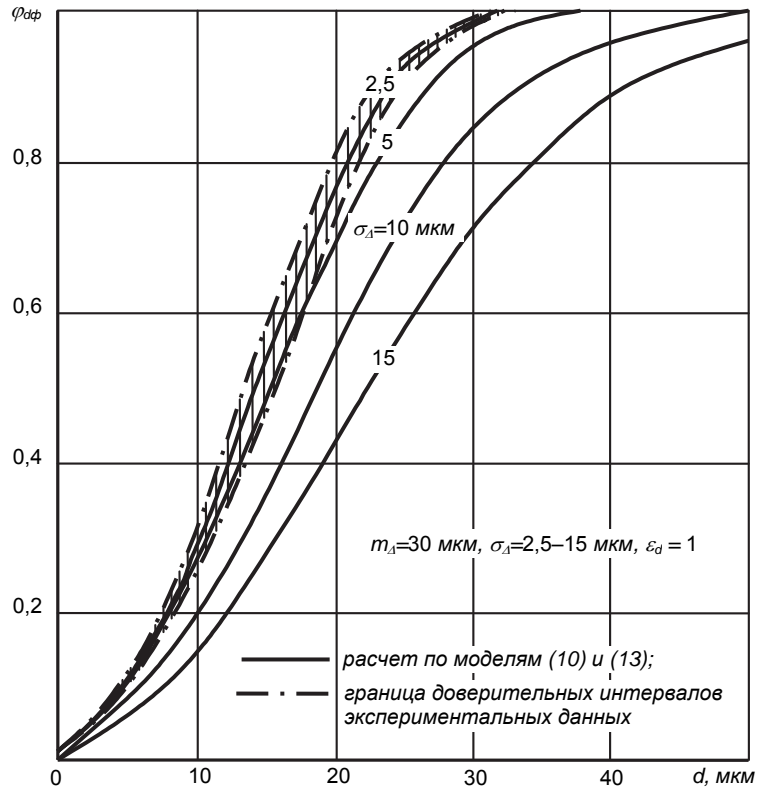


Рисунок 3 – Влияние стабильности структуры ФС на фракционную эффективность очистки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кича, Г.П. Новые тканые материалы для саморегенерирующихся фильтров систем топливо- и маслоочистки судовых энергетических установок / Г.П. Кича, Г.Г. Галстян, В.В. Тарасов // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№2. -С. 209-213.
 2 Кича, Г.П. Оптимизация поровой структуры фильтровальных сеток для очистки горюче-смазочных материалов на судах / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Г.Г. Галстян // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2010. -№1. -С. 159-165.
 3 Кича, Г.П. Решение проблемы высокоэффективной очистки моторного масла в судовых дизелях: в 2 т.: дис. ... докт. техн. наук: 05.08.05 / Кича Геннадий Петрович. -Владивосток, 1992. -Т1, 512 с. -Т2, 358 с.
 4 Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газов / Л.Г. Лойцянский. -М.: Высш. школа, 1982. -685 с.
 5 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.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тканые фильтровальные сетки, фильтровальные материалы, саморегенерирующиеся фильтры, эффективность фильтров, геометрия полотняного переплетения, очистка топлив и масел

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кича Геннадий Петрович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Бойко Сергей Петрович, 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»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОННОГО ИСПАРИТЕЛЯ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПО УДАЛЕНИЮ ТОПЛИВНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

В.В. Тарасов

THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF STUDY WORK OF CYCLONIC EVAPORATOR OF REGENERATION INSTALLATION FOR REMOVAL OF FUEL FRACTION FROM THE REJECTED MOTOR OIL
Maritime state university named after G.I. Nevelskoi
V.V. Tarasov

It were obtained results of experimental research of study work injector of cyclonic vacuum-themal evaporator at process for removal the fuel oil fraction from rejected engine oil.

Keywords: injector of cyclonic evaporator, regeneration of the worked-out oils, installation on regenerations, fuel fractions

Приведены результаты экспериментального исследования режимов работы распылителя форсунки для распыла отработанного моторного масла в циклонном испарителе регенерационной установки, определены оптимальные параметры распылителя. Приведены результаты исследований по удалению топливных фракций из отработанных моторных масел.

Одним из способов уменьшения антропогенного воздействия человека на природную среду является регенерация отработанных и отбракованных моторных масел (ОММ) в установках с применением циклонных вакуум-термических испарителей (ЦВТИ). В дизеле рабочее моторное масло подвергается воздействию целого ряда физико-химических процессов, приводящих к изменению его эксплуатационных качеств, оказывающих большое влияние на надежность и долговечность работы двигателя внутреннего сгорания [1].

Работая в двигателе при высокой температуре и давлении, масло соприкасается с воздухом, продуктами неполного сгорания топлива, с конденсированными парами воды, с пылью, проникающей в ДВС, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их изнашивания. Изменяются его первоначальные качества, накапливаются различные продуктов загрязнений. Процесс старения масла в дизеле является комплексом сложных физико-химических процессов, среди которых выделяют маслообмен, окисление, срабатывание присадок и загрязнение [2, 3]. Кроме этого, большое влияние на процесс старения масла оказывают такие факторы, как обводнение и разжижение его топливом [2].

В разработанной регенерационной установке масла судовой (РУМС-1) удаляется вода и топливо из ОММ в полном объеме [4].

Целью лабораторных испытаний является определение фактических характеристик разработанной конструкции распыливающего устройства форсунки ЦВТИ установки (РУМС-1) [4]. Эффективность и стабильность работы разработанной конструкции ЦВТИ установки регенерации моторных масел в первую очередь определяется работой распылителя форсунки. Он должен обеспечивать:

– стабильный распыл масла с дисперсностью $\delta \leq 500$ мкм при относительно низком давлении масла перед распылителем $p_m = 1-2$ МПа и кинематической вязкости масла $\nu_{100} = 5-10$ мм²/с;

– возможность регулирования угла раскрытия факела в диапазоне $\alpha = 0-10$ град, факел должен иметь вид полого конуса.

В соответствии с указанными требованиями был разработан распылитель с соплом кольцевого типа (рисунок 1).

Для испытаний было изготовлено два типоразмера сопла распылителя с размером ще-

ли $\delta_1 = 0,1$ мм и $\delta_2 = 0,2$ мм. Определение эффективности работы распылителя производили на специально приготовленных смесях маловязкого масла с керосином, с целью обеспечения безопасности при проведении испытаний:

- смесь 1 с кинематической вязкостью $\nu_{20} = 5$ мм²/с;
- смесь 2 с кинематической вязкостью $\nu_{20} = 10$ мм²/с;

При испытаниях масло из распылителя распыливалось в стеклянную коническую колбу с объемом $V_k = 5$ дм³ и высотой $H_k = 0,3$ м. Характеристики факела определялись визуально. Углы раскрытия факела измерялись с применением раздвижных шаблонов.

Целью испытаний гидравлических характеристик сопла распылителя являлось определение фактических скоростей истечения масла из сопла, коэффициентов расхода сопла и соответствия последних расчетным, определенных с применением справочных данных. Результаты расчетов и средние по трем определениям, результаты испытаний гидравлических характеристик сопел распылителя сведены в таблицу 1.

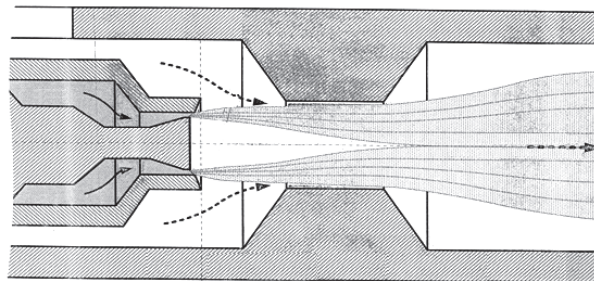


Рисунок 1 – Схема работы распылителя

Таблица 1 – Определение характеристик распылителя

Режим	Характеристика	Номер режим								
		1	2	1	2	1	2	1		
Режим испытаний	δ , мм	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2		
	Давление масла, МПа	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0		
	Вязкость масла, мм ² /с	4,92	10,1	4,92	10,1	4,92	10,1	4,92		
Характеристики факела	Угол раскрытия α , град.	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	2-3	3-5		
	Степень распыла, мм	0,2-0,3	0,2-0,5	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-1,0	1,0-1,5	0,2-0,5		
Расчетный режим	Число Рейнольдса,	1949	1951	2757	1331	3898	1902	5514		
	Скорость истечения, м/с	32,6	28,8	47,5	43,7	33,6	32,3	47,5		
	Коэффициент расхода	0,68	0,60	0,70	0,65	0,70	0,68	0,70		
	Расход масла, м ³ /с 10^{-6}	21,5	19,0	31,4	28,8	42,3	40,7	59,8		
Фактический режим работы сопла	Время истечения испытываемого объема, с	48,5	53,2	29,8	37,6	23,0	27,8	15,6		
	Расход масла, м ³ /с 10^{-6}	20,6	18,8	33,6	26,6	43,5	36,0	54,0		
	Коэффициент расхода	0,65	0,60	0,75	0,60	0,72	0,60	0,75		
	Скорость истечения, м/с	31,2	28,5	50,9	40,4	34,5	28,5	50,8		
	Качество распыла, визуально	хор.	хор.	хор.	хор.	удовл.	плох.*	хор.		

*-наличие сплошных пленок

Фактическая скорость истечения масла из сопла определялась отношением секундного объема расхода масла через сопло к площади выходного сечения сопла. Фактический коэффициент расхода сопла определялся как отношение фактического секундного расхода масла через сопло к расчетному расходу масла без учета гидравлических потерь в сопле. То есть испытания заключались в измерении объемных расходов масла через указанные выше сопла на рабочих режимах распылителя.

Расчетный расход масла через сопло определялся по формуле

$$Q = \mu f 10^3 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}},$$

где $(p_1 - p_2)$ – перепад давления на сопле, МПа;

ρ – плотность масла, кг/м³;

f – площадь выходного сечения сопла, м²;

μ – коэффициент расхода.

Испытания по определению диапазона регулирования угла раскрытия факела выполнены для сопла $\delta = 0,1$ мм, кинематической вязкости масла $\nu_{20} = 4,92$ мм²/с. Объем заливаемого

масла в циркуляционную емкость установки составляет 1 дм³. При испытаниях измерялся угол раскрытия факела при перемещении иглы сопла распылителя относительно корпуса, при этом определялись качество распыла и расход масла визуально. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение оптимальных характеристик распылителя

Угол раскрытия факела α , град.	Качество распыла		Время истечения, с	Расход масла, м ³ /с·10 ⁻⁶
	Дисперсность визуально, мм	Внешний вид факела		
0	–	–	51,0	19,6
1-3	0,2-0,5	распыл равномерный качественный	49,2	20,3
3-4	0,2-0,5	распыл качественный, туман	48,3	20,7
5-6	0,2-0,5	распыл качественный, туман	47,5	21,1
7-8	0,2-0,5	распыл качественный, туман	46,0	21,7
10	0,5-1,0	распыл удовлетворительный, капли	35,5	28,2
12	более 1	распыл плохой, нестабильный	25,8	38,7

В качестве основного сопла лабораторной установки при поведении лабораторных испытаний по результатам предыдущих испытаний выбрано сопло с $\delta = 0,1$ мм, как обеспечивающее качественный распыл масла на всех заданных режимах (см. таблицу 1).

Для испытаний использовалось масло с кинематической вязкостью $\nu_{20} = 4,92$ мм²/с. Масло распылялось в стеклянную колбу объемом $V_k = 2,5$ дм³ при давлении масла перед распылителем $p = 2$ МПа. Диаметр горловины выбранной колбы $d_k = 25$ мм, длина горловины $L_g = 105$ мм, что тождественно геометрическим характеристикам входного устройства испарителя установки: $d_{вх} = 20$ мм, а $L_{вх} = 90$ мм.

Испытания проводились визуальным наблюдением за факелом распыла в горловине колбы при изменении угла раскрытия факела. В результате испытаний в пределах расчетного для лабораторной установки угла раскрытия факела $\alpha = 7-8$ град отмечено касание внешней поверхностью факела стенок горловины, резкое ухудшение качества распыла. По результатам испытаний, оптимальным для лабораторной установки, при проведении испытаний принято сопло распылителя $\delta = 0,1$ мм при угле раскрытия факела $\alpha = 4-5$ град.

По результатам испытаний распылителя определено:

- конструкция распылителя с соплом кольцевого типа обеспечивает заданные технические характеристики;
- принятый коэффициент расхода сопла соответствует фактическому и данный метод расчета сопла может быть использован при проектировании промышленной установки регенерации масел;
- диапазон регулирования угла раскрытия факела при сохранении качественного распыла составляет от 2 до 10 град, при необходимости диапазон может быть увеличен.

Разработанная конструкция распылителя может быть принята за основу при проектировании промышленной установки регенерации моторных масел.

Определение режима отгонки из масла легких топливных фракций. Испытания предназначены для определения режима эффективного восстановления до рабочих значений температуры вспышки и вязкости моторного масла, разбавленного дизельным топливом, на ЦВТИ. Испытания выполнены в режиме циркуляции регенерируемого масла.

В качестве испытуемого (регенерируемого) масла, применялось моторное масло М10В₂(с), разбавленное дизельным топливом. Для испытаний было приготовлено две смеси: смесь 1 с содержанием дизельного топлива 5% и смесь 2 с содержанием дизельного топлива 2,5%, физико-химические характеристики которых, полученные в результате лабораторных анализов приведены в таблице 3.

При испытаниях применялся распылитель с соплом $\delta = 0,1$ мм, давление масла перед распылителем поддерживалось $p_m = 1,0 \pm 0,05$ МПа, угол раскрытия факела был установлен – $\alpha = 5 \pm 1$ град. Объем регенерируемого масла при проведении испытаний на всех режимах составлял $V_m = 2,0$ дм³.

Отгонка легких топливных фракций при проведении испытаний производилась при ступенчатом снижении давления (абсолютного) в камере испарения в три ступени: $p_{н1} = 0,06$ МПа; $p_{н2} = 0,03$ МПа; $p_{н3} = 0,015$ МПа. Последнее $p_{н3}$ – минимально допустимое

давление. При проведении испытаний для каждого сочетания температуры масла в испарителе и содержания топлива в масле определялось начало отгонки топливных фракций по появлению первых капель конденсата в конденсатосборнике. После чего давление в камере испарения со скоростью $\Delta p_n = 0,035-0,40$ МПа/мин последовательно снижалось до давления p_{n2} и p_{n3} .

Таблица 3 – Характеристики подготовленных смесей масла

Параметр	Масло М10В ₂ (с)	Дизельное топливо «Л»	Смесь 1	Смесь 2
Содержание топлива в масляной смеси, %	–	–	5	2,5
Плотность, кг/м ³	0,906	0,852	0,902	0,95
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	11,61	5,21*	8,97	10,12
Температура вспышки, °С	210	62	155	176
Содержание воды, %	отсутств.	отсутств.	отсутств.	отсутств.
Содержание механических примесей, %	отсутств.	отсутств.	отсутств.	отсутств.
Щелочное число, мг КОН/г	5,8	–	5,8	5,8
Водородный показатель, рН	9,0	–	9,0	9,0

*-вязкость при 20 °С

Работа испарителя при давлении p_{n1} осуществлялась до момента прекращения поступления конденсата в конденсатосборник. В период работы на p_n фиксировались параметры работы установки. Измерялись объемы конденсата, поступившего в тарированный конденсатор – сборник и время работы испарителя на давлении p_{n1} . Затем осуществлялся перевод режима работы испарителя на следующую ступень давления p_{n2} , производились соответствующие измерения и так далее.

После завершения каждого цикла испытаний выполнялось определение физико-химических показателей испытуемого масла: температура вспышки, кинематическая вязкость, плотность, щелочное число и водородный показатель. На каждом цикле проведено по три испытания, средние результаты определений приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты удаления из смесей легких топливных фракций

Смесь	Температура вспышки, °С	Вязкость кинематическая, мм ² /с	Плотность, кг/м ³
Масло	210	11,6	0,906
Смесь 1	155	8,97	0,902
Смесь 2	176	10,12	0,905
Регенерированная смесь 1	196	10,10	0,904
Регенерированная смесь 1*	200	11,22	0,905
Регенерированная смесь 2	198	10,59	0,905
Регенерированная смесь 2*	205	11,30	0,905

*-двухкратная циркуляция

Заключение по результатам определений режимов отгонки топливных фракций. Испытания показали достаточную эффективность разработанного циклонного вакуум-термического испарителя для удаления из масла легких топливных фракций.

При испытаниях (таблица 4) за двухкратную циркуляцию из масла удалялось более 50% разбавленного в нем дизельного топлива, преимущественно легких фракций. При этом достигнуто повышение температуры вспышки с 155 до 200 °С и повышение кинематической вязкости масла с 8,97 до 11,22 мм²/с при 100 °С. То есть моторное масло из разряда непригодного к использованию в дизелях после вакуумно-термической обработки в циклонном испарителе перешло в разряд пригодного к использованию.

В результате испытаний определен рабочий диапазон режима отгонки легких дизельных фракций:

– температура масла в камере испарения 140-170 °С, причем при повышении температуры масла в камере испарения со 140 °С до 170 °С, скорость отгонки легких фракций возрастает примерно в два раза;

– давление в камере испарения абсолютное $p_n = 0,03-0,015$ МПа.

Даже без оптимизации конструктивных и геометрических характеристик элементов ис-

парителя на лабораторной установке в нормальных режимах работы осуществляется практически полное восстановление браковочных показателей масла, обусловленных наличием фракций топлива в моторном масле. Причем современные средства очистки моторных масел, установленные на судах бессильны при данных загрязнениях масла.

В результате испытаний определены расчетные режимы работы испарителя и обслуживающих ЦВТИ узлов и систем, а также конструктивные характеристики для проектирования опытно-промышленной установки регенерации моторных масел, определена возможность работы ЦВТИ в условиях эксплуатации судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. -М.: Машиностроение, 1983. -148 с.
- 2 Повышение долговечности судовых дизелей / В.А. Сомов, Б.С. Агеев, В.В. Чурсин, Ю.Л. Щепельский. -М.: Транспорт, 1983. -167 с.
- 3 Сурин, С.А. Отработанные масла: вторая жизнь / С.А. Сурин // Мир нефтепродуктов. -2000. -№2. -С. 22-24.
- 4 Тарасов, В.В. Принципиальная схема установки по регенерации отработанного моторного масла в судовых условиях / В.В. Тарасов, П.В. Кулямов // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 175-179.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: форсунка циклонного испарителя, регенерация отработанных масел, установка по регенерации, топливные фракции

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Тарасов Валерий Васильевич, 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»

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ПРИ ОЧИСТКЕ МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Г.П. Кича, Н.Н. Таращан

OPTIMIZATION OF OPERATING PARAMETERS OF THE COMBINED FILTER WITH CLEAN ENGINE OIL IN MARINE DIESEL ENGINES

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

G.P. Kicha, N.N. Tarashcan

The results of optimization of main specifications of the combined filter by economic criterion are resulted during engine oil water purification in marine diesel engines are set out. Relationships for reaching resource-recovery oil utilization to choose the nominal oil fineness and the intensity of oil compound filter cleaning subject to boosting, the quality and performance of the applied oils and greases. Optimization results on economic criterion of main parameters of oil compound filter during oil purification in marine diesel engines.

Keywords: filter optimization, modeling, filtering, combined oil treatment, lubrication system

Приведены результаты оптимизации по экономическому критерию основных параметров комбинированного фильтра при очистке моторного масла в судовых дизелях. Предложены зависимости для достижения ресурсосберегающего маслоиспользования по выбору номинальной тонкости отсева и интенсивности очистки масляного комбинированного фильтра в зависимости от форсировки двигателя, качества и эксплуатационных свойств применяемых топлив и смазочных материалов.

В последние годы очистка моторного масла (ММ) в судовых дизелях комбинированным фильтрованием получила широкое развитие [1, 2]. Это обусловлено при ее применении возможностью за счет полнопоточного фильтрования обеспечить надежную защиту трибосопряжений ДВС от попадания в них опасных частиц механических примесей с размерами, превышающими толщину масляного клина смазки в парах трения. В комбинированных масляных фильтрах (ФМК) фильтрующие элементы (ФЭ), подключаемые по частичнопоточной схеме, обеспечивают в дизелях глубокую очистку ММ от мелкодисперсных нерастворимых продуктов (НРП), катализирующих окисление масла и способствующих нагарообразованию в двигателе.

В результате моделирования эффективности ФМК [3-5] определены условия и параметры его функционирования, при которых изнашивание дизеля минимально, а дальнейшее увеличение интенсивности очистки масла не приводит к значительному снижению концентрации в нем НРП. Проведенная в исследованиях [3, 4] оптимизация ФМК по критерию изнашивания не учитывает расходы на ФЭ и обслуживание системы смазки ДВС, которые влияют на технико-экономические показатели двигателя.

В данной статье рассматривается более универсальный подход к выбору основных ра-

бочих параметров комбинированного фильтра с оптимизацией их значений по экономическому критерию. Оптимизация осуществлена на базе результатов, приведенных в работе [4], которые показывают влияние номинальной тонкости Δ_H полнопоточного фильтрования масла и удельной, приходящейся на единицу загрязнения масла НРП, интенсивности g_ϕ его очистки частичнопоточными ФЭ, на изнашивание двигателя

$$I = 285,2 - 12,77\Delta_H - 1,057g_\phi + 0,03567\Delta_H g_\phi + 0,2204\Delta_H^2 + 0,0163g_\phi^2, \quad (1)$$

здесь I интенсивность изнашивания дизеля (%), определяемая по интегральному показателю – скорости изнашивания цилиндрических втулок поршневых колец и вкладышей мотылевых подшипников в безразмерном виде, приведенных относительно базы отсчета по фильтру ($\Delta_H = 30$ мкм, $g_\phi = 40$ отн. ед.) и объединенных при одинаковых значениях коэффициентов весомости этого показателя каждой группы деталей.

Выражение (1) в исследовании эффективности ФМК дополнено зависимостью срока службы $T_{\phi\phi}$ полнопоточных ФЭ от рассматриваемых параметров Δ_H и g_ϕ . Для идентификации этого показателя использовалась приведенная в работе [4] матрица планирования эксперимента, та же что и при получении уравнения (1). Привязка срока службы полнопоточных ФЭ для предоставления его в безразмерном виде (%) осуществлялось к одинаковой с показателем I базой. Окончательное выражение для функции отклика $T_{\phi\phi}$ имеет вид

$$T_{\phi\phi} = 48,66 - 1,976\Delta_H + 1,061g_\phi + 0,0208\Delta_H g_\phi + 0,06756\Delta_H^2 - 0,011g_\phi^2, \quad (2)$$

Полученные при испытании двигателя 2Ч10,5/13 с ФМК модели (1) и (2) достраивались для возможности учета влияния на рассматриваемые функции отклика форсировки дизеля, качества и эксплуатационных свойств применяемых топлив и ММ.

Проведенный анализ показал существенное влияние на выбор оптимальных параметров Δ_H и g_ϕ комбинированного фильтра форсировки дизеля. Этот показатель задавался средним эффективным давлением p_{me} на номинальном режиме работы двигателя. Значительная роль форсировки дизеля на формирование I и $T_{\phi\phi}$ доказана ранее [6].

В судовом эксперименте качество топлива задавали показателем K_T , который представляет средневзвешенную величину от его зольности, содержания серы, фракционного и группового составов, заданных относительно базового топлива [6]. Коэффициенты весомости каждого показателя при формировании приняты одинаковыми.

Эксплуатационные свойства масла M задавались рангом (-1), который обобщенно характеризовал моторные свойства масел М10Г₂(цс) и М14Г₂(цс), выпускаемых по ГОСТ 12337-84. Ранг (0) соответствовал маслам М10Д₂(цл20) и М14Д₂(цл20), а его значение (+1) – М14Д₂(цл30).

Уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1. Математическая модель рассматриваемых процессов, как это было доказано исследованиями [6], может быть идентифицирована уравнением степенного вида (позиномом). Поэтому для его реализации использована линейная часть полиномов, в которых кодированные факторы представлены логарифмами принятых параметров [7].

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Фактор	Обозначение		Уровень			Интервал
	натуральное	кодовое	-1	0	+1	
Форсировка дизеля, МПа	p_{me}	x_1	0,5	1,25	2,0	0,75
Качество топлива, отн. ед.	K_T	x_2	0,2	1,1	2,0	0,9
Качество масла, ранг	M	x_3	-1	0	+1	1

Для оценки коэффициентов полинома проведен полный факторный эксперимент типа 2³. Матрица планирования и результаты опыта представлены таблице 2. Эксперимент проводился на дизеле Vasa20 (4ЧН20/28) по методике [6]. Выбор этого двигателя ($P_{me} = 1000$ кВт, $n = 10,6$ с⁻¹, масса ММ в картере $G_0 = 500$ кг) был обусловлен возможностью полной реализации параметров системы «дизель-эксплуатация-топливо-масло-очистка» (ДЭТМО), представленных в таблице 1.

После обработки результатов судового эксперимента, адекватность которого доказана по различным критериям, полученные зависимости были объединены с данными лабора-

торного эксперимента [4] методом узловых точек в центре плана судовых испытаний ($\Delta_H = 30$ мкм, $g_\varphi = 40$, $p_{me} = 1,25$ МПа, $K_T = 1,1$, $M = 0$).

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты опытов при достройке модели ДЭТМО

№ п/п	b_0	p_{me} b_1	K_T b_2	M b_3	I	\hat{I}	$\ln I$	$\ln \hat{I}$	$T_{фз}$	$\hat{T}_{фз}$	$\ln \hat{T}_{фз}$	$\ln \hat{T}_{фз}$
1	+	–	–	–	32	36	3,466	3,583	202	184	5,308	5,216
2	+	+	–	–	67	82	4,205	4,407	121	140	4,796	4,940
3	+	–	+	–	97	105	4,575	4,654	77	74	4,344	4,307
4	+	+	+	–	201	182	5,303	5,204	46	43	3,829	3,761
5	+	–	–	+	23	26	3,135	3,258	408	391	6,011	5,969
6	+	+	–	+	48	54	3,871	3,989	244	271	5,497	5,602
7	+	–	+	+	70	65	4,248	4,174	155	195	5,043	5,275
8	+	+	+	+	145	127	4,977	4,844	93	87	4,533	4,466
$b_{И}$	4,223	0,3665	0,5532	-0,1647	$s_{EI}^2 = \sum_{u=1}^3 (\ln I_u - \ln \bar{I}_u)^2 = 0,008126 ;$ $s_{ET}^2 = \sum_{u=1}^3 (\ln T_{фзu} - \ln \bar{T}_{фзu})^2 = 0,008128 ;$							
b_T	4,920	-0,2564	-0,4829	0,3509	$s_{RI} = \sum_{j=1}^8 (\ln I_j - \ln \hat{I}_j)^2 = 0,1068 ;$ $s_{RT} = \sum_{j=1}^8 (\ln T_{фзj} - \ln \hat{T}_{фзj})^2 = 0,1063 .$							

При представлении факторов в натуральном виде и коррекции по результатам эксплуатационных испытаний уравнений (1) и (2) для учета взаимодействия Δ_H и g_φ с вновь вводимыми факторами система ДЭТМО модель ФМК может быть идентифицирована следующими выражениями

$$I = \left(286,1 - 10,09\Delta_H - 3,134g_\varphi - 17,88p_{me} + 40,74K_T - 50,25M + 0,0303\Delta_H g_\varphi + \right. \\ \left. + 0,596\Delta_H p_{me} - 1,358\Delta_H K_T + 1,675\Delta_H M + 0,1873\Delta_H^2 + 0,01386g_\varphi^2 \right) p_{me}^{0,53} K_T^{0,48} 1,18^{-M}; \quad (3)$$

$$T_{фз} = (54,92 - 2,233\Delta_H + 1,199g_\varphi + 0,0235\Delta_H g_\varphi + 0,07634\Delta_H^2 - 0,01243g_\varphi^2) p_{me}^{-0,37} K_T^{-0,42} 1,42^M. \quad (4)$$

Для оценки результативности и повышения эффективности функционирования комбинированного фильтра в составе системы ДЭТМО вводится экономический критерий Э, который тождественен эксплуатационным расходам, обуславливаемым эффективностью маслоочистителей. Обоснование и методика его формирования приведена в работе [6]. В ней показано, что статьи отдельных эксплуатационных расходов при функционировании дизеля хорошо коррелируют с показателями I и $T_{фз}$, поэтому зависимости (3) и (4) можно объединить и использовать для оптимизации состава и параметров комбинированного фильтра.

Условные эксплуатационные расходы дизеля Э, на которые влияет эффективность комбинированного маслоочистителя, можно представить зависимостью

$$\mathcal{E} = A_I I + B_T T_{фз}^{-1} 10^4, \quad (5)$$

где A_I – коэффициент, обуславливающий расходы на СЗЧ, моточистку и другие коррелирующие с износом (показателем I) дизеля затраты;

B_T – коэффициент, определяющий затраты на ФЭ и масло, связанные с эффективностью ФМК и системы смазки в целом, хорошо коррелирующие с $T_{фз}$.

Обобщение результатов эксплуатационных испытаний маслоочистительного комплекса показала, что для комбинированного фильтрования можно принять $A_I = 0,5$, $B_T = 0,5$. Базой отчета ($\mathcal{E} = 100\%$) принята система ДЭТМО со значениями факторов на основном уровне, при котором обеспечивается функционирование дизеля с ресурсными и экономическими показателями, удовлетворяющими требованиям ГОСТ 10448-80.

После аппроксимации второго слагаемого с обратно пропорциональной зависимостью расходов по маслу от $T_{фз}$ в выражении (5) с помощью уравнения (4) формула для расчета Э может быть представлена следующим образом

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = A_{\text{И}} \left(\begin{aligned} &286,1 - 10,09\Delta_{\text{H}} - 3,134g_{\varphi} - 17,88p_{\text{ме}} - 40,74K_{\text{T}} - 50,25M + 0,0303\Delta_{\text{H}}g_{\varphi} + \\ &+ 0,596\Delta_{\text{H}}p_{\text{ме}} - 1,358\Delta_{\text{H}}K_{\text{T}} + 1,675\Delta_{\text{H}}M + 0,1871\Delta_{\text{H}}^2 + 0,0138g_{\varphi}^2 \end{aligned} \right) \rho_{\text{ме}}^{0,53} K_{\text{T}}^{0,48} 1,18^{-M} + \\ + B_{\text{T}} \left(339,3 - 5,984\Delta_{\text{H}} - 4,292g_{\varphi} + 0,0405\Delta_{\text{H}}g_{\varphi} + 0,0154\Delta_{\text{H}}^2 + 0,0237g_{\varphi}^2 \right) \rho_{\text{ме}}^{0,37} K_{\text{T}}^{0,42} 1,42^{-M}. \end{aligned} \quad (6)$$

Взятие производных $d\mathcal{E}/d\Delta_{\text{H}}$ и $d\mathcal{E}/dg_{\varphi}$ в уравнении (6) и приравнивание их нулю позволило получить следующие выражения для нахождения оптимальных параметров ФМК

$$\Delta_{\text{opt}} = \frac{10,09 + 5,984B_{\mathcal{E}} - (0,0303 + 0,0405B_{\mathcal{E}})g_{\varphi} - 0,596p_{\text{ме}} + 1,358K_{\text{T}} - 1,675M}{0,3742 + 0,0308B_{\mathcal{E}}}; \quad (7)$$

$$g_{\text{max}} = \frac{3,134 + 4,292B_{\mathcal{E}} - (0,0303 + 0,0406B_{\mathcal{E}})\Delta_{\text{H}}}{0,0276 + 0,0474B_{\mathcal{E}}}, \quad (8)$$

где
$$B_{\mathcal{E}} = \frac{B_{\text{T}}}{A_{\text{И}}} \rho_{\text{ме}}^{-0,16} K_{\text{T}}^{-0,06} 1,2^{-M}.$$

Если принять $B_{\text{T}} = A_{\text{И}}$ и $B_{\mathcal{E}} = \text{Const} = 0,96$, что может привести к погрешности расчета Δ_{opt} и g_{max} 12 %, то зависимости (6)-(8) упрощаются. В этом случае условный показатель экономической эффективности ФМК можно рассчитывать по формуле

$$\mathcal{E} = \left(\begin{aligned} &305,8 - 7,916\Delta_{\text{H}}^2 - 3,626g_{\varphi} - 8,94p_{\text{ме}} + 20,37K_{\text{T}} - 25,12M + 0,0346\Delta_{\text{H}}g_{\varphi} + \\ &+ 0,298\Delta_{\text{H}}p_{\text{ме}} - 0,679\Delta_{\text{H}}K_{\text{T}} + 0,8375\Delta_{\text{H}}M + 0,101\Delta_{\text{H}}^2 + 0,0183g_{\varphi}^2 \end{aligned} \right) \rho_{\text{ме}}^{0,53} K_{\text{T}}^{0,48} 1,18^{-M}. \quad (9)$$

Выражения для определения оптимальных параметров комбинированного фильтрования в таком случае принимают вид

$$\Delta_{\text{opt}} = 39,19 - 0,1713g_{\varphi} - 1,475p_{\text{ме}} + 3,3612K_{\text{T}} - 4,146M; \quad (10)$$

$$g_{\text{max}} = 99,07 - 0,95\Delta_{\text{H}}. \quad (11)$$

Определяемый по (8) и (11) показатель g_{φ} характеризует максимальное значение интенсивности очистки частичнопоточных ФЭ. Дальнейшее ее повышение не дает экономического эффекта, так как характеризуется не снижением, а стабилизацией изнашивания дизеля. При этом расходы на ФЭ при комбинированном фильтровании растут.

Анализ выражения (7) показывает, что дополнительное фильтрование ММ по частичнопоточной схеме очистки способствует снижению показателя Δ_{opt} полнопоточных ФЭ. В диапазоне варьирования g_{φ} от 0 до 80 оно при основном уровне остальных факторов $\delta\Delta_{\text{opt}}$ составляет 13,7 мкм. Оптимальное значение Δ_{H} при среднем значении рассматриваемых факторов ровно 34,2 мкм. Если факторы находятся на облегчающих или утяжеляющих функционирование системы смазки уровнях Δ_{opt} соответствует 43,3 и 25,1 мкм (рисунок 1).

Ухудшение качества топлива способствует повышению показателя Δ_{opt} . В рассматриваемом диапазоне варьирования K_{T} изменение оптимального значения номинальной тонкости отсева при значениях остальных факторов на основном уровне соответствует 8,3 мкм. Дрейф этого показателя составляет чуть более 60 % изменения Δ_{opt} при варьировании g_{φ} .

Форсировка дизеля особого влияния на изменение Δ_{opt} не оказывает. Хотя экспериментом установлено снижение показателя Δ_{opt} 2,2 мкм при форсировке дизеля по среднему эффективному давлению от 0,5 до 2 МПа. Такое явление объясняется возрастанием требований к качеству очистки ММ при увеличении механической напряженности работы трибосопряжений форсированного дизеля.

Смещение Δ_{opt} полнопоточного фильтра в сторону понижения при дополнительном фильтровании масла частичнопоточными ФЭ обусловлено уменьшением грязевой нагрузки на него. При этом в результате одновременного снижения скорости изнашивания дизеля и роста $T_{\text{фэ}}$ оптимальное значение Δ_{H} смещается в сторону уменьшения значения этого показателя.

Ухудшение качества топлива способствует более интенсивному поступлению в масло НРП. При этом возрастает абразивность и снижается дисперсность нерастворимой фазы загрязнений. Эти факторы способствуют интенсификации изнашивания деталей ДВС и снижают срок службы ФЭ. Реакция ФМК на эти явления, как показали результаты моделирования, проявляется в повышении значений Δ_{opt} .

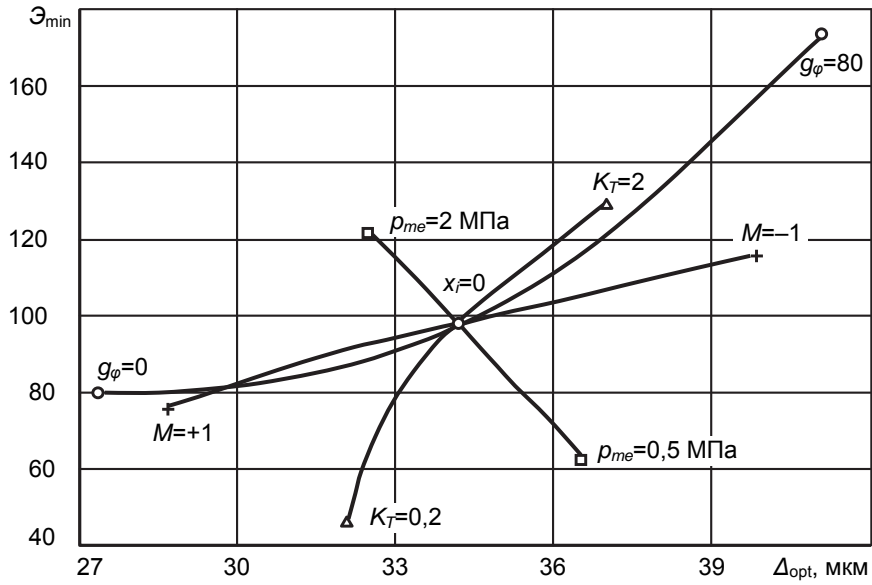


Рисунок 1 – Зависимость оптимальной тонкости отсева ФМК и \mathcal{E}_{\min} от интенсивности частичнопоточного фильтрования, форсировки дизеля, качества применяемого топлива и масла

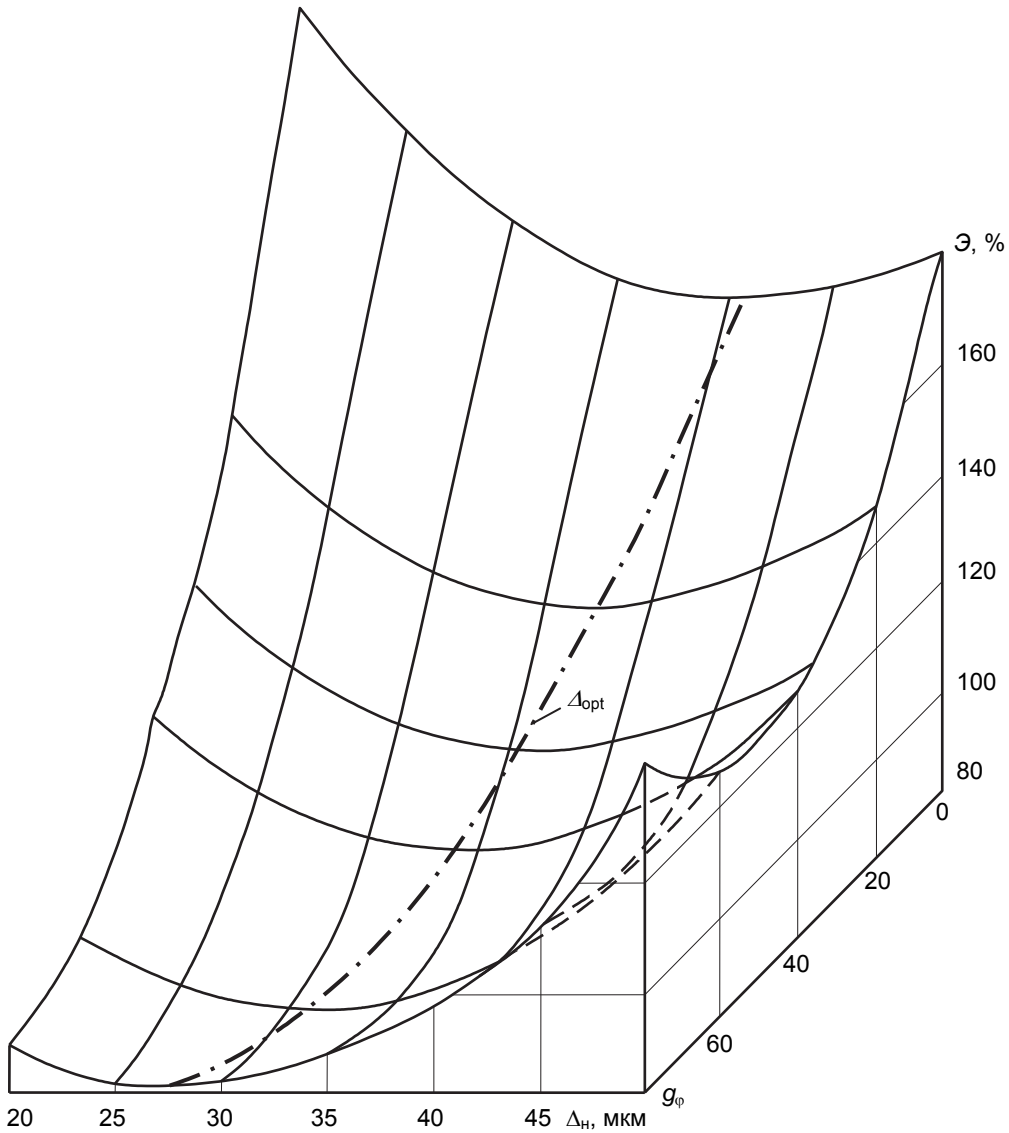


Рисунок 2 – Поверхность функции отклика \mathcal{E} комбинированного маслоочистительного комплекса ДВС

Поверхность функции отклика \mathcal{E} в зависимости от факторов Δ_H и g_φ иллюстрирует рисунок 2. Она приведена для дизеля с $p_{me} = 1,25$ МПа при его работе на масле М14Д₂(цл20) ($M = 0$) и сжигании флотского мазута Ф-12 ($K_T = 1,1$). Поверхность в координатах $\mathcal{E}(\Delta_H; g_\varphi)$ построена по уравнению (6). Она имеет форму вогнутой чаши. Наибольшее значение \mathcal{E} наблюдается по координатным углам за исключением точки с параметрами $\Delta_H = 20$ мкм и $g_\varphi = 80$.

Наибольшее изменение \mathcal{E} в поле факторного пространства наблюдается при $\Delta_H = 20$ мкм при увеличении g_φ от 0 до 80. Для $\Delta_H = 50$ мкм в этом же диапазоне изменения интенсивности очистки \mathcal{E}_{min} наблюдается при $g_\varphi = 52$.

Зона наиболее выгодных режимов работы ФМК находится в диапазоне $\Delta_H = 27,3-41$ мкм. С увеличением g_φ , что благоприятно сказывается на \mathcal{E} , значение показателя Δ_{opt} уменьшается, то есть требуемая для эффективной очистки ММ номинальная тонкость отсева полнопоточных ФЭ должна возрастать. Этому процессу способствует снижение грязевой нагрузки на полнопоточный ФЭ, что наблюдается при повышении g_φ .

Выводы:

– Экспериментальным моделированием эффективности комбинированного фильтрования ММ в судовом дизеле выявлена зависимость скорости его изнашивания и срока службы полнопоточных ФЭ от номинальной тонкости отсева их и интенсивности глубокой очистки масла от НРП частичнопоточным фильтрованием. Судовыми испытаниями эта зависимость масштабирована на условия применения комбинированного маслоочистительного комплекса в дизелях высокой форсировки при использовании топлив и ММ разного качества.

– Объединением показателей I и $T_{фэ}$ в единый экономический критерий \mathcal{E} осуществлена оптимизация ФМК по номинальной тонкости отсева Δ_{opt} при фильтровании полного потока масла в зависимости от интенсивности его очистки частичнопоточными ФЭ, форсировки дизеля, качества применяемых топлив и масел. Выявленная оптимальная тонкость отсева Δ_{opt} находится в диапазоне 20-45 мкм и при показателях g_φ, p_{me}, K_T и M на среднем уровне соответствует 34,2 мкм. Утяжеление условий функционирования ФМК способствует росту Δ_{opt} . При уменьшении грязевой нагрузки на полнопоточные ФЭ оптимальная величина Δ_H снижается.

– На основании проведенных экспериментов получена зависимость максимальной интенсивности $g_{\varphi max}$ очистки масла частичнопоточными ФЭ от факторов Δ_H, p_{me}, K_T и M , при которой влияние дополнительного фильтрования на показатель \mathcal{E} ослабевает и дальнейшее увеличение g_φ нерационально. Предложено этот показатель ограничивать из условий достижения браковочного показателя по содержанию НРП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Таращан, Н.Н. Тонкая очистка моторного масла в судовых дизелях комбинированным фильтрованием / Н.Н. Таращан, А.В. Голенищев // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2008. -№1. -С. 218-223.
- 2 Таращан, Н.Н. Идентификация области рационального использования комбинированной тонкой очистки моторного масла в судовых дизелях / Н.Н. Таращан, Г.П. Кича // Вестн. морск. гос. ун-та. -Вып. 52. -Владивосток, 2012. -С. 46-54.
- 3 Кича, Г.П. Стохастическая капиллярная модель очистки моторного масла в судовых дизелях фильтрованием / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Надежкин // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 91-97.
- 4 Таращан, Н.Н. Моделирование в дизеле эффективности очистки моторного масла комбинированным фильтрованием / Н.Н. Таращан // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2011. -№1. -С. 191-196.
- 5 Таращан, Н.Н. Оптимизация очистки моторного масла в судовых дизелях комбинированным фильтрованием / Н.Н. Таращан // Мат. девятой междунар. науч.-практ. конф.: Пробл. трансп. Дальн. Вост., 5-7 октября 2011 г. -Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -С. 159-161.
- 6 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. -Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.
- 7 Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. -М.: Машиностроение, 1981. -184 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *оптимизация фильтра, моделирование, фильтрование, комбинированная очистка масла, система смазки*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Кича Геннадий Петрович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
Таращан Николай Николаевич, 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»*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА АБРАЗИВООПАСНЫХ ПРОДУКТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОТАЮЩИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

М.Е. Старченко

IDENTIFICATION OF THE ABRASIVE PARTICLE COMPOSITION OF CONTAMINATION PRODUCT RUNNING OIL OF MARINE DIESEL ENGINES

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
M.E. Starchenko

Method of determination of the most abrasive particles coarsely dispersed contamination in oil of marine diesels engines is presents. The main problems connected research phase dispersed contamination in engine oils of marine diesel engines.

Keywords: abrasive wear, engine oil, particle contamination

Представлена разработанная методика определения наиболее абразивоопасных частиц глубокодисперсной фазы загрязнения в работающем моторном масле судовых дизелей. Описаны основные проблемы, связанные с исследованием грубодисперсной фазы загрязнения в моторных маслах судовых дизелей.

Обеспечение ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей достигается целым комплексом научно-технических мероприятий. Немаловажным здесь является разработка эффективных способов снижения трения и изнашивания в трущихся сопряжениях судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС). Одним из преобладающих видов изнашивания деталей трибоузла «шейка коленчатого вала-вкладыши подшипника» является абразивный [1]. Он определяется количеством и распределением по размерам частиц грубодисперсной фазы загрязнения (ГДФ). Анализ морфологии частиц ГДФ, представляющих наибольшую абразивоопасность затруднен. Одной из причин этого является отсутствие апробированных методик оценки дисперсного состава частиц загрязнения современных высокофорсированных СДВС, работающих, в том числе, на топливах углубленной переработки нефтепродуктов. Существующие методики (ГОСТ ИСО 4407:2006; ГОСТ ИСО 4406:1999) ориентированы на гидравлические и другие смазочные материалы, имеющие невысокий уровень содержания механических примесей, в то время как степень загрязненности работающих моторных масел (РММ) во много раз выше [1].

Настоящая работа посвящена разработке методики идентификации дисперсного состава абразивоопасных частиц загрязнения РММ и исследованию влияния различных эксплуатационных факторов, определяющих функцию распределения частиц ГДФ.

Существующая методика оценки степени загрязненности гидравлических масел ГОСТ ИСО 4407:2006 заключается в том, что известный объем гидравлической жидкости (100 мл) фильтруют в вакууме через мембранный фильтр, с размером пор менее 1,5 мкм для отделения загрязняющих веществ от жидкости. Частицы исследуют под микроскопом в проходящем или падающем свете после того, как мембранный фильтр станет прозрачным, для определения размера и подсчета загрязняющих частиц по их наибольшему размеру [2]. Из-за высокой степени загрязненности РММ, исследовать его как предписывает методика стандарта ИСО не возможно, потому как на начальных этапах процесса фильтрования поры фильтра оказываются забиты продуктами загрязнения РММ. Следовательно, встает вопрос о такой величине объема навески образца РММ, с таким количеством частиц загрязнения, при фильтрации которого, они бы равномерно, не слипаясь друг с другом, распределялись по площади фильтра. Кроме того, для обеспечения репрезентативности выборки при подсчете и определении размера частиц на поверхности мембранного фильтра на всех полях зрения микроскопа должно набраться не менее 150 частиц загрязнения, что обеспечивает суммарную погрешность определения не более 8% [2]. Для получения статистических характеристик с более высоким уровнем достоверности число частиц загрязнений должно быть значительно выше и составлять более 500 штук [3].

Кроме того при фильтрации РММ, в отличие от других смазочных материалов на поверхности фильтра остается темная пленка, покрывающая всю его площадь (рисунок 1а). Идентифицировать отфильтрованные частицы загрязнения при этом становится практиче-

ски не возможно. Такое явление объясняется наличием в РММ большого количества продуктов окислительной полимеризации и продуктов не полного сгорания топлива. Растворить пленку можно с помощью спирто-толуольного раствора, используемого в качестве средства для промывки фильтра (рисунок 1б).

Другой особенностью, вносящей погрешность при распознавании бинарных изображений отфильтрованных частиц загрязнений РММ, является недостаточная глубина резкости изображения. Во многих случаях при съёмке под микроскопом поверхность мембранного фильтра незначительно изгибается (несколько мкм), что приводит к частичной расфокусировке и смазыванию изображения частиц загрязнения при фотографировании (рисунок 2а). Современные специализированные программы распознавания и обработки изображений, при работе со смазанными и недостаточно контрастными снимками, часто выдают не корректный результат. Устранить эти искажения возможно при использовании технологии послойной микроскопии, реализованной в программном комплексе Helicon Focus [4]. Это программа, которая создает одно полностью сфокусированное и контрастное изображение из нескольких кадров снятых при разных фокусных расстояниях [4]. Обычно, для этого использовалось 2-3 снимка одной и той же области с разной глубиной резкости (рисунок 2б).

Обработка полученных цифровых изображений проводилась в программе ImageJ [5], которая позволяет произвести морфологический анализ с определением различных параметров частиц продуктов загрязнения, таких как: минимальный, максимальный и средний размер, периметр, площадь и другие. Программа осуществляет перевод изображения в бинарную форму с фиксированной долей плотности.

Однако достаточно часто смолистые отложения, оставшиеся на фильтре, имеют сходные с частицами загрязнения параметры яркости и контрастности. В этих случаях программа так же считает такие «шумы» искомыми частицами (рисунок 3б). Для максимального уменьшения возможности такой ошибки разработан алгоритм фрагментации оцифрованного изображения на 6 или 15 равных частей, при этом каждый фрагмент обрабатывается как самостоятельный снимок с автоматическим изменением масштабирования.

Расчет количества частиц загрязне-

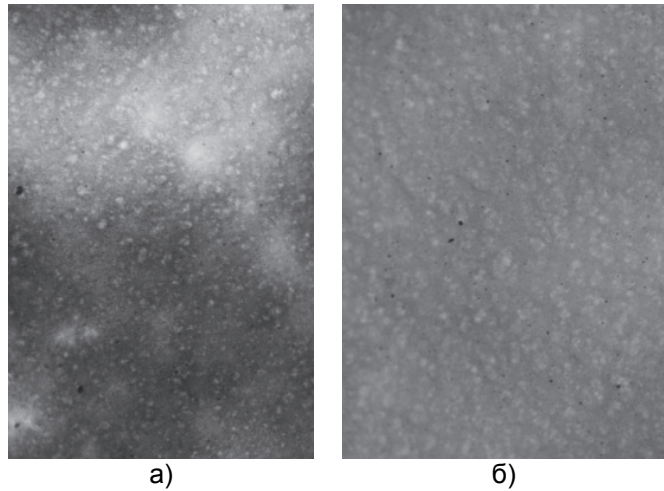


Рисунок 1 – Загрязненный мембранный фильтр: а) до промывки; б) после промывки

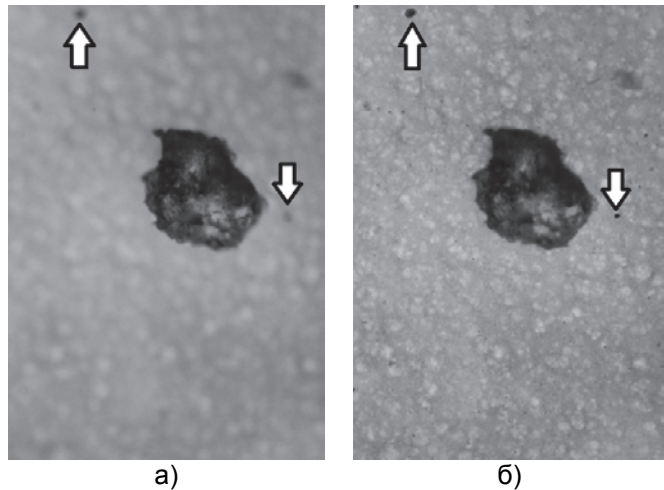


Рисунок 2 – Микрофотография мембранного фильтра: а) расфокусированная; б) обработанная в Helicon Focus

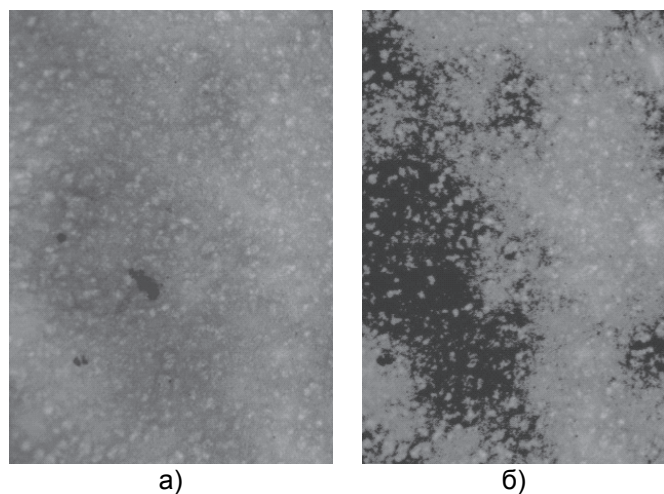


Рисунок 3 – Распознавание частиц загрязнения на микрофотографии: а) нет ошибки; б) есть ошибка

ния по заданным диапазонам, перерасчет этого количества на единицу объема РММ (1 мл) и построение графиков распределения, производится с помощью приложения Microsoft Excel.

Характеристики исследуемых масел приведены в таблице 1.

Идентифицированные частицы распределялись по интервалам в зависимости от своего диаметра. Границы интервалов были следующие: 3-5 мкм, 5-7 мкм, 7-10 мкм, 10-15 мкм, 15-30 мкм, от 30 мкм.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики исследуемых масел

Параметр	Методика испытания	т/х «Confident» главный двигатель масло TARO 30 DP 40	т/х «Художник Н. Рерих» дизель-генератор №3 масло М14Г ₂ (цс)
Время работы масла, ч		500	1552
Плотность при 20 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900-85	917,7	899,5
Вязкость при 100 °С, сСт	ГОСТ 33-2000	16,71	12,11
Механические примеси, %	ГОСТ 6370-83	2,211	0,250

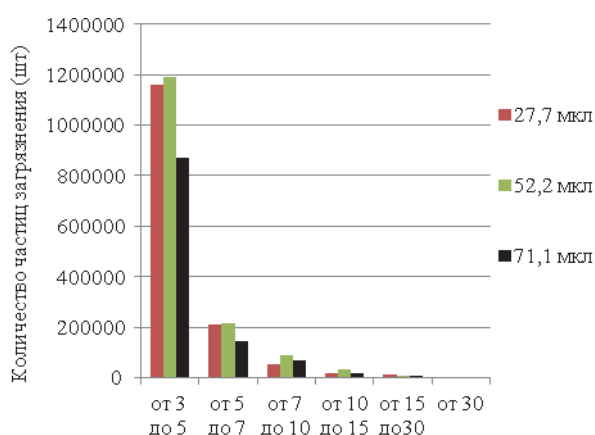


Рисунок 4 – Гистограмма распределения частиц загрязнения в 1 мл по размерам для РММ главного двигателя т/х «Confident», эксплуатируемого на тяжелом топливе

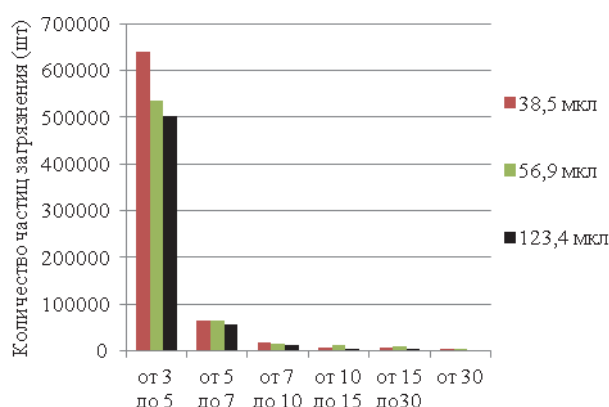


Рисунок 5 – Гистограмма распределения частиц загрязнения в 1 мл РММ по размерам для дизель-генератора т/х «Художник Н. Рерих», эксплуатируемого на дистиллятном топливе

На рисунке 4 видно, что при выборе навески объемом более 50 мкл, в интервале 3-5 мкм, для РММ из СДВС, эксплуатируемого на тяжелом топливе, наблюдается ошибка в расчете распределения частиц загрязнения. Это связано с тем, что у навески РММ с объемом 71 мкл, оказывается слишком большой уровень механических примесей. По этому, для работающих на тяжелом топливе РММ, объем навески должен находиться в диапазоне 30–50 мкл.

В то же время на рисунке 5 видно, что при выборе навески менее 50 мкл, для РММ из СДВС, эксплуатируемого на дистиллятном топливе, в интервале 3-5 мкм, так же наблюдается ошибка. В данном случае, причиной этому является незначительный объем статистической выборки частиц загрязнения. Для таких РММ репрезентативность выборки достигается при выборе навески в диапазоне 60-100 мкл.

Выводы:

– Разработана методика идентификации дисперсного состава абразивоопасных продуктов загрязнения РММ СДВС, позволяющая получать достоверные статистические характеристики ГДФ при различных параметрах РММ.

– Установлено, что для РММ СДВС, эксплуатируемых на дистиллятных топливах репрезентативность выборки и получение надежных статистических характеристик достигается при объеме навески 60-100 мкл, а если СДВС работает на тяжелом топливе достоверные статистические результаты достигаются, если навеска РММ составляет 30-50 мкл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.

- 2 ГОСТ ИСО 4407-2006. Чистота промышленная. Определение загрязнения жидкости методом счета частиц с помощью оптического микроскопа [Текст]; -Введ: 2008-03-01. -М.: Стандартиформ, 2007. -14 с.
- 3 Соколова, И.В. Анализ дисперсности продуктов загрязнения работающего моторного масла при доливках в систему смазки судового дизеля / И.В. Соколова // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2008. -№1. -С. 215-218.
- 4 Helicon Soft.2000-2015. Режим доступа: <http://www.heliconsoft.com/heliconsoft-products/helicon-focus>. -01.03.2015.
- 5 ImageJ. Image Processing and Analysis in Java. Режим доступа: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide>. -12.03.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: абразивный износ, моторное масло, частицы загрязнения
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Старченко Михаил Евгеньевич, 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»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБОРОВ ТИПА СИМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТРАБОТАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

PROSPECTS DEVICES SUCH AS SIM TO DETERMINE THE PARAMETERS OF WASTE OIL

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

The article analyzes the prospects for the use of devices such as SIM for controlling the parameters of waste oil.

Keywords: petroleum, parameters, devices

Проведен анализ перспективы использования приборов типа СИМ для контроля параметров отработанных нефтепродуктов.

Предотвращение загрязнения природной среды отработанными нефтепродуктами – одна из сложных и многоплановых проблем охраны природной среды. Ни один другой загрязнитель не может сравниться с отработанными нефтепродуктами по широте распространения, числу источников загрязнения, величине нагрузок на все компоненты природной среды.

Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Объемы отходов нефтепродуктов и нефтезагрязнений, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров.

В связи с важностью проблемы утилизации в России существует нормативно-методическая база, определяющая порядок сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов. К ней, в первую очередь, относятся «Инструкция об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов в Российской Федерации», утвержденная приказом №311

Минтопэнерго РФ от 25 сентября 1998 года и ГОСТ 21046–86 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия».

В инструкции установлен порядок определения объемов сбора отработанных нефтепродуктов, требования к местам их сбора и приема, порядок ведения учета отработанных нефтепродуктов и их рациональное использование, контроль и ответственность за сбор и использование.

Основными направлениями рационального использования отработанных нефтепродуктов являются:

- промышленная переработка с целью получения базовых масел;
- регенерация и очистка на специальных установках;
- использование на нефтеперерабатывающих заводах в качестве дополнительного сырья к нефти;
- направление их на технологические цели;
- производство продукции с использованием отработанных масел (эмульсол, консервационный состав);
- добавление в качестве компонента котельно-печного топлива;
- экспорт отработанных нефтепродуктов.

Отработанные нефтепродукты могут использоваться на собственные нужды:

- для регенерации их на собственных регенерационных установках;
- при использовании в технологических процессах (что должно быть подтверждено соответствующей нормативно-технической документацией);
- при добавлении в качестве компонента котельно-печного топлива.

В ГОСТ 21046 приведена классификация отработанных нефтепродуктов и требования к показателям их качества.

Отработанные нефтепродукты, сдаваемые организациям нефтепродуктообеспечения, подразделяют на группы, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация отработанных нефтепродуктов

Группа	Код ОКП	Состав отработанных нефтепродуктов	Основные направления использования
ММО	02 5892 8300	Отработанные моторные (для авиационных поршневых, карбюраторных и дизельных двигателей), компрессорные, вакуумные и промышленные масла	Сырье для регенерации; взамен других нефтепродуктов
МИО	02 5892 8100	Отработанные промышленные масла и рабочие жидкости для гидросистем, газотурбинные, приборные, трансформаторные и турбинные масла	Сырье для регенерации и очистки, взамен других нефтепродуктов
СНО	02 5892 8500	Смеси отработанных нефтепродуктов; нефтяные промывочные жидкости; масла, применявшиеся при термической обработке металлов, цилиндрические, осевые, трансмиссионные масла, масла для прокатных станов, масла, извлекаемые из отработанных нефтяных эмульсий; смеси нефти и нефтепродуктов, собранные при зачистке средств хранения, транспортирования и извлекаемые из очистных сооружений и нефтесодержащих вод	Сырье для нефтепереработки, в качестве компонента котельного топлива, взамен других нефтепродуктов

Возможность использования отработанных нефтепродуктов в качестве вторичного сырья, их стоимость в первую очередь определяются сочетанием физико-химических показателей конкретной партии продукта, поэтому в ГОСТ 21046 приведены требования к показателям их качества (таблица 2).

В этой связи актуальным является контроль показателей отработанных нефтепродуктов, который является необходимым условием оценки возможности использования отработанных нефтепродуктов в качестве вторичного сырья.

Для контроля показателей отработанных нефтепродуктов предлагается использовать измерительные приборы (анализаторы) для анализа параметров нефтепродуктов типа СИМ. Большинство из них реализуют стандартные методы испытаний нефтепродуктов, изложенные в соответствующих национальных стандартах.

Таблица 2 – Физико-химические показатели отработанных нефтепродуктов

Наименование показателя	Норма для группы			Метод испытания
	ММО	МИО	СНО	
1 Условная вязкость при 20 °С, с	св. 40	13-40	–	ГОСТ 26378.3-84
2 Кинематическая вязкость при 50 °С, мм ² /с	св. 35	5-35	–	ГОСТ 83-82
3 Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	100	120	–	ГОСТ 26378.4-84 или ГОСТ 4333-87
4 Массовая доля механических примесей, %, не более	1	1	1	ГОСТ 26378.2-84
5 Массовая доля воды, %, не более	2	2	2	ГОСТ 26378.1-84 или ГОСТ 2477-65
6 Содержание загрязнений	отсутствие			ГОСТ 26378.2-84
7 Массовая доля фракций, выкипающих до 340 °С, %, не более	10	10	–	ГОСТ 2177-82
8 Температура застывания фракций, выкипающих выше 340 °С, не выше	-10	-10	–	ГОСТ 20287-91
9 Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	905	–	–	ГОСТ 39010-85

Параметры и метрологические характеристики анализаторов СИМ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Приборы для анализа нефтепродуктов типа СИМ

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерения	Погрешность	Наименование средства измерений
Диапазон измерения вязкости, мм ² /с	3,69-9,78	±1,2%	Анализатор СИМ-8
Температура вспышки, °С	20-200 100-300	±5 °С	Анализатор СИМ-5
Содержание механических примесей, %	0,1-1·10 ⁻⁴	±10%	Анализатор СИМ-12
Содержание воды в нефтепродуктах, %	0,01-2,0	±10%	Анализатор СИМ-4
Разгонка нефтепродуктов, °С	35-370	–	Анализатор СИМ-10
Температура застывания нефтепродуктов, °С не более	-57	±2 °С	Анализатор СИМ-11
Плотность нефтепродуктов, г/см ³	0,7736-0,8879	±0,0005 г/см ³	Анализатор СИМ-7

Сравнение данных таблиц 2 и 3 показывает, что метрологические характеристики приборов типа СИМ соответствуют значениям физико-химических показателей отработанных нефтепродуктов.

Таким образом, проведенный анализ показал, что приборы типа СИМ, разработанные в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии, могут быть использованы для контроля физико-химических показателей отработанных нефтепродуктов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтепродукты, параметры, приборы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

ОСОБЕННОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СУДОВЫХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

М.С. Дрозд

FEATURE UTILIZATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES IN THE MARINE DESALINATION PLANTS
 Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
 M.S. Drozd

In order to increase productivity, efficiency and compactness of the heat scraппage scheme proposed desalination plant in the same housing which are placed horizontally and vertically film stage. This solution allows for installation in one unit, which is of great importance in the marine environment.

Keywords: secondary energy resources, horizontal film desalination plant, heat efficiency

С целью повышения производительности, эффективности и компактности утилизационной схемы предлагается опреснитель, в одном корпусе которого располагаются горизонтально- и вертикально-пленочные ступени. Такое решение позволяет выполнить установку в одном агрегате, что имеет большое значение в судовых условиях эксплуатации.

Тенденция, наблюдаемая в дизелестроении, направленная на достижение максимальных значений КПД двигателя является весьма односторонней. Тогда как с совершенствованием всего энергетического комплекса общая экономическая эффективность судовых энергетических установок (СЭУ) резко возрастает, что сказывается на более рациональном расходе топлива.

Следует отметить, что анализу тепловой эффективности и рассмотрению термодинамического совершенства тепловой схемы СЭУ и взаимодействию обслуживающих элементов с точки зрения наиболее полного потребления избытков теплоты посвящено ограниченное количество исследований.

При сравнении эффективности отсутствует единый показатель, по величине которого можно судить о наибольшей целесообразности использования утилизационной схемы для судов данного назначения.

Анализ большинства схем произведен без теоретической взаимосвязи отдельных элементов, входящих в ее состав, на основе единого материального баланса, как наиболее полно способного судить о правильном распределении потоков теплоты, отбираемой от

двигателя. Оценка процесса утилизации по величине энергетических потерь является одним из подходов к решению задачи рациональной утилизационной системы потребления теплоты вспомогательными механизмами СЭУ, но требует дополнительного рассмотрения этой задачи на принципах теоретического анализа тепловой системы «двигатель-вспомогательные потребители сбрасываемой теплоты» [1].

Одним из элементов потребляющих бросовую теплоту двигателя, является опреснительная установка. В технологии опреснения морской воды находят применение различные конструкции теплообменных аппаратов, отличающихся, прежде всего, взаимодействием воды с поверхностью нагрева, которое зависит от типа установки (с погруженной поверхностью, с парообразованием в тонкой пленке).

Оправдано стремление создать установки, с высокой интенсивностью опресняющие морскую воду при использовании низкопотенциальной теплоты; низким выпадением накипи на поверхностях нагрева; получением хороших коэффициентов относительной выработки. При этом желание снизить габариты установки, привело к появлению в технике опреснения нового метода – термического выпаривания тонкой пленки воды, подаваемой на поверхность нагрева. Разрабатываемый метод позволил реализовать новую тепловую схему опреснительной установки с теплообменниками тонкопленочного типа.

Расчеты экономической эффективности установок с вертикальными пленочными испарителями доказывают их преимущество перед установками мгновенного вскипания. Большое преимущество перед предыдущим имеет горизонтально-пленочный способ организации течения пленки по поверхности нагрева, конструктивное исполнение которого значительно проще, а теплофизические показатели выше. Протекание процесса при такой компоновке понижает температурный напор, устраняет накипеобразование на поверхности горизонтального пучка из-за омывания его вторичным паром, улучшает сепарацию пара промывкой струями распыливаемой жидкости.

Сокращение расходов теплоты на процесс термической дистилляции позволяет включить в схему опреснителя компрессионной установки, которая вторичный пар подвергает дополнительному сжатию при помощи механического или парового устройства. Включение в схему установки парожеторного или механического агрегата в значительной степени повышает коэффициент относительной выработки. Потребляется меньшее количество исходной воды и расходы на ее химическую обработку.

Значительная интенсификация процесса теплообмена в горизонтально-пленочных опреснителях достигается заменой трубной поверхности гофрированными листами, соединенными между собой и имеющих во впадинах отверстия для перетекания струй опресняемой воды на ниже лежащие ряды листов. Такое движение жидкости по поверхности способствует лучшему контакту с нагретой волной и повышает коэффициент теплопередачи [2, 3].

Анализ показывает, что при соответствующей форме греющих элементов процесс получения вторичного пара в опреснительной установке протекает не однозначно, а достигаемые коэффициенты теплопередачи имеют различное значение.

Для схемы утилизации теплоты ДВС этот фактор имеет большое значение, так как при большей интенсивности теплообмена, доля использования теплоты для развитой схемы, содержащей несколько элементов, потребляющих теряемую двигателем энергию, будет наибольшей.

Для подтверждения преимущественной целесообразности использования такого опреснителя в схеме утилизации теплоты от ДВС был проведен анализ особенностей теплопередачи при движении жидкости по желобчатой поверхности в сравнении с гладкотрубным теплообменником. При этом принято допущение, что наименьшая толщина пленки образуется на гребне поверхности нагрева, а большее ее значение имеет место во впадине волны. Разбрызгивание при ударе струи об гребень и испарение части воды в ее массе не учитывается.

Таким образом, процесс теплопередачи можно рассматривать как протекающий в двух зонах: на гребне и во впадине. Геометрическими характеристиками такой поверхности приняты: высота гребня H , радиус кривизны поверхности гофры R , расстояние от середины гребня впадины L и угол уклона гофры. В зоне впадины уравнение движения пленки определяется

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = \frac{\rho g}{\mu} \quad (1)$$

Если принять граничные условия, при которых скорость на участке минимальной толщины пленки на входе во впадину при $y = L_e$ равна $W = 0$, а ее значение по вертикальной оси при $z = 0$ и $W = 0$; $\partial W / \partial y = 0$ при $y = 0$; $\partial W / \partial z = 0$ при $z = \delta$, то значение толщины стекающей во впадину пленки рассчитывается по формуле

$$\delta_b = \delta_{\max} + R - \sqrt{R^2 - y^2} - \frac{H}{2} \left(1 - \cos \pi \frac{y}{L} \right). \quad (2)$$

Значение L рассчитывается в соответствии с зависимостью

$$L = \int_0^{p/2} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial \delta}{\partial y} \right)^2} dy = \int_0^{p/2} \sqrt{1 + \left(\frac{\pi H}{a} \sin \frac{\pi y}{a} \right)^2} dy. \quad (3)$$

Расстояние от центра впадины до начала формирования толщины пленки при движении с гребня устанавливается на основании уравнения

$$L_e = \frac{L}{\rho} \left[\cos \frac{2}{H} \left(\frac{d_e}{d_{\max} + \sqrt{R^2 - L_b - R}} \right) + 1 \right]^{-1}. \quad (4)$$

В уравнениях (2)-(4) величина δ_{\max} характеризует максимальную толщину пленки на дне впадины; δ_e - толщина пленки жидкости на выходе из гребня; a - шаг гофры.

Массовый расход опресняемой среды, движущейся по гофре во впадину составляет

$$G = 2\rho \int_0^{L_e} \int_0^{\delta} \rho W d. \quad (5)$$

Представленные уравнения при совместном рассмотрении с закономерностями, описывающим гидродинамический режим течения пленки в зоне гребня, позволяют оценить интенсивность теплопередачи на желобчатой поверхности.

Процесс течения опресняемой воды в зоне гребня определяется значением двух скоростей W и V с перемещением потока по направлению x вдоль гребня и y по профилю желоба.

Уравнения движения выражаются в виде

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = \frac{\rho g}{\mu}; \quad \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right) + \rho g. \quad (6)$$

С учетом изменения давления

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{\sigma \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2}}{\left[1 + \left(\frac{\partial \delta}{\partial y} \right)^2 \right]^{3/2}} \right\}. \quad (7)$$

Процесс парообразования при изменении плотности орошения находится

$$dG = \frac{\lambda \Delta t}{r} \int_L^{L_e} \frac{1}{\delta(y)} dy dx. \quad (8)$$

Таким образом, при совместном решении уравнений (5), (7) и (8) определяется распределение толщины пленки по поверхности желоба. В соответствии с этой величиной устанавливают значение коэффициента теплоотдачи h и зависимостей для вычисления Nu и Re .

$$Nu = \frac{ha}{\lambda}; \quad Re = \frac{4G}{\mu d_c},$$

где h – коэффициент теплоотдачи

$$h = \int_0^x \int_{L_e}^L \frac{\lambda}{\delta} dx dy.$$

В рассмотренной конструкции опреснителя имеет место истечение струи жидкости из отверстия, расположенного во впадине. При истечении струи происходит ее соприкоснове-

ние с вторичным паром, генерируемом поверхностью гофр. При выводе выше представленных уравнений это явление не учитывается. Однако выход струи сопровождается дроблением ее на отдельные капли и струи, что оказывает влияние на конденсацию части образующегося пара и смешение конденсата с опресняемой водой. Это приведет к увеличению толщины пленки на греющей поверхности и росту термического сопротивления.

В этом случае уравнение распространения теплоты в струе выражается в виде

$$W_x = \frac{\lambda + \lambda_T}{C_p \rho} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{\partial T}{\partial R} \right). \quad (9)$$

Решение уравнения (9) в безразмерных координатах находится

$$\vartheta = A \exp[-\beta^2 f(X)] f_1(\xi), \quad (10)$$

где W_x, R_x – скорость и радиус струи на расстоянии x от выходного отверстия

$$X = x/R_0; \quad \xi = R/R_x,$$

R, R_0 – радиус выходного отверстия и текущий радиус струи;

T – температура струи;

A, β – постоянные.

Скорость свободного вытекания струи

$$W_x = \frac{W_0}{\varphi} \sqrt{1 + 2\varphi^2 \frac{\partial x}{W_0^2}}, \quad (11)$$

и радиус струи

$$R_x = R_0 \sqrt{\varphi} / \sqrt{1 + 2\varphi^2 \frac{\partial x}{W_0^2}}. \quad (12)$$

Скорость струи на выходе из отверстия

$$W_0 = \varphi \eta \sqrt{2g}, \quad (13)$$

где φ – коэффициент сопротивления отверстия;

ρ_n – напор жидкости на входе в отверстие;

η – коэффициент гидравлического сопротивления.

Значение φ зависит от толщины листа и диаметра отверстия и лежит в пределах 0,8-0,88.

Средняя температура жидкости в промежуточном сечении струи после соответствующих преобразований исходных уравнений

$$\vartheta = 0,69 \exp[-5,78f(X)]; \quad (14)$$

$$\lg \frac{T'' - T_1}{T'' - T_x} = 0,16 + 2,52f(x). \quad (15)$$

Величина $f(x)$ для наших условий с достаточной точностью определяются

$$f(x) = Ax/W_0 R_0^2. \quad (16)$$

Представленные данные показывают, что процесс теплообмена в установке с гофрированной поверхностью обладает большей интенсивностью, чем для гладкотрубных теплообменников. При этом существенного влияния вытекающих из отверстия струй на парообразование не наблюдается. Требуемый температурный напор в установке такого типа значительно ниже, чем в других поверхностных аппаратах. Этот вывод позволяет сказать, что при использовании теплообменников с гофрированной поверхностью нагрева позволит обеспечить большую степень утилизации теплоты от ДВС при включении в развитую схему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Камкин, С.В. Эксплуатация судовых дизельных установок / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.Ф. Большаков. -М.: Транспорт, 1996. -432 с.
- 2 Слесаренко, В.Н. Судовые опреснительные установки / В.Н. Слесаренко, В.В. Слесаренко. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2001. -448 с.
- 3 Слесаренко, В.Н. Опреснение морской воды / В.Н. Слесаренко. -М.: Энергия, 1991. -242 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вторичные энергоресурсы, горизонтально-пленочная опреснительная установка, тепловая эффективность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Дрозд Михаил Сергеевич, ассистент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТОПЛИВАХ АНАЛИЗАТОРОМ СИМ-6

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

STABILITY STUDIES DEFINITIONS SULFUR COMPOUNDS IN THE FUEL ANALYZER SIM-6

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

The results of stability studies determine the sulfur compounds in liquid fuels Analyzer SIM-6.

Keywords: ship fuel, sulfur analyzer, stability

Приведены результаты исследований стабильности определения сернистых соединений в жидких топливах анализатором СИМ-6.

Правила Международной морской организации (ИМО) последовательно ужесточают требования к уровню вредных выбросов в атмосферу от транспортных судов. В 2005 г. вступило в силу Приложение VI к Международной конвенции по предотвращению загрязнения атмосферы (МАРПОЛ), принятое ИМО в 1997 г. Это Приложение обязывает судовладельцев или операторов принять меры к сокращению выбросов окислов серы в атмосферу от морских судов.

Для контроля выбросов окислов серы предложено нормировать их в соответствии с содержанием серы в топливе. При этом в ряде районов мирового океана было предложено установить более строгие ограничения, назвав такие районы «Районы контроля выбросов». Правилами установлено, что допустимое содержание серы в топливе, используемом для судовых нужд, должно быть не более 3,5%. В районах контроля выбросов содержание серы в топливе не должно превышать с 1 января 2015 г. 0,1%, а до этой даты – 1,0%. К таким районам на сегодня отнесены районы Балтийского, Северного и Карибского морей, а также Североамериканский район.

Таблица 1 – Время установления лимитов содержания серы в топливе (Приложение VI МАРПОЛ 73/78)

	2010 год	2012 год	2015 год	2020 год
Районы контроля выбросов (SECA)	1,0%	–	0,1%	–
Весь мир	4,5%	3,5%	–	0,5%

При бункеровке судов показатели качества топлива устанавливаются в соответствии с требованиями, которые регламентируются международными (ISO) и национальными стандартами, а также техническими условиями международных организаций.

Наиболее применяемой в морской практике в настоящее время за рубежом спецификацией является стандарт Международной Организации Стандартов (ISO) – «ISO 8217:2010. Нефтяные продукты. Топлива (класс F)», утвержденный в 1987 г., и подвергнутый доработке в 2010 г. Кроме того, по сложившейся практике для классификации судовых топлив также могут применяться ведомственные спецификации крупных компаний.

В России в основу классификации судовых топлив положен ГОСТ 28577.2-90 «Нефтепродукты. Топлива (класс F). Классификация» и ГОСТ Р 54299-2010 «Судовые топлива. Технические условия». Стандарты устанавливают требования к важнейшим характеристикам топлив и их физико-химическим показателям.

Кроме того, технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» предъявляет требования к качеству отечественных судовых топлив в виде двух обязательных показателей, характеризующие экологические и пожароопасные свойства топлив, а именно, содержание серы и температура вспышки.

Требования МАРПОЛ по контролю выбросов окислов серы не представляет принципиальных трудностей для судовладельцев и связано только с ценой топлива. В связи с тем, что промышленность практически не выпускает тяжелых сортов топлива с содержанием серы 0,1%, суда с января 2015 г. должны будут использовать легкие сорта топлива, которые намного дороже и требуют применения других сортов смазочных масел.

В России таким легким топливом является дизельное топливо, определение содержания серы в котором является обязательным видом анализа, предусмотренным ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное».

В настоящее время разработано достаточное количество методов определения серы в нефтепродуктах, начиная от традиционных химических (сжигание в бомбе или лампе с последующим титрованием), до современных инструментальных, включая ультрафиолетовую и рентгеновскую флуоресценцию. Необходимо отметить, что эти методы относятся к количественному определению суммарного содержания соединений серы (общей серы) в нефти, углеводородных жидкостях, топливах и смазках.

Одним из таких методов является ламповый метод определения серы ГОСТ 19121, который, в свою очередь, является упрощенным вариантом ASTM D1266. Точностные характеристики данного метода позволяют использовать его для определения содержания серы в судовых топливах, поэтому актуальным является совершенствование и модернизация указанного метода.

Ламповый метод определения серы ГОСТ 19121 по сути является методом разложения, который заключается в сжигании пробы материала с последующим определением образующегося сернистого ангидрида SO_2 . Методика измерения предусматривает сжигание строго дозированной навески вещества, улавливание сернистого газа и поглощение его адсорбирующим веществом, а также количественное определение SO_2 одним из физико-химических методов [1].

В [1] была разработана методика определения серы в нефтепродуктах с использованием кондуктометрического метода, а также прибор с ее использованием [2].

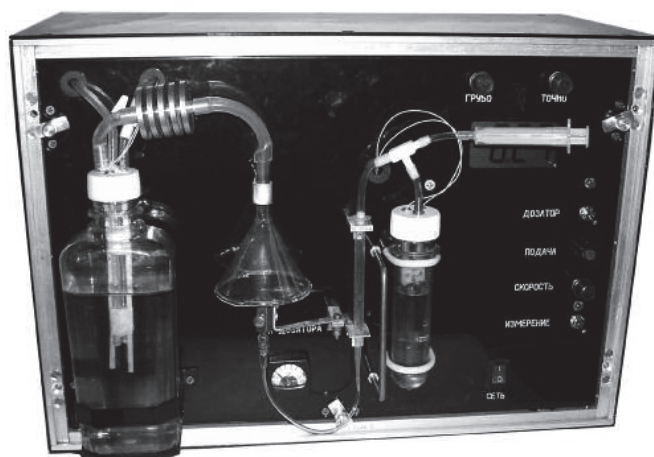


Рисунок 1 – Анализатор серы СИМ-6

Прибор содержит следующие основные элементы:

- кондуктометрическую ячейку с электродами;
- горелка для сжигания топлива;
- дозатор топлива;
- генератор озона с компрессором;
- схема измерения и управления.

В настоящее время уже выпущено более 80 анализаторов содержания серы СИМ-6 в нефтепродуктах. Они используются в различных сферах применения, в том числе в передвижных мобильных лабораториях «КЛАН-1» и на предприятиях речного флота.

Вместе с тем, опыт эксплуатации анализаторов СИМ-6 показал, что в ряде случаев при проведении калибровки и рабочих измерениях наблюдаются нестабильные показания прибора.

С целью выявления причин такого рода отклонений были проведены исследования стабильности показаний прибора при определении содержания серы в топливах с различными концентрациями серы (рисунки 2-4).

При исследовании было установлено, что при измерении серы в нефтепродуктах в диапазоне концентраций серы $S = 0,04-0,17$ % окисление сернистого ангидрида озоном в водном растворе происходит по линейному закону, а нестабильность показаний прибора связана с неустойчивостью горения топлива в горелке для сжигания топлива.

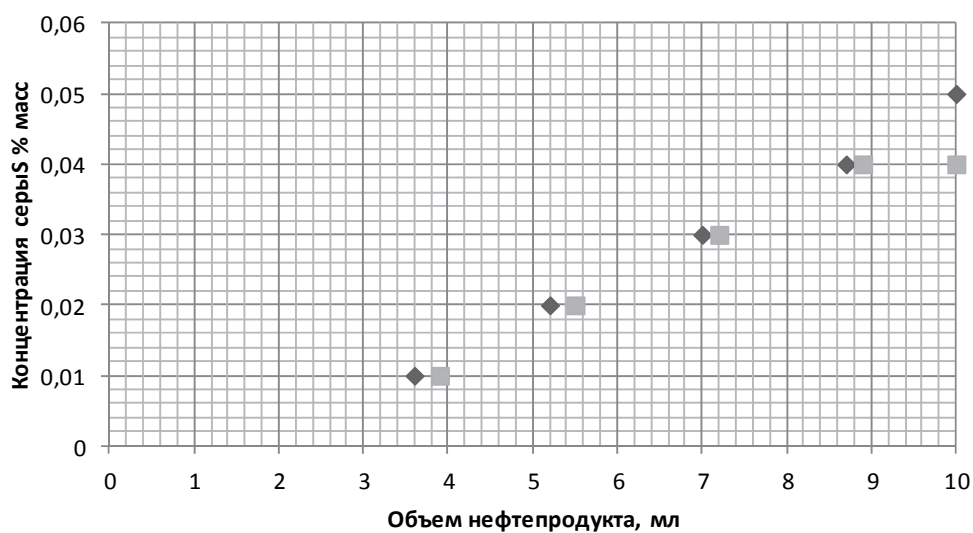


Рисунок 2 – Испытание на образце с концентрацией серы $S = 0,04\%$

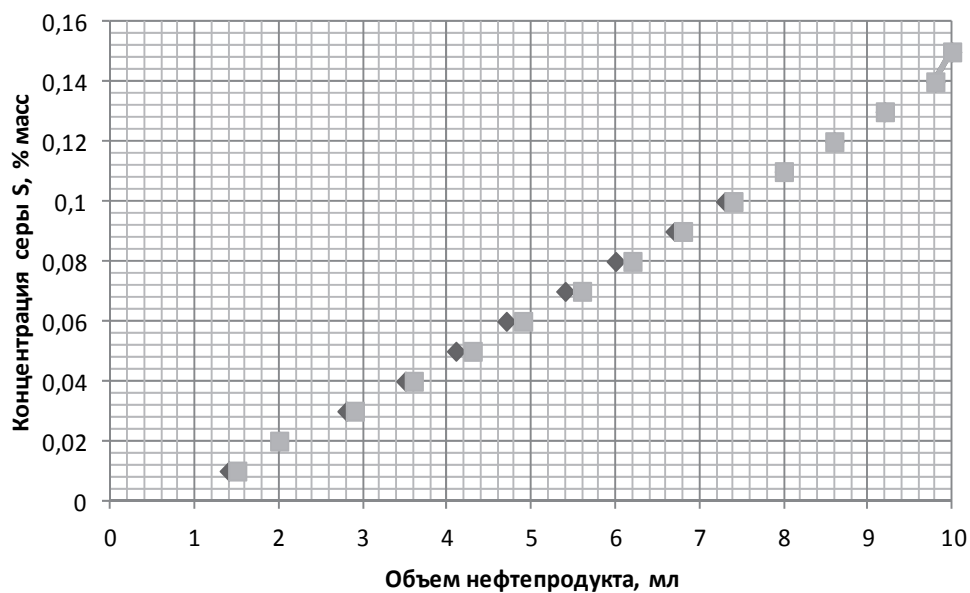


Рисунок 3 – Испытание на образце с концентрацией серы $S = 0,15\%$

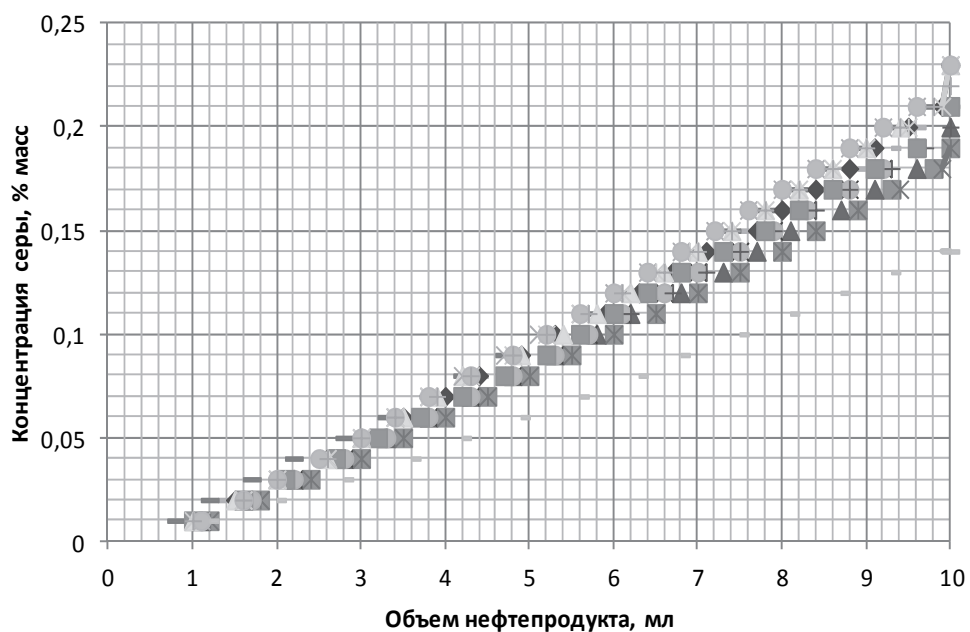


Рисунок 4 – Испытание на образце с концентрацией серы $S = 0,17\%$

В этой связи при проведении измерений следует жестко контролировать процесс горения топлива. В настоящее время рассматриваются технические решения, позволяющие контролировать процесс горения топлива в горелке, и регулировать его в случае необходимости.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что в случае неустойчивого горения топлива в горелке для сжигания топлива наблюдается нестабильность показаний прибора при измерениях. Это следует учитывать при проведении измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шувалов, Г.В. Прибор для определения соединений серы в нефтепродуктах / Г.В. Шувалов // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2002: материалы 6 междунар. конф. -Т.3. -Новосибирск, 2002. -С. 135-137.
- 2 Шувалов, Г.В. Опыт практического применения анализаторов СИМ-6 для определения серы в нефтепродуктах / Г.В. Шувалов // ГЕО-Сибирь-2010: материалы 6 междунар. выставки и научн. конгресса. -Т.5. -Ч.2. -Новосибирск, 2010. -С. 155-158.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовое топливо, анализатор серы, стабильность
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

USE ELECTROPHYSICAL METHODS IN DEFINED-FUSION PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF PETROLEUM
Siberian research institute of metrology
G.V. Shuvalov

The results of studies on the use of electro-physical methods for determining the physico-chemical parameters of petroleum products.

Keywords: marine fuel, physico-chemical parameters, the method

Приведены результаты исследований по использованию электрофизических методов при определении физико-химических параметров горюче-смазочных материалов.

При бункеровке судов горюче-смазочными материалами (ГСМ) их качество устанавливается в соответствии с паспортом качества изготовителя. Однако, из-за нарушения условий транспортировки и хранения качество ГСМ, поступающие на суда речного флота, часто отличается от стандартного. Это может привести к отказу судовых дизелей, поэтому возникает необходимость постоянного контроля качества ГСМ на судах. Кроме этого, на судах речного флота в последнее время все чаще используются водотопливные эмульсии, которые готовятся непосредственно на судне, в связи с чем их качество требует постоянного контроля.

Повышение оперативности контроля обуславливает применение новых экспресс-методов определения физико-химических параметров ГСМ.

В этой связи рассмотрим применение электрофизических методов для определения некоторых физико-химических параметров ГСМ.

Практически для всех нефтепродуктов необходимо измерять температуру застывания. Однако стандартизованный метод имеет определенные недостатки. В первую очередь, это большой объем ручной работы и субъективный метод оценки момента застывания, основанный на визуальном контроле испытателя. Поэтому актуальна проблема разработки принципиально нового метода определения температуры застывания, позволяющая устранить эти недостатки.

Рассмотрим вопрос о возможности применения функциональной зависимости диэлектрической проницаемости от температуры для определения температуры замерзания ГСМ.

Для жидких неполярных диэлектриков ориентационная поляризация зависит от температуры. Чем больше температура, тем меньше поляризация из-за теплового движения. При понижении температуры фактор деполяризации уменьшается. Поэтому температурная зависимость поляризации жидких диэлектриков должна быть немонотонной [1]. При замерзании нефтепродукта «вымораживаются» вращательные степени свободы, поэтому поляризация становится независимой от температуры при кристаллизации. Соответственно, диэлектрическая проницаемость становится независимой от температуры ниже точки замерзания.

Таким образом, метод измерения температуры застывания основанный на зависимости диэлектрической проницаемости от температуры нефтепродукта является перспективным для экспресс-контроля.

В методе измеряется электрическая емкость нефтепродукта между обкладками конденсатора. В точке замерзания меняется характер температурной зависимости диэлектрической проницаемости, что позволяет судить о наступлении фазового перехода (замерзания) и использовать такой метод для определения температуры замерзания.

Экспериментально была получена зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, приведенная на рисунке 1.

Анализ результатов измерений показал, что с уменьшением температуры нефтепродукта в жидком состоянии, диэлектрическая проницаемость уменьшается по линейному закону до точки фазового перехода (замерзания), при дальнейшем понижении температуры, диэлектрическая проницаемость остается постоянной $\varepsilon = 5,4$.

Кроме температуры замерзания, большое значение для ГСМ при применении в низкотемпературных условиях имеет температурный коэффициент объемного расширения.

В основу предлагаемого в данной работе метода определения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов положено его измерение с помощью емкостного низкотемпературного уровнемера. В этом случае объем расширенного нефтепродукта определяется путем измерения электрической емкости конденсатора, между электродами которого находится исследуемый нефтепродукт.

Принцип работы емкостного дилатометра в виде отрезка коаксиального конденсатора, частично заполненной диэлектрической жидкостью, рассмотрен в [2, 3], где для коаксиального емкостного уровнемера было получено выражение

$$\beta = \frac{(D^2 - d^2) \ln \frac{D}{d}}{8 \varepsilon_0 \cdot V_1} \cdot \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{C_2 - C_1}{\varepsilon - 1} \quad (1)$$

Для практической реализации предложенного метода была разработана конструкция измерительной ячейки, которая представляет собой систему, состоящую из резервуара с испытуемым нефтепродуктом и пристыкованного к нему 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.

На установке было проведено определение температурного коэффициента диэлектрической проницаемости дизельного топлива $6,6 \cdot 10^{-4} 1/K$, что необходимо учитывать при проведении измерения температурных коэффициентов объемного расширения нефтепродуктов.

Одним из эффективных путей решения проблем

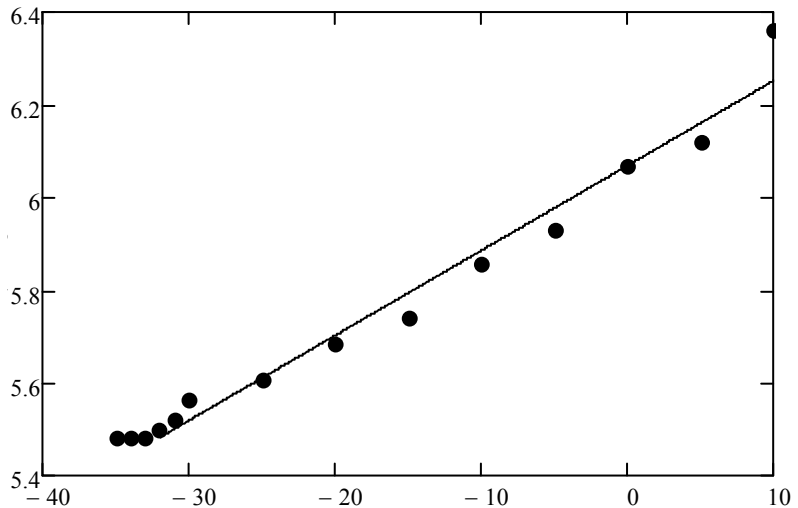


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрической проницаемости ГСМ от температуры

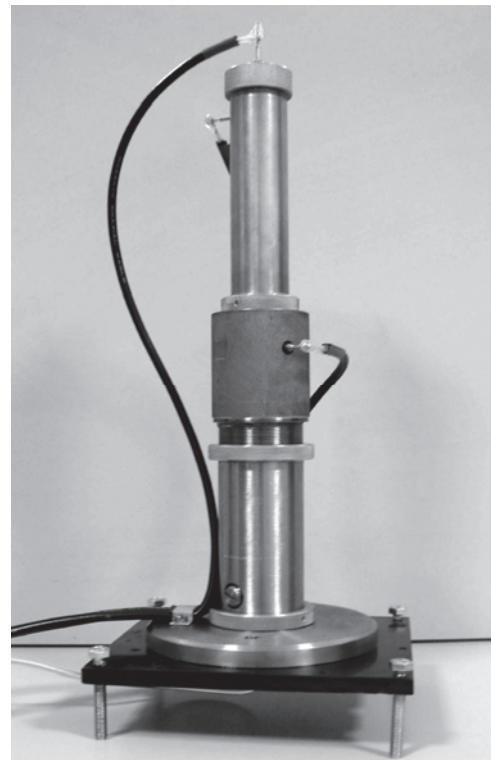


Рисунок 2 – Измерительная ячейка установки ТКОР

экономии топлива на судах является применение водотопливных эмульсий (ВТЭ), использование которых не требует каких-либо переделок двигателя, не вызывает необходимости изменения технологии изготовления топлива и не нуждается в больших капиталовложениях.

При изучении физических свойств капель воды в ВТЭ одним из эффективных методов является анализ перемещения частиц под воздействием переменного электрического поля (диэлектрофорез) [4-6]. Поэтому разработка методов анализа перемещения частиц в жидких средах является актуальной.

Известно, что в электростатическом поле с вектором напряжённости электрического поля E на единичный объём среды с плотностью ρ_m , относительной диэлектрической проницаемостью ε_m , действует сила [4]

$$f = -\nabla\rho_0 + \frac{\varepsilon_0}{2} \nabla \left[E^2 \rho_m - \frac{\partial \varepsilon_m}{\partial \rho_m} \right] - \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \nabla \varepsilon_m, \quad (2)$$

где ε_0 – электрическая постоянная.

Полагая, что в объёме частицы градиент напряжённости некоторого среднего поля постоянен, можно записать действующую на частицу силу как

$$F_{эл} = \frac{\varepsilon_0}{2} V_q \cdot A(\varepsilon_q, \varepsilon_m) \nabla (E^2), \quad (3)$$

где ε_q, V_q – относительная диэлектрическая постоянная и объём частицы;

$A(\varepsilon_q, \varepsilon_m)$ – некоторая функция относительных диэлектрических постоянных частицы и среды, выраженная, например, в виде полинома второй степени от относительных диэлектрических постоянных с параметрами a, b, c, d , значения которых находятся в результате калибровочных измерений

$$A(\varepsilon_q, \varepsilon_m) = a\varepsilon_q^2 + b\varepsilon_q\varepsilon_m + c\varepsilon_m^2 + d. \quad (4)$$

На движущуюся частицу в вязкой среде действует сила трения – сила Стокса. В случае малости величины дебаевской длины экранирования (например, в водных растворах при изменении ионной силы от 10^{-5} до 10^{-1} моль/литр дебаевской длина экранирования меняется в пределах 1-100 нм) можно пренебречь гидродинамическими эффектами, проявляющимися при движении частицы, и принять условие уравнивания электрической силы силой Стокса в условиях установившегося равномерного движения

$$F_{эл} = F_{см} = 6\pi\eta \cdot r_q \cdot v_q, \quad (5)$$

где r_q, v_q – радиус и наблюдаемая скорость частицы.

Таким образом, на основе выражений (2)-(5) можно определять поляризационные характеристики водотопливных эмульсий, что позволяет проводить оценку их временной стабильности. Эффективная поляризуемость частицы может быть прокалибрована с использованием эталонных образцов частиц и среды.

Таким образом, в результате проведенных исследований был предложен метод определения температуры застывания по характеру изменения диэлектрической проницаемости нефтепродукта. Установлена функциональная зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, которую можно использовать в системах, приборах и датчиках для определения температуры застывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рез, И.С. Диэлектрики. Основные свойства и применения / И.С. Рез, Ю.М. Поплаво. -М.: Радио и связь, 1989. -288 с.
- 2 Шувалов, Г.В. Образцовые средства измерений коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, О.А. Ясырова // Датчики и системы. -2012. -№6. -С. 27-29.
- 3 Шувалов, Г.В. Разработка приборов для определения коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, Ю.А. Гапонов, И.В. Клековкин, О.А. Ясырова // Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы 11-ой межд. конф. АПЭП-2012 (2-4 октября 2012). -Т.3. -Новосибирск, 2012. -С. 13-15.
- 4 Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. -М.: Наука, 1982. -621 с.
- 5 Бакиров, Т.С. 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.
- 6 Шилов, В.Н. Диэлектрофорез наноразмерной частицы / В.Н. Шилов // Коллоидный журнал. -2008. -Т.70. -№4. -С. 558-571.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовое топливо, физико-химические параметры, метод
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

НЕСТАНДАРТНОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Г. Куделин, В.И. Фомин

THE NON-STANDARD SOLUTION OF SOME ALGEBRAIC TASKS BY MEANS OF ANALYTICAL GEOMETRY
Siberian state university of water transport
O.G. Kudelin, V.I. Fomin

The authors of the article offered original tasks which were solved on a joint of two sciences – algebra and analytical geometry.

Keywords: analytical geometry, inequality for triangles, equity for the line, distance from a point to the surface

Предложены оригинальные задачи, которые были разрешены на стыке двух наук – алгебры и аналитической геометрии.

Покажем, как при решении алгебраических задач иногда можно использовать известные математические формулы аналитической геометрии [1, 2], а именно:

– расстояние между точками x_1, x_2 на числовой прямой – это модуль их разности

$$D = |x_1 - x_2|;$$

– расстояние между точками $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2)$ в пространстве

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2};$$

– расстояние от точки (x_0, y_0, z_0) до заданной прямой $ax + by + cz + d = 0$

$$D = \frac{|ax_0 + by_0 + cz_0 + d|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}. \quad (1)$$

При этом это оказывается вполне возможным, если в условиях таких алгебраических задач присутствуют выражения вида

$$\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}; \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}; \sqrt{(x - x_{00})^2 + (x - x_{01})^2 + \dots + (x - x_{0n})^2} \quad (2)$$

где $x_0, y_0, z_0, x_{00}, x_{01}, \dots, x_{0n}$ – константы;

x, y, z – переменные, или выражения, приводящиеся к ним.

Рассмотрим несколько таких показательных примеров.

Пример 1. Найти минимум выражения

$$f(x, y) = \sqrt{(x - 6)^2 + (y - 8)^2} + \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Данное выражение представляет собой сумму расстояний от некоторой точки $M(x, y)$ до двух точек $L(6, 8); O(0, 0)$. Используя известное неравенство «для треугольника» [1], получаем, что сумма расстояний $ML + MO$ не может быть меньше расстояния LO , причём минимум достигается $\forall M(x, y) \in LO$. Итак, $ML + MO \geq LO = 10$.

Пример 2. Найти минимум выражения

$$f(x, y) = \sqrt{(x - 5)^2 + (y - 9)^2} + |x - y|. \quad (3)$$

Минимальное значение второго слагаемого в выражении (3) достигается на прямой $l: y = x$. В этом случае, оно обращается в нуль. Остаётся лишь минимизировать первое слагаемое, которое определяет расстояние от некоторой точки $M(x, y) \in l$ до точки $S(5, 9)$.

Найдём на прямой $l: y = x$ точку, наименее удалённую от точки $S(5, 9)$. Этой точкой будет служить основание перпендикуляра, проведённого из точки $M(x, y)$ на прямую $l: y = x$. Тогда, расстояние между точками $M(x, y)$ и $S(5, 9)$, определим, согласно формуле (1), следующим образом

$$D = MS = \frac{|5 - 9|}{\sqrt{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} = \frac{4\sqrt{2}}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}.$$

При этом сумма двух слагаемых будет такой же. Поэтому

$$\min f(x, y) = D = 2\sqrt{2}.$$

Пример 3. Найти наименьшее значение функции

$$f(x) = \sqrt{2x^2 + 4x + 4} + \sqrt{2x^2 + 8} + \sqrt{2x^2 - 8x + 16} + \sqrt{2x^2 - 12x + 20}. \quad (4)$$

Представим выражение (4) в удобном для анализа виде

$$f(x) = \sqrt{x^2 + (x+2)^2} + \sqrt{(x-2)^2 + (x+2)^2} + \sqrt{x^2 + (x-4)^2} + \sqrt{(x-2)^2 + (x-4)^2}.$$

Заметим, что правая часть равенства (4) есть сумма расстояний от точки $M(x, x)$ до четырёх точек $(0, -2); (2, -2); (0, 4); (2, 4)$ координатной плоскости. Легко заметить, что указанные точки являются вершинами прямоугольника. При этом точка $M(x, x)$, лежащая на пересечении диагоналей прямоугольника, является той самой точкой, сумма расстояний от которой до вершин прямоугольника минимальна. Как известно, сумма расстояний от любой другой точки плоскости до вершин прямоугольника будет больше. Это следует из неравенства треугольника [1]. Осталось заметить, что прямая, определяемая уравнением $y = x$, проходит через точку пересечения диагоналей. Координаты указанной точки легко определяются, как $(1, 1)$. Следовательно $\min f(x) = f(1) = 4\sqrt{10}$.

Пример 4. Решить систему уравнений

$$\begin{cases} \sqrt{x^2 + y^2 - 16x - 12y + 100} + \sqrt{x^2 + y^2 + 4x - 20y + 104} = 2\sqrt{29}; \\ (x-7)^2 + (y-5)^2 = 16. \end{cases} \quad (5)$$

Преобразуем первое уравнение системы (4) к виду

$$\sqrt{(x-8)^2 + (y-6)^2} + \sqrt{(x+2)^2 + (y-10)^2} = 2\sqrt{29}. \quad (6)$$

Левая часть равенства (6) есть сумма расстояний от точки $M(x, y)$ координатной плоскости до точек с координатами $(8, 6); (-2, 10)$. При этом правая часть равенства (6) определяет расстояние между этими точками.

Первое уравнение (6) системы (5) задаёт отрезок, соединяющий точки $(8, 6); (-2, 10)$.

Составим уравнение этого отрезка

$$\frac{x+2}{8+2} = \frac{y-10}{6-10} \Leftrightarrow \frac{1}{5}(x+2) = -\frac{y-10}{2} \Leftrightarrow 2x+5y-46=0; y \in [6, 10]; x \in [-2, 8].$$

Теперь найдём точку пересечения прямой с окружностью, заданной вторым уравнением системы (5), принадлежащую указанному отрезку. Запишем преобразованную систему (5), в виде

$$\begin{cases} 2x+5y-46=0; \\ (x-7)^2 + (y-5)^2 = 16; \\ y \in [6, 10]. \end{cases} \quad (7)$$

Несложные алгебраические вычисления системы (7), дают следующее для неё точное решение

$$x = \frac{217 - 5\sqrt{415}}{29}; y = \frac{180 + 2\sqrt{415}}{29}.$$

Ответ

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{217 - 5\sqrt{415}}{29} \\ \frac{180 + 2\sqrt{415}}{29} \end{pmatrix}.$$

Следует отметить, что метод решения алгебраических задач с помощью формул аналитической геометрии пригоден, если удастся использовать представления (2). В данной статье использовались примеры, в которых эта проблема легко решалась. В дальнейших публикациях авторы надеются обобщить представленный метод и тем самым расширить его возможности. Однако, можно констатировать, что широкий класс подобных задач, уже сейчас, может решаться предлагаемым методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефимов, Н.В. Краткий курс аналитической геометрии / Н.В. Ефимов. -М.: Наука, 1969. -272 с.
2 Клетеник, Д.В. Сборник задач по аналитической геометрии / Д.В. Клетеник. -М.: Наука, 1986. -223 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аналитическая геометрия, неравенство «для треугольника», уравнение прямой, расстояние от точки до плоскости
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Куделин Олег Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Фомин Василий Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРОГО КЛАССА ЗАДАЧ, РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ НА СТЫКЕ АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Г. Куделин, В.И. Фомин

ANALYTICAL SOLUTION OF A CLASS OF TASKS THAT ARE REALIZED AT THE INTERSECTION OF ALGEBRA AND ANALYTIC GEOMETRY
 Siberian state university of water transport
 O.G. Kudelin, V.I. Fomin

Solutions to some unusual tasks are suggested at the intersection of algebra and analytic geometry.

Keywords: extremum of the function, algebra, analytical geometry

Предложены решения некоторых нестандартных задач на стыке алгебры и аналитической геометрии.

Попоробуем развить идею решения некоторого класса задач, предложенную в работе [1]. В которой показано, что некоторые задачи могут решаться на стыке двух наук – алгебры и аналитической геометрии, если в их условиях содержатся выражения вида

$$\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}; \sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2}; \sqrt{(x-x_{00})^2+(x-x_{01})^2+\dots+(x-x_{0n})^2}, \quad (1)$$

где $x_0, y_0, z_0, x_{00}, x_{01}, \dots, x_{0n}$ – константы;
 x, y, z – переменные.

Продемонстрируем несколько примеров.

Пример 1. Найти наименьшее значение функции

$$f(x) = \sqrt{x^2 - 6x + 14} + \sqrt{x^2 - 14x + 60}, \quad (2)$$

Легко заметить, что правая часть (2) не сводится ни к одному из выражений (1), однако это не мешает использовать приём, использованный в работе [1]. С этой целью запишем представленную функцию (2) в виде

$$f(x) = \sqrt{(x-3)^2 + 5} + \sqrt{(x-7)^2 + 11}. \quad (3)$$

Дадим геометрическую трактовку полученному выражению (3) с точки зрения аналитической геометрии [2]. Согласно ему, допустимо рассматривать четыре пары точек: $N_1(3, \sqrt{5}), S_1(7, -\sqrt{11}); N_2(3, -\sqrt{5}), S_2(7, \sqrt{11}); N_3(3, \sqrt{5}), S_3(7, \sqrt{11}); N_4(3, -\sqrt{5}), S_4(7, -\sqrt{11})$.

Однако, только две пары точек N_1, S_1 или N_2, S_2 могут располагаться в разных полуплоскостях. На границе их пересечения по оси абсцисс может находиться точка $M(x, 0)$. Потребуем, чтобы она лежала внутри любого из отрезков N_1S_1 или N_2S_2 , пересечением которых и может быть определена её координата. Так как это в задаче не требуется, перейдём к поиску $\min f(x)$, определив длину любого из отрезков N_1S_1 или N_2S_2

$$\min f(x) = \sqrt{(7-3)^2 + (-\sqrt{11}-\sqrt{5})^2} = \sqrt{(7-3)^2 + (\sqrt{11}+\sqrt{5})^2}.$$

Ответ $\min f(x) = \sqrt{2(16 + \sqrt{55})} \approx 6,843.$

Пример 2. Аналогично может решаться и следующая задача по нахождению наименьшего значения функции

$$f(x) = \sqrt{(x-3)^2 + (x-2)^2 + 4} + \sqrt{(x+3)^2 + (x-1)^2 + 33}. \quad (4)$$

Преобразуем выражение (4) к следующему виду

$$f(x) = \sqrt{2} \left(\sqrt{\left(x - \frac{5}{2}\right)^2 + \frac{9}{4}} + \sqrt{(x+1)^2 + \frac{41}{2}} \right). \quad (5)$$

Здесь, как и в предыдущей задаче, необходимо лишь найти длину одного из отрезков между точками

$$N_1 \left(\frac{5}{2}, \sqrt{\frac{9}{4}} \right), S_1 \left(-1, -\sqrt{\frac{41}{2}} \right) \text{ или } N_2 \left(\frac{5}{2}, -\sqrt{\frac{9}{4}} \right), S_2 \left(-1, \sqrt{\frac{41}{2}} \right).$$

При этом координаты точек, аналогично примеру 1, выбирались с учётом того, чтобы они находились в разных полуплоскостях. Согласно этому условию можно определить экстремальное значение функции (4)

$$\min f(x) = \sqrt{2} \sqrt{\left(-1 - \frac{5}{2}\right)^2 + \left(-\sqrt{\frac{41}{2}} - \sqrt{\frac{9}{4}}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sqrt{82} + 3)^2 + 49}.$$

Ответ
$$\min f(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sqrt{82} + 3)^2 + 49} \approx 9,857.$$

Пример 3. Найти наименьшее значение функции

$$f(x) = 2x^2 - 2x + 62 + 2\sqrt{x^2 - 10x + 34} + \sqrt{x^2 + 8x + 32}. \quad (6)$$

Для удобного анализа представим выражение (6) в следующем виде

$$f(x) + 4 = (x - 5)^2 + 9 + (x + 4)^2 + 16 + 2\sqrt{(x - 5)^2 + 9} + \sqrt{(x + 4)^2 + 16}.$$

Введём в рассмотрение дополнительную функцию

$$g(x) = f(x) + 4,$$

откуда выражение (6) запишется в виде

$$f(x) + 4 = g(x) = \left(\sqrt{(x - 5)^2 + 9} + \sqrt{(x + 4)^2 + 16} \right)^2.$$

Найдём минимум функции $g(x)$ аналогично примеру 2. Для этого, необходимо лишь найти длину одного из отрезков (причём неважно какого) между точками:

$$N_1(5, 3), S_1(-4, -4) \text{ или } N_2(1, -3), S_2(-1, 4).$$

Пусть таким отрезком, например, будет отрезок N_1S_1 . И тогда, будем иметь

$$N_1S_1 = \sqrt{(-4 - 5)^2 + (-4 - 3)^2} = \sqrt{130}.$$

Имеем
$$\min g(x) = g(x_0) = 130, x_0 \in [-4, 5].$$

Так как концы отрезка N_1S_1 находятся в разных полуплоскостях, то на границе его пересечения с осью абсцисс будет располагаться точка $M(x_0, 0)$. Теперь для определения $\min f(x)$ найдём её координаты. Уравнение прямой, на которой лежит отрезок N_1S_1 , будет иметь вид

$$N_1S_1: \frac{x - 5}{-9} = \frac{y - 3}{-7} = t \Leftrightarrow \begin{cases} x = -9t + 5 \\ y = -7t + 3 \end{cases}.$$

Полагая $y = 0$, найдём $t = \frac{3}{7}$, следовательно, и $x_0 = -9 \cdot \frac{3}{7} + 5 = \frac{8}{7}$.

Итак, координаты точки $M\left(\frac{8}{7}, 0\right)$ определены, откуда находим

$$\min f(x) = \min g(x_0) - 4 = g\left(\frac{8}{7}\right) - 4 = 126.$$

Ответ
$$\min f(x) = 126.$$

Полученный результат позволяет теперь решить и более общую задачу. С его помощью можно, например, определить экстремум следующих функций

$$r(x) = x^2 - x(a_1 + a_2) + \sqrt{(x - a_1)^2 + d_1^2} + \sqrt{(x - a_2)^2 + d_2^2};$$

$$r_1(x) = x^2 + K \cdot |x - x_{\min}| + \sqrt{(x - a_1)^2 + d_1^2} + \sqrt{(x - a_2)^2 + d_2^2},$$

где $(a_i, d_i) \in R^2, i = 1, 2; \min[r_1(x)] = r_1(x_{\min}), K \in R$.

Пример 4. Найти наименьшее значение функции

$$r(x) = x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16}. \quad (8)$$

Запишем выражение (8) в следующем удобном для анализа виде

$$\begin{aligned} r(x) &= x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \{a_1 = 5, a_2 = -4, a_1 + a_2 = 1\} = \\ &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33. \end{aligned}$$

Следовательно

$$r(x) = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33. \quad (9)$$

Теперь используя результат предыдущего примера 3, для функции (9) получим

$$\min r(x) = r\left(\frac{8}{7}\right) = 32.$$

Ответ

$$\min r(x) = 32.$$

Предложенные задачи решались на стыке двух наук – алгебры и аналитической геометрии, что позволило получить оригинальные неординарные аналитические решения. В дальнейших публикациях авторы надеются расширить класс задач, которые могли бы решаться с помощью предложенной схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куделин, О.Г. Нестандартное решение некоторых алгебраических задач с помощью аналитической геометрии / О.Г. Куделин, В.И. Фомин // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 164-166.
- 2 Клетеник, Д.В. Сборник задач по аналитической геометрии / Д.В. Клетеник. -М.: Наука, 1986. -223 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экстремум функции, алгебра, аналитическая геометрия
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Куделин Олег Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Фомин Василий Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПО УДАЛЕНИЮ ВОДЫ ИЗ ОБВОДНЕННОГО МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

В.В. Тарасов, П.В. Кулямов

THE DEFINITION OF PARAMETERS OF WORK-STUDY OF REGENERATION INSTALLATION FOR REMOVAL WATER FRACTION FROM THE WORKED - OUT ENGINE OIL IN SHIP CONDITIONS
 Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
 V.V. Tarasov, P.V. Kulyamov

The parameters of test of Installation on regeneration of worked-out oils in condition on list and different of ship are presented and it were obtained the experimental results for removal of water fractions from the rejected engine oil.

Keywords: marine conditions - roll and different, regeneration of the worked-out, installation on regenerations, water fraction

Показаны параметры установки по регенерации отработанных масел при ее испытаниях в условиях крена и дифферента судна. Представлены экспериментальные результаты по удалению воды из отбракованного моторного масла.

Считается, что при годовом объеме потребления масел более 10 т, капитальные вложения в очистку и регенерацию отработанного моторного масла (ОММ) на месте потребления полностью окупаются при наличии стационарной малогабаритной установки [1]. Однако, проведение очистки и регенерации в судовых условиях не возможно из-за отсутствия необходимых для этой цели установок.

Основной частью существующих установок является тонко-пленочный испаритель (ТПИ) – это высокая колонна круглого сечения в которую подается подогретое до 80-120 °С ОММ. В колонне вакуумным насосом создается разрежение 400-200 мм рт. ст. Стенки колонны подогреваются. Масляная пленка должна контактировать со стенками колонны очень

кратковременно, чтобы не было крекинга, выгорания масла и уноса масляных фракций вместе с испаряющейся водой и легкими фракциями топлива. За счет вакуума и температуры из ОММ удаляются водо-топливные фракции [2].

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 [1].

Авторами разработана установка «РУМС-1» (регенерационная установка для масел судовая) и способ регенерации масла для интенсификации процесса дистилляции жидких загрязнителей из ОММ и повышения экономичности ее работы за счет возможности использования утилизационного тепла судовой энергетической установки и вакуумирования циклонным термо-вакуумным испарителем (ЦТВИ) за счет работы судовых систем и механизмов [3]. 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 – крен, дифферент, качка.

В лабораторной установке предусмотрены:

- оперативное регулирование рабочих параметров установки (температуры масла и давления в камере испарения);

- визуальный контроль конденсации отгоняемых фракций;

- возможность предварительного регулирования угла раскрытия факела.

В лабораторной установке осуществляется контроль следующих параметров:

- температура масла в емкости;

- температура масла после подогревателя (перед форсункой);

- температура поверхности камеры испарения в двух точках;

- давление (вакуум) в камере испарения;

- объем отогнанных из масла фракций.

Вышеописанный способ и установка были проверены в работе на специально изготовленной опытной мобильной установке [2].

Технические характеристики опытной установки:

- тип испарителя установки – циклонный вакуумно-термический с капельно-пленочным испарением;

- установленная мощность – 2,1 кВт, переменный ток 220 В;

- регенерируемые масла – моторные масла классов вязкости М10, М16;

- восстанавливаемые показатели (достигнутые значения): температура вспышки (с 155 до 200 °С); вязкость (с $\nu_{100} = 8,97$ до $\nu_{100} = 11,22$ мм²/с); содержание воды (с 3,1% эмульгированной воды до показателя «следы» при однократной обработке);

- режим работы: периодический (в режиме циркуляции); длительный на проток при условии нагрева регенерируемого масла до входа в установку до 80-90 °С;

- объем регенерируемого масла при работе в режиме циркуляции $V_M = 6$ дм³;

- производительность установки: номинальная $Q_{ном} = 0,12$ м³/ч; максимальная $Q_{макс} = 0,23$ м³/ч.

- объем циклона $V_{ц} = 1,5$ дм³;

- исполнение установки – переносная;

- габариты установки – 0,7×0,85×0,9 м;

- вес установки – 30 кг.

Целью лабораторных испытаний является определение фактических характеристик разработанной конструкции распыливающего устройства, пленочного испарителя и установки в целом. Также производилось определение предельно-допустимых углов наклона установки для выявления способности работы установки в судовых условиях.

Определение допустимого угла наклона установки. Для испытаний применялось масло М10В₂(с) с содержанием 2% эмульгированной воды. Объем заливаемого масла при испытаниях составлял $V_M = 2$ дм³. В распылителе применялось сопло с $\delta = 0,2$ мм.

Для приближения условий лабораторных испытаний к судовым, угол наклона установки периодически изменялся от 0 до α с периодом $\tau = 10-20$ с. Испытания выполнены для $\alpha = 20, 30, 40$ и 45 град. Для каждого угла α выполнялось по 5-6 качаний установки по на-

правлению оси факела и перпендикулярному ему. Для каждого угла α заливалась свежая порция испытуемого масла. Кроме этого, выполнены испытания работы установки при постоянных углах наклона 20 и 40 град.

По результатам испытаний определены следующие допустимые углы наклона работы установки:

- испаритель стабильно работает в условиях качки при углах наклона до 30 град;
- при углах наклона 40-45 град в условиях качки отмечен заброс масла в виде пены в конденсатор;
- в условиях постоянного наклона установки до 40 град испаритель работает стабильно.

Определение режима эффективной отгонки воды из обводненного моторного масла.

Для испытаний выбран худший в эксплуатации вариант обводнения масла: вода в масле находится в виде мелкодисперсной стабильной эмульсии. Содержание воды в масле более 2%. При данном обводнении существующие судовые средства очистки масла бессильны.

Испытания выполнялись на лабораторной установке. Для испытаний применялось нестандартное моторное масло Marine MLC-30 (Burman Castrol) с судна «СЛВ-315» Владивостокского морского рыболовного рыбного порта. При хранении масло было обводнено, образовалась стойкая эмульсия. В лабораторных условиях данная эмульсия не расслоилась в течение шести месяцев.

Физико-химические показатели чистого и обводненного масла MLC-30 (испытуемого масла) по результатам лабораторных исследований приведены в таблице 1.

По результатам наладочных испытаний на данном режиме определено, что на эмульгированном масле распылитель с соплом $\delta = 0,1$ мм работает неудовлетворительно. Из-за очень высокой вязкости холодного эмульгированного масла невозможен запуск испарителя в холодном состоянии, а при высокой температуре нагрева масла $t_m > 160$ °С происходит запыление сопла. Распылитель с соплом $\delta = 0,2$ мм, на эмульгированном масле работал достаточно надежно.

При испытаниях применялся распылитель с соплом $\delta = 0,2$ мм, давление масла перед распылителем поддерживалось $p_m = 1,0 \pm 0,1$ МПа, угол раскрытия факела был установлен $\alpha = 4$ град.

На первом этапе испытания выполнялись в режиме циркуляции регенерируемого масла в испарителе. Из-за большого количества воды в масле (3,1%) установленный на испаритель конденсатор без принудительного охлаждения перегревался, и параметры испарителя не стабилизировались. Результаты испытаний невозможно было систематизировать.

Таблица 1 – Физико-химические показатели испытуемого масла

Параметр	Масло MLC-30 чистое	Масло MLC-30 обводнено
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	11,6	не определяется эмульсия
Температура вспышки, °С	210	208 (обезвоженного)
Щелочное число, мг КОН/г	9,1	8,5
Водородный показатель, рН	7,7	7,7
Содержание механических примесей, %	0,006	отсутствует
Содержание воды, %	следы	3,1
Микрокопия	чистое	эмульсия с дисперсностью 5-10 мкм

Для выполнения заданного объема испытаний лабораторная установка регенерации была модернизирована. Был спроектирован и изготовлен конденсатор с водяным охлаждением типа труба в трубе. Для вакуумирования установки был установлен водяной эжектор, а отработанная вода эжектора использована в качестве охлаждающей конденсатора.

Второй этап испытаний выполнен в режиме работы испарителя на проток без циркуляции регенерируемого масла. На втором этапе испытания выполнялись в следующей последовательности.

Испытуемое масло (обводненное масло MLC-30) объемом 6 дм³ нагревалось в емкости до температуры 60-80 °С.

Одновременно испаритель и масляная система установки разогревались циркуляцией чистого масла MLC-30, залитого в циркуляционную емкость в объеме 0,5-1,0 дм³, по системе при включенном маслоподогревателе.

После того, как температура элементов установки поднималась на 5-10 °С выше, чем

задано режимом испытаний, насос и маслоподогреватель выключались, а масло из циркуляционной емкости сливалось. Установка переключалась в режим работы на проток, приемный шланг насоса опускался в емкость разогретого испытуемого масла, сточный патрубок циркуляционной емкости соединялся с герметичной приемной емкостью. Эжектором давление в камере испарения быстро доводилось до заданного значения. После чего включался насос и подогретое испытуемое масло последовательно прокачивалось через маслоподогреватель (где оно нагревалось до заданного значения) испаритель, где в камере испарения из масла при заданных давлении и температуре испарялась вода и затем из циркуляционной емкости установки самотеком стекало в герметичную сборную емкость.

После обработки всего масла установка выключалась, из сборной емкости отбиралась для лабораторного анализа проба регенерированного масла.

При необходимости регенерированное горячее масло сразу же подвергалось повторной регенерации по указанной выше схеме. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Заключение по результатам определения режимов отгонки воды из обводненного масла. Испытания показали эффективность испарителя при отгонке воды из обводненного масла.

Даже эмульгированная вода, при начальном содержании 3,1%, полностью удаляется при двукратной обработке при температуре в камере испарения $t_n = 100$ °С. Однократная обработка масла при температуре в камере испарения $t_n = 100$ °С и давлении в камере испарения $p_n = 0,02-0,03$ МПа позволяет снизить содержание воды в масле до 0,12%.

Однократная обработка масла при температуре в камере испарения $t_n = 100$ °С и давлении в камере испарения $p_n = 0,02-0,03$ МПа позволяет удалить воду из эмульгированного масла практически полностью.

При удалении воды в вакуумно-термическом испарителе одновременно со снижением содержания воды в масле повышается его щелочное число, что говорит о возврате растворенной в воде части присадки масла.

Для поддержания заданной температуры в камере испарения требуется более высокий нагрев масла перед распылителем, на 30-50 °С выше, чем при отгонке фракций дизельного топлива.

Таблица 2 – Испытание по удалению эмульгированной воды из масла

Параметры работы установки, режимы испытания и характеристики масла	Циркуляция		Проток			
	100	140	100	100*	100	140
Температура масла, °С	110-160	160-210	165-180	115-140	165-180	200-215
Давление, кПа	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,03-0,08	0,03-0,08	0,04-0,05	0,02-0,03	0,012-0,03	0,015-0,03
Температура конденсации, °С	18-60	18-70	16-18	16-18	16-18	16-18
Объемы регенерируемого масла, дм ³	2	2	6	5	6	6
Время регенерации, с	360	240	318	190	335	395
Кратность циркуляции,	4	3	–	–	–	–
Производительность, м ³ /ч	–	–	0,068	0,094	0,065	0,054
До регенерации:						
– содержание воды, %	3,1	3,1	3,1	0,6	3,1	3,1
– температура вспышки, °С	208	208	208	208	208	208
– вязкость кинематическая, мм ² /с при 100 °С	11,6	11,6	11,6	10,94	11,6	11,6
– щелочное число, мг КОН/г	9,2	9,2	9,2	9,4	9,2	9,2
После регенерации:						
– содержание воды, %	отсутст.	отсутст.	0,06	отсутст.	0,12	следы
– температура вспышки, °С	208	210	208	208	208	208
– вязкость кинематическая, мм ² /с при 100 °С	10,64	10,83	10,94	10,94	10,70	10,75
– щелочное число, мг КОН/г	9,7	10,6	9,4	9,7	9,6	9,9

*-повторно

Расход обводненного эмульгированного масла через сопло при одинаковых условиях на 30-60% ниже «сухого» масла. Это объясняется запирающим действием части выходного сечения сопла парами вскипаемой воды.

Расчетный рабочий режим отгонки воды из обводненного масла по результатам испытаний составляет:

- температура в камере испарения 100-140 °С;
- давление в камере испарения абсолютное 0,05-0,015 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сурин, С.А. Отработанные масла: вторая жизнь / С.А. Сурин // Мир нефтепродуктов. -2000. -№2. -С. 22-24.
- 2 Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. -М.: Машиностроение, 1983. -148 с.
- 3 Тарасов, В.В. Принципиальная схема установки по регенерации отработанного моторного масла в судовых условиях / В.В. Тарасов, П.В. Кулямов // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 175-179.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовые условия - крен, дифферент, регенерация отработанных масел, установка по регенерации, фракция воды
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»

ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР МОДЕЛИ ВИБРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ОПЕРАТОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.М. Барановский, С.В. Викулов, Л.В. Пахомова, А.К. Зуев

RESPONSE SPECTRUM OF VIBRATION ISOLATOR FOR ENERGY MACHINE OPERATOR
Siberian state university of water transport
A.M. Baranovskij, S.V. Vikulov, L.V. Pahomova, A.K. Zuev

Mathematical modeling and proved that in the homogeneous mass of the beams participating in the oscillations does not depend on the wavelength.

Keywords: sheath, spectrum, vibration isolator

Проведено математическое моделирование и доказано, что в однородных балках масса, участвующая в колебаниях не зависит от длины волны.

Проектирование виброзащитного устройства оператора энергетической машины должно быть направлено на снижение вредного воздействия источника вибрации на человека во всем диапазоне частот вибрации от 0,8 до 80 Гц (ГОСТ 12.1.012-90). Как правило, источник вибрации имеет широкий спектр высоких частот и несколько низких частот соответствующих работе механизмов. Стандартный диапазон частот судовой вибрации от 2 до 63 Гц. При выборе конструкции защитного устройства используются аналогии известные в современной технике. История развития систем защиты от вибрации указывает на самый эффективный метод защиты – упругие оболочки, наполненные газом или жидкостью. Сюда относятся колеса автомобилей, массивные отбойники, подушки безопасности, водяные кровати.

Свойства оболочки должны быть определены так, чтобы поведение модели отражало динамическое поведение реального объекта защиты. Основные черты, по которым определяется сходство модели и объекта, заключаются в спектре собственных частот. Сходство спектра может достигаться не полным моделированием, а некоторым оптимальным с точки зрения затрат и результата. Выбирая размеры, форму и упругие свойства модели необходимо получить приближение спектров.

Ожидать полного геометрического сходства простейшей модели и сложного объекта защиты достаточно трудно. Это обусловлено неоднородностью внутри защищаемого объекта, например, различием плотности костной или мышечной ткани. Поэтому предположим, что внутренняя структура модели однородна.

Рассмотрим метод отыскания спектра собственных частот оболочки содержащей жидкость под давлением. Тонкая цилиндрическая оболочка испытывает высокочастотные собственные колебания между образующих цилиндра. Натяжение во всех точках одинаково и определяется внутренним давлением. Выделим участок оболочки между двумя неподвижными образующими (рисунок 1).

Предположим, что участок имеет форму синуса. Текущая ордината оболочки от линии между узлами

$$y = y_{\max} \sin \frac{\pi x}{L}. \quad (1)$$

Дифференциал dF силы инерции жидкости можно найти, если знать количество жидкости присоединенной к оболочке. Представляется, что жидкость будет двигаться как единый поток, объем которого будет зависеть от длины участка. Вдали от участка скорости будут несущественными

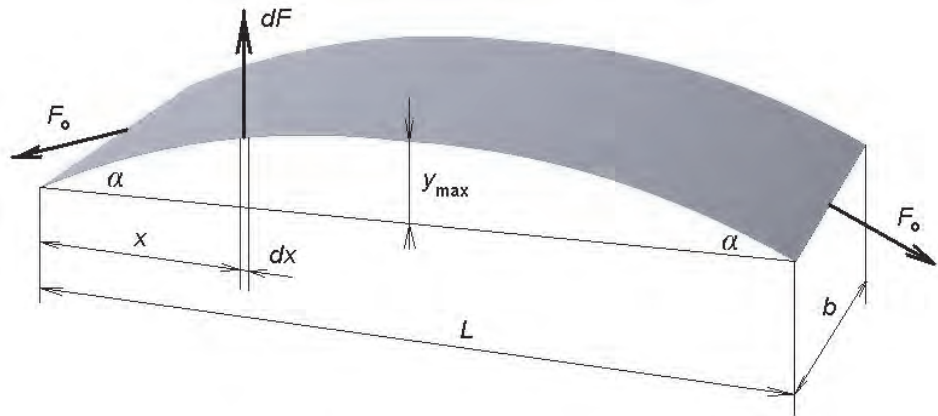


Рисунок 1 – Форма сечения при колебаниях

$$dF = k \cdot L \cdot b \cdot dx \cdot \rho \cdot a_{\max} \frac{y}{y_{\max}}, \quad (2)$$

где k – опытный коэффициент, учитывающий массу жидкости;
 ρ – плотность жидкости;
 a_{\max} – наибольшее ускорение в середине участка.

Натяжение оболочки выражается по формуле Лапласа через внутреннее давление по закону Паскаля

$$F_0 = 0,5PDb. \quad (3)$$

Левый и правый край оболочки находятся под углом, который можно считать малым, следовательно, синус и тангенс этого угла равен самому углу. Найдем этот угол из выражения

$$y'(x) = y_{\max} \frac{\pi}{L} \cos \frac{\pi x}{L}. \quad (4)$$

Принимая $x = 0$, получим тангенс, он же угол поворота оболочки в начале координат

$$y'(0) = y_{\max} \frac{\pi}{L}. \quad (5)$$

Натяжение оболочки от сил инерции жидкости можно приравнять натяжению от внутреннего давления

$$2F_0\alpha = \int_0^L dF = \int_0^L kLb\rho a_{\max} \sin \frac{\pi x}{L} dx. \quad (6)$$

После интегрирования и подстановки пределов получим

$$F_0 = \frac{kL^3 b\rho a_{\max}}{\pi^2 y_{\max}}. \quad (7)$$

Наибольшее ускорение найдем из кинематических параметров колебательного процесса

$$\begin{cases} y = y_{\max} \sin \omega t, \\ y' = y_{\max} \omega \cos \omega t, \\ y'' = -y_{\max} \omega^2 \sin \omega t, \end{cases} \quad (8)$$

где $y_{\max} \omega^2 = -a_{\max}$ – амплитудное ускорение.

Заменим силу натяжения её значением из условия равновесия (3) и решим полученное уравнение относительно длины полуволны оболочки

$$L = \sqrt[3]{\frac{PD\pi^2}{2k\rho\omega^2}}. \quad (9)$$

Вынужденные колебания оболочки могут приводить к развитым колебаниям в том случае, если полуволны укладываются на длину окружности целое число раз.

Обозначим через λ число волн укладываемых на окружности оболочки, тогда это

число может быть только четным, поскольку должны совпадать углы поворота смежных участков. С учётом этого из выражения (9) получим

$$\omega = \sqrt{\frac{P\pi^2\lambda^3}{2kD^2\rho}}, \quad \lambda = 2, 4, 6, \dots \quad (10)$$

Если задать размеры оболочки, давление в ней и плотность жидкости, то можно найти ряд значений частоты, при которой наступают резонансные колебания. Полученный спектр интересен тем, что он отличается от спектра поперечных колебаний балки, поскольку в однородных балках масса, участвующая в колебаниях не зависит от длины волны.

В таблице даны некоторые формы и частоты собственных колебаний оболочки для случая, когда остальные сомножители равны единице.

Таблица – Спектр частот цилиндрической оболочки

Волновое число, λ	Форма колебаний	Частота колебаний, ω
2		2,83
4		8,00
6		14,7

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оболочка, спектр частот, виброизолятор
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Барановский Александр Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Викулов Станислав Викторович, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Пахомова Людмила Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Зуев Анатолий Кузьмич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»
ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»
Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

**В.П. Горелов, Г.А. Данилов, Г.Р. Манчук,
В.И. Ратников, С.А. Саушкин, А.А. Шемшурин**

EFFECT OF DUTY FOR ELECTRICAL EQUIPMENT

Siberian state university of water transport
Novosibirsk state university of architecture and civil engineering
Norilsk industrial Institute
Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university
V.P. Gorelov, G.A. Danilov, G.R. Manchuk, V.I. Ratnikov, S.A. Saushkin, A.A. Shemshurin

The results of high voltage tests of products from betel when permissible duration of exposure and the breaking stress.

Keywords: resistor, electric heater, betel, energy, number of pulses, resistivity

Приведены результаты высоковольтных испытаний изделий из бетэла при допустимой и разрушающей длительности воздействующего напряжения.

Начиная с 1970-х годов, в России нашли широкое применение объёмные композиционные резисторы и обогреватели на основе силикатных и полимерных связей. Длительное использование композитных изделий в суровых климатических условиях и агрессивных средах, при эксплуатации, например, в военно-промышленном (ВПК) и аграрно-промышленном (АПК) комплексах приводит к различной степени деградации их электрофизических и физико-механических параметров. Главным фактором, обуславливающим этот процесс, является окисление дисперсного углерода, входящего в состав композитов, и металлических частей контактных устройств изделий, что приводит к росту величины электрического сопротивления [1-6].

Основное назначение изделий из композитов (бетэла, рапита, вилита, оксидноцинковой керамики), например, нагревателей и мощных резисторов – обеспечение безаварийной работы мощных электротепловых систем в гидротехническом строительстве и электротехнического оборудования в энергосистемах. Поэтому, кроме общих закономерностей изменения электропроводности, необходимо знать характеристики надёжности композитов, определяющие долговечность и рабочий ресурс изделий из них, стабильность их характеристик и, как следствие, технико-экономическую эффективность [3-6].

Ранее выполненные работы [1, 2] касались, главным образом, определения предельных энергий и напряжений, в основном при аperiодической форме импульса воздействующего напряжения. Были решены вопросы рационального выбора технологии изготовления, конструкции резисторов и расчёта первых опытных резисторных установок [1, 7, 8].

Расширение использования изделий, например, из бетэла для повышения надёжности работы объектов электроэнергетического назначения и создание электротепловых систем для интенсификации технологических процессов в гидротехническом строительстве определило необходимость проведения комплекса исследований количественных характеристик бетэловых изделий в электрических схемах, их надёжности.

Под надёжностью любого изделия понимается свойство объекта выполнять функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, режимов хранения и транспортирования [6].

Этот комплексный показатель обусловлен целым рядом конструкционных, производственно-технологических и эксплуатационных факторов. Следствием многообразия факторов, влияющих на надёжность композитов, является случайный характер процессов изменения свойств во времени, приводящих к деградации характеристик и отказам. Поэтому надёж-

ность композитных изделий, подчиняется вероятностно-статистическим закономерностям, знание которых необходимо при оценке технического уровня, сравнении различных конструктивных и технологических решений, расчёте рабочего ресурса тепловых систем и резисторных установок.

Вопросы надёжности можно разделить на три основные группы: технологическую надёжность, определение количественных показателей надёжности в условиях эксплуатации и обеспечение схемной надёжности систем. Совокупность этих показателей определяют уровень эксплуатационной надёжности. Поэтому комплекс исследований количественных показателей надёжности даёт возможность установить технологические недостатки изготовления композиции и изделий из них, ресурс работоспособности и перегрузочные возможности, номинальные режимы эксплуатации и пути совершенствования свойств бетэла.

Стабильность комплекса характеристик композитов при нормальных электрических нагрузках и во времени определяет возможные области применения и техническую эффективность материала. Вопросы стабильности свойств особенно важны, например для бетэловых композиций, изделия из которых используются в устройствах наружной установки и вероятность контакта с атмосферой не исключена. Поэтому оценка степени возможного изменения сопротивления при воздействии атмосферных условий важна как с точки зрения эксплуатации, так и при разработке путей стабилизации свойств композиции. С этой целью определено изменение сопротивления образцов – цилиндров (диаметром и высотой по 0,05 м), хранившихся в течение десяти лет в климатических условиях Сибири. В это время они подвергались попеременному воздействию отрицательных и положительных температур при постоянной влажности окружающей атмосферы. Следует отметить, что специальные метеорологические наблюдения не проводились, не фиксировались также и сезонные изменения в сопротивлении образцов. Поэтому результаты проведённых исследований следует рассматривать как итоговое влияние за длительный срок переменных атмосферных условий.

В ходе длительного хранения сопротивление высокоомных образцов возросло, а низкоомных – уменьшилось. При объёмной концентрации углерода $C_1 \approx 0,22-0,25$ сопротивление осталось неизменным (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение сопротивления образцов в процессе хранения и последующей сушки, Ом

Условия	C_1				
	0,15	0,20	0,50	0,40	0,50
После формовки	55000	400	1,4	1,98	1,00
После хранения	45000	460	7,0	1,80	1,00
После хранения и сушки при 423 К	20000	260	5,5	1,40	0,80
После хранения и сушки при 573 К	10000	1000	5,6	0,95	0,60

Перед длительным хранением все образцы были высушены при $T \sim 423$ К до постоянной массы. Повторная их обработка после длительного хранения при такой же температуре снизила сопротивление образцов во всем диапазоне объёмных концентраций углерода, при этом полученные значения сопротивлений оказались меньше начальных. Изменение сопротивления образцов при увлажнении композиции и последующей сушке объясняется шунтирующим влиянием избытка воды и физической усадкой цементного камня. Более интенсивное снижение сопротивления при сушке после длительного хранения свидетельствует о том, что усадочные явления в этом случае стали интенсивнее. Последнее может быть связано с физико-химическими процессами в структуре композиции во время хранения [9].

Цемент химически активен на протяжении всего срока существования композиции. Со временем процесс гидратации минералов цементного клинкера замедляется, но полностью не прекращается.

Гидратация сопровождается изменениями в абсолютных объёмах твёрдой фазы (увеличением) и повышением степени закристаллизованности гидратных новообразований. Гидратные соединения цементного камня способны при повышении температуры и уменьшении влажности окружающей среды терять межпакетную и структурную воду и вновь её присоединять при увеличении влажности. Эти процессы приводят к объёмным деформациям – усадке композиции. Деформационные напряжения при изменении объёма твёрдой фазы в ходе гидратации, кристаллизации и увлажнении, а также физическая усадка при обезвоживании гидратных соединений, изменяют условия контактирования частиц углерода и, как следствие, электрическое сопротивление бетэла.

При значениях объёмной концентрации углерода, большей порога протекания, в комплексной электропроводной фазе углерод-гидратированный цемент оба компонента непрерывны по всему объёму. Электропроводность в этом случае осуществляется благодаря контакту частиц углерода через тонкие адсорбированные слои. В такой структуре контакт жёстко зафиксирован между частицами негидратированного цемента. В этих условиях, возникающие в результате увеличения объёма твёрдой фазы продуктов гидратации цемента радиальные силы, всесторонне обжимают контактирующие частицы углерода. Увеличивается контактное давление и площадь контактного пятна. Последнее приводит к снижению электрического сопротивления.

В реальных условиях эксплуатации бетэл подвергается воздействиям напряжения различной амплитуды и длительности. Взаимосвязь этих параметров и их предельные допустимые величины имеют практическое значение и могут быть установлены по результатам разрушающих испытаний при ступенчатом увеличении длительности импульса и одноразовом воздействии напряжения вплоть до отказа.

Типичный характер изменения сопротивления образцов при ступенчатом утяжелении условий испытаний приведён на рисунке 1. Ступенчатое повышение воздействующей на образец электрической нагрузки приводит к снижению его сопротивления, как в слабом R_0 , так и в сильном R_E электрическом поле, при этом интенсивность снижения возрастает с увеличением напряжения. Отмеченный характер изменения R_0 и R_E согласуется с общими закономерностями изменения сопротивления бетэла в результате обезвоживания композиции при нагреве. Например, в ходе второй ступени увеличения напряжённости поля ($\tau_{ум} = 1,0$ с, $E = 1,4 \cdot 10^4$ В/м) образца с удельным сопротивлением $0,4$ Ом·м, его температура достигает $473-493$ К и сопровождается интенсивной сушкой и физической усадкой.

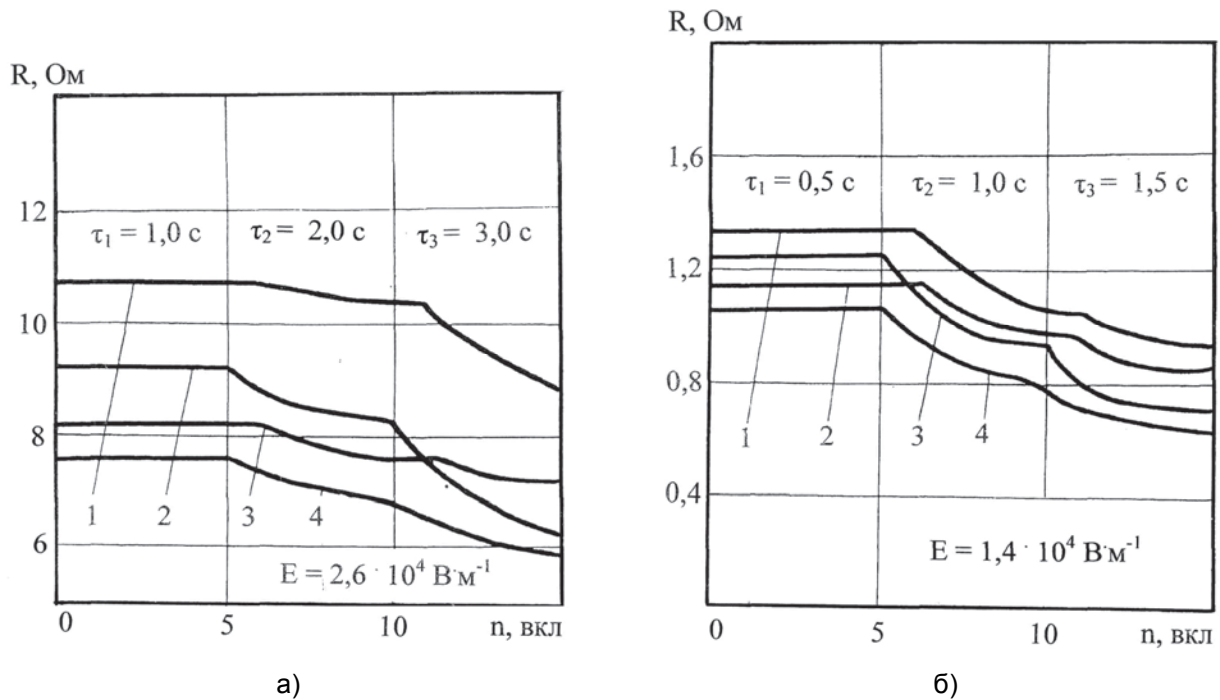


Рисунок 1 – Изменение сопротивления бетэловых образцов от числа импульсов воздействующего напряжения при ступенчатом увеличении их длительности и постоянном уровне напряжения: а)- при $E = 2,6 \cdot 10^4$ В/м; б)- при $E = 1,4 \cdot 10^4$ В/м; 1- R_0 до воздействия напряжения; 2- R_0 после воздействия напряжения; 3- R_E в начале импульса; 4- R_E в конце импульса

Наиболее интенсивное снижение сопротивления наблюдается в начале ступени электрического нагружения и в последующем стабилизируется. Утяжеление воздействующей электрической нагрузки на каждой последующей ступени приводит к дальнейшему росту температуры и повторению процесса снижения и стабилизации сопротивления.

По результатам однократных воздействий построены зависимости предельной длительности воздействия от уровня нагрузки $E(\tau)$ и $\omega(\tau)$ (рисунок 2). В диапазоне значений напряжённости $(0,70-52,40) \cdot 10^4$ В/м предельная длительность уменьшается от $6,4$ с до $0,6$ с.

При этом уровень удельной рассеиваемой энергии изменяется мало – от $5,0 \cdot 10^8$ до $5,8 \cdot 10^8$ Дж/м³.

Время выхода образца из строя для одного и того же значения напряжённости подвержено разбросу. Указанный разброс связан как со стохастическим характером процессов, приводящих к разрушению резисторов, так и некоторым отличием в значениях их сопротивлений. Применительно к резисторам разрядников и нелинейных ограничителей перенапряжений [7, 10] взаимосвязь параметров обычно описывается выражением вида

$$E\tau^m = \text{Const}, \quad (1)$$

где τ – длительность воздействия напряжения, приводящего к разрушению резистора;
 m – коэффициент, характеризующий резистивный материал.

Полученные расчётным путём и экспериментально зависимости $E(\tau)$ в диапазоне $(0,75-2,40) \cdot 10^4$ В/м удовлетворительно аппроксимируются выражением (1) при $m = 0,50-0,55$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горелов, В.П. Разработка электросетевых конструкций на напряжение 110-220 кВ из композитных материалов / В.П. Горелов, С.В. Горелов [и др.] // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2015. -№2. -С. 189-191.
 2 Крышталёв, В.Е. Исследование электромагнитной совместимости технических средств и методы систематизации результатов экспериментов / В.Е. Крышталёв, С.В. Горелов, С.Б. Долгушин // Вестник КрасГАУ. -2008. -№2. -С. 256-261.
 3 Крышталёв, В.Е. Механизм роста электрического сопротивления электронагревателей в условиях агрессивной среды / В.Е. Крышталёв, С.В. Горелов, С.Б. Долгушин // Вестник КрасГАУ. -2008. -№2. -С. 262-264.
 4 Данилов, Г.А. Системный подход к анализу мероприятий, повышающих надёжность электроэнергетических объектов / Г.А. Данилов, Г.Р. Манчук [и др.] // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2013. -№1. -С. 357-362.
 5 Горелов, С.В. Закономерности изменения электрофизических характеристик электротехнических композиционных материалов / С.В. Горелов, Г.Р. Манчук [и др.] // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2015. -№1. -С. 218-222.
 6 Горелов, С.В. Резистивные композиты в энергетике: в 2 кн. // Р.В. Манчук, С.В. Горелов; под общ. ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2000. Кн.1: Основы технологии и электропроводности. -231 с.; Кн. 2: Параметры резисторов и области применения. -141 с.
 7 Манчук, Г.Р. Фазовый состав и электропроводность композиций основных клинкерных материалов цемента с углеродом при различных условиях эксплуатации / Г.Р. Манчук, Р.В. Манчук // Изв. высш. учеб. заведений. -2010. -№5. -С. 22-29.
 8 Пружинина, В.И. Вентильные разрядники высокого напряжения / В.И. Пружинина [и др.]. -Л.: Энергия, 1971. -261 с.
 9 Горелов, С.В. Резисторы в схемах электротеплоснабжения / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Н.В. Цугленка. -2-е изд., перераб. и доп. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2008. -424 с.
 10 Манчук, Г.Р. Разработка резистивных композиционных материалов в России / Г.Р. Манчук, С.В. Горелов, В.П. Горелов, В.П. Прохоров // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2002. -№1. -С. 84-90.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: резистор, электрообогреватель, бетэл, энергия, число импульсов, удельное сопротивление

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Данилов Геннадий Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Манчук Глеб Русланович, ведущий инженер ФГБОУ ВПО «НГАСУ»

Ратников Валентин Иванович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Саушкин Сергей Анатольевич, преподаватель ФГБОУ ВО «НИИ»

Шемшурин Анатолий Алексеевич, доцент Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

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

630008, г.Новосибирск, ул.Ленинградская, 113, ФГБОУ ВПО «НГАСУ»

663310, г. Норильск, ул. 50 лет Октября, д. 7, ФГБОУ ВО «НИИ»

628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный

узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

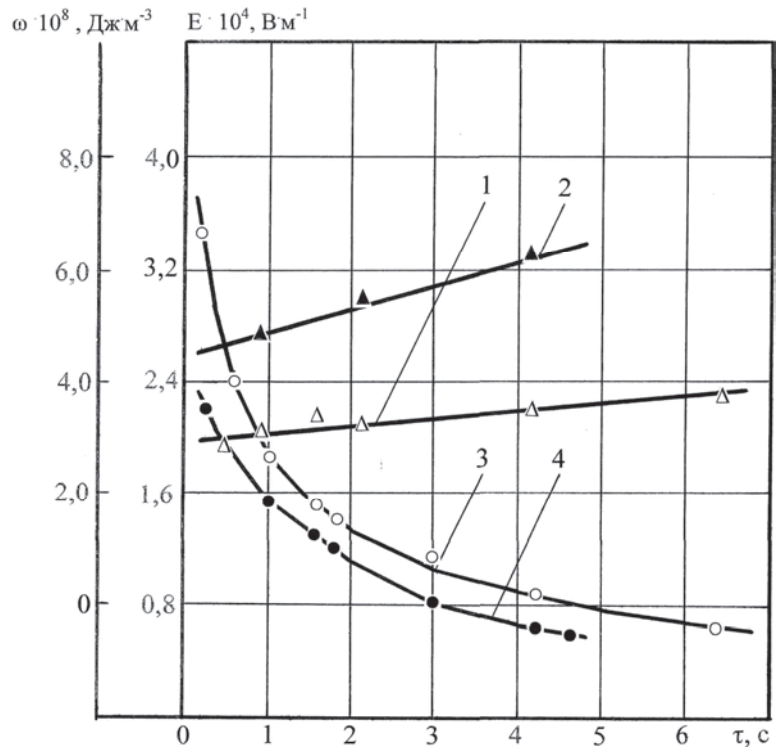


Рисунок 2 – Зависимость диссипированной энергии ω и предельной напряжённости электрического поля E от длительности воздействия напряжения для бетэловых образцов с $\rho_0 = 0,4$ Ом·м: 1- $\omega(\tau)$, количество включений 1; 2- $\omega(\tau)$, количество включений 50; 3- $E(\tau)$, количество включений 1; 4- $E(\tau)$, количество включений 50

ДОПУСТИМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТ КАК ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.П. Горелов, Ю.М. Денчик, О.Н. Левчишин, К.И. Прищепа, С.М. Спирев

ADMISSIBLE TECHNOLOGICAL EXPENSE OF THE ELECTRIC POWER ON ITS TRANSPORT AS PRIMAL PROBLEM OF OPERATION

Siberian state university of water transport

V.P. Gorelov, Ju.M. Denchik, O.N. Levchishin, K.I. Prishchepa, S.M. Spirev

Features of an expenditure of the electric power in electrical power system are considered. The criterion of an admissible technological expense of the electric power on its transport is defined.

Keywords: losses of the active power, technological expense of the electric power on transport, asymmetry, nonsinusoid

Рассматриваются особенности расходования электроэнергии в электроэнергетической системе. Определён критерий допустимого технологического расхода электроэнергии на транспорт.

Постоянно увеличивающийся расход электроэнергии на душу населения в промышленно развитых странах мира обуславливают острую необходимость в разработке научной обоснованной концепции сокращения потерь электрической энергии в электроэнергетической системе (ЭЭС). В дальнейшем для эффективности анализа потери энергии в электрических сетях подразделяются на: технологически необходимый расход энергии при передаче её в условиях оптимального режима работы энергосистемы; дополнительные технические потери при отклонении режима от оптимального. Подобная классификация показывает, что часть потерь энергии не является необходимой и их снижение оказывается экономически целесообразным [1].

Относительные технические потери в различных энергосистемах в зависимости от схемы и назначения электрических сетей (транспортные, системообразующие, распределительные), уровня их загрузки, доли потребителей, получающих энергию на повышенном напряжении, составляют от 4 до 16% энергии, поступающей в сеть. Структура потерь энергии в электрических сетях различных энергосистем в разные годы, полученная разными исследователями показывает, что основная доля потерь (до 70%) приходится на распределительные сети от 6 до 110 кВ.

Количественный анализ потерь энергии выполняется при представлении их в зависимости от основных влияющих факторов. К ним относятся: загрузка линии электропередачи; обменный поток мощности; степень компенсации потоков реактивной мощности; степень приближения режима к оптимальному; уровень автоматизации ведения режима сети; уровень потерь холостого хода электрооборудования и коммерческие потери.

Существенное влияние на уровень потерь электроэнергии оказывает отклонение режима от оптимального. При этом потери будут тем больше, чем больше степень отклонения. Поддержание оптимального режима в течение заданного периода времени можно осуществить при достаточной автоматизации оборудования и наличии системы планово-предупредительных ремонтов, позволяющих снизить время неэкономичного режима, а так же при хорошо поставленной работе по расчёту и ведению оптимального режима энергосистемы и автоматизированной корректировки режима.

Если до последних лет основной задачей считалось обеспечение отдельных подстанций регуляторами режима, поддерживающими параметры сети в допустимых пределах, то в настоящее время появилась настоятельная необходимость совместной настройки локальных регуляторов по интегральным показателям режима сети. Возросла значимость кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП).

Кондуктивные низкочастотные ЭМП, возникающие под воздействием электромагнитных излучений. На электрических станциях и подстанциях существует проблема электромагнитной совместимости технических средств, обусловленная нарушениями уровней ЭМС силовых цепей напряжения от 6 до 220 кВ и вторичных цепей со стандартным напряжением 100 В с силовым оборудованием (генераторы, электродвигатели, трансформаторы) напряжением выше 1 кВ [1]. Вторичные цепи имеют рабочие напряжения ниже на три и более порядка, чем у первичных цепей. Электроизмерительные системы средств диспетчер-

ского и технологического управления, противоаварийная автоматика, релейная защита и средства связи, получающие питание от электрических сетей собственных нужд, являются рецепторами, реагирующими на электромагнитный сигнал и (или) ЭМП.

Излучаемые низкочастотные ЭМП (магнитные и электрические поля) и высокочастотные ЭМП (магнитные и электрические поля; электромагнитные поля, в том числе вызываемые непрерывными колебаниями переходными процессами), кондуктивные высокочастотные ЭМП (наведённые напряжения или токи непрерывных колебаний, апериодические переходные процессы, колебательные переходные процессы) и электростатические разряды, которые возникают при коммутациях электрооборудования, коротких замыканиях (КЗ), грозовых перенапряжениях, разрядах статического электричества и при других переходных процессах, являются основными причинами, снижающими качество функционирования переносимых выше рецепторов и сетевой автоматики. Из-за этого снижаются надёжность и эффективность работы систем электроснабжения общего назначения (СЭС) и ЭЭС.

Для обеспечения электромагнитной совместимости ТС во вторичных цепях имеются нормативно технические и методические документы [1]. В них изложены методические рекомендации по контролю и анализу качества электрической энергии, по обеспечению ЭМС на объектах электросетевого хозяйства и по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях, которые охватывают различные аспекты ЭМС технических средств подстанций, машинных залов электростанций и других энергетических объектов во вторичных цепях, в сетях постоянного и переменного тока автоматизированных систем технологического управления, а так же критерии соответствия систем безопасности условиям ЭМС.

Эти директивные документы основаны на достаточно развитой теоретической базе. Уровень научно-технических разработок, определённый требованиями релейной защиты, систем автоматики и связи, противоаварийной автоматики и так далее, то есть системами которые обеспечивают энергетическую безопасность регионов (потребителей электроэнергетики), соответствует допустимому качеству функционирования ЭЭС. К тому же, исследования в этой области интенсивно продолжаются [1].

Таким образом, не обнаруживается заметного влияния кондуктивных низкочастотных ЭМП, возникающих под влиянием электромагнитных излучений, которые наблюдаются на электрических станциях и подстанциях, на эффективное использование электроэнергии.

Кондуктивные низкочастотные ЭМП, обусловленные низким качеством электроэнергии. Продолжительные изменения характеристик напряжения электропитания, относящихся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трёхфазных СЭС, обуславливают возникновение кондуктивных низкочастотных ЭМП [1]. Эти ЭМП обостряют проблему ЭМС силового оборудования ЭЭС, распределительных сетей и потребителей электроэнергии, потому что распространяются по проводам воздушных линий (ВЛ) и жилам кабельных линий (КЛ). В результате снижается качество функционирования ЭЭС (уменьшается надёжность работы электрооборудования, возрастают потери электроэнергии, сокращается срок службы изоляции).

Существующие методические рекомендации [1] по подавлению кондуктивных низкочастотных ЭМП в электрических сетях от 6 до 220 кВ не раскрывают в полной мере энергосберегающий аспект подавления этих помех. В действующих нормативно-технических документах [2] не приводятся сведения по определению (расчёту или измерению) кондуктивных низкочастотных ЭМП в электрических сетях, обусловленных низким качеством электроэнергии. Электрические трёхфазные сети напряжением выше 1 кВ не представлены в полном объёме как рецепторы.

Сложившаяся ситуация объясняется следующими обстоятельствами, обусловленными недостатками системы эксплуатации и контроля за расходом энергоресурсов.

– Электросетевые (распределительные) компании в нашей стране практически никогда не были заинтересованы в экономии электрической энергии, так как получают деньги за транзит электроэнергии, а её потери в сетях оплачивают по тарифу на транзит электроэнергии. Для этих компаний проблема экономии электроэнергии при её транзите, скорее теоретическая, чем прикладная, связанная с госзаказом по задаче энергосбережения (информационно-аналитический журнал «Энергоэксперт», №2, 2015 г.).

– Высокая степень сложности, опасности и, как следствие, стоимости исследований в электрических сетях среднего и высокого напряжений уровней ЭМС технических средств для кондуктивных низкочастотных ЭМП и отсутствие экономической заинтересованности,

Эффективность передачи активной мощности характеризуется коэффициентом мощности

$$K_{M,H} = \frac{P_1 - \Delta P_H}{\sqrt{P_H^2 + N_H^2}} = \cos \varphi'_y, \quad (3)$$

где ΔP_H – суммарные потери активной мощности, обусловленные несинусоидальностью напряжения в несимметричной сети, Вт;

$$\varphi'_y = \arctg(N_H/S_1).$$

В действительности дополнительные потери активной мощности превышают величину ΔP_H за счёт потерь, обусловленных обменными потерями на частотах высших гармоник, схожими по своей природе с потерями от протекания реактивной мощности в синусоидальных симметричных режимах [1].

В общем случае потери активной мощности тем больше, чем больше степень отклонения режима от оптимального. В этом случае повышается расход электроэнергии на создание электрических и магнитных полей в технических средствах. Однако эксплуатационный аспект этой проблемы свидетельствует о том, что абсолютно оптимальных режимов сети не существует. Поэтому сформулирован следующий критерий: только при отсутствии в сети кондуктивных низкочастотных ЭМП, обусловленных нестандартными значениями показателей качества электроэнергии, влиянием их на увеличение технологических норм расхода электроэнергии на её транспорт можно пренебречь. При соблюдении этого критерия также обеспечивается ЭМС технических средств [1]. Это должно являться одним из основных условий ведения режима систем электроснабжения общего назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Денчик, Ю.М. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Ю.М. Денчик, Г.В. Ситников, М.Н. Иванов, Г.А. Данилов; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.
- 2 ГОСТ 32144 -2013. Нормы качества электрической энергии / -М.: Стандартиформ, 2014. -16 с.
- 3 СТО 56947007-29.240.044-2010. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. -М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2010. -143 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *потери активной мощности, технологический расход электроэнергии на транспорт, несимметрия, несинусоидальность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Левчишин Олег Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Прищепа Константин Игоревич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Спирев Сергей Михайлович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В СТАТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

В.Н. Юрин

DISTRIBUTION OF HEAT LOSSES IN THE STATOR ELECTRICAL MACHINERY IN INDUCTION HEATING

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
V.N. Yurin

The analysis of the distribution of magnetic flux and the heat losses in the stator of the electrical machine during induction heating, which is presented as a combined nonuniform magnetic system. The conclusions will be taken into account when developing the methodology for calculating the parameters of the inductor.

Keywords: drying insulation, stator of the electric machine, inductor, the heat loss, combined magnetic system

Проведен анализ распределения магнитных потоков и тепловых потерь в статоре электрической машины при индукционном нагреве, который представлен как комбинированная неоднородная магнитная система. Полученные выводы будут учтены при разработке методики расчета параметров индуктора.

В результате научных исследований и ремонтных работ, выполненных сотрудниками МГУ им. Г.И. Невельского доказана высокая эффективность сушки изоляции статорных обмоток судовых электрических машин переменного тока с помощью «гибкого» индуктора [1] в

судовых условиях. Витки индуктора охватывают одновременно сердечник статора и станину (корпус) электрической машины. В ферромагнитном сердечнике статора будут выделяться тепловые потери, что создает температурный градиент в электрической изоляции, направленный к поверхности обмотки. Это способствует эффективному удалению влаги из изоляции, а не «парниковому эффекту» как при использовании внешних тепловых источников.

Так как индуктор охватывает одновременно два ферромагнитных элемента с различными характеристиками, необходимо оценить, как будут распределяться тепловые потери, это важно знать при предварительном расчете параметров индуктора.

В рассматриваемом случае магнитный поток обмотки индуктора содержит три составляющие: сравнительно небольшой поток рассеяния Φ_s (определяется способом установки индуктора), поток Φ_1 , пронизывающий сердечник, и поток Φ_2 , проходящий по станине. Каждой из этих составляющих соответствуют три элемента, которые в электрической схеме замещения обмотки включены последовательно [2]. Первый элемент – это индуктивность рассеяния L_s . Она включена последовательно с активным сопротивлением обмотки индуктора R_w . Второй и третий элементы – это два комплексных сопротивления. Первое из них учитывает взаимодействие обмотки с сердечником статора, а второе – со станиной. Станина выполнена из сплошного ферромагнетика, поэтому в ней велико влияние вихревых токов, намагничивающая сила которых в значительной мере ослабляет магнитный поток, проходящий через станину. Магнитный поток Φ_1 подвержен меньшему влиянию вихревых токов, так как сердечник выполнен из тонких стальных листов. Поэтому этот магнитный поток больше магнитного потока Φ_2 . Отсюда следует, что сопротивление Z_1 , соответствующее Φ_1 , больше сопротивления Z_2 , соответствующего Φ_2 . Таким образом, напряжение U_1 и полная мощность S_1 , относящиеся к сопротивлению Z_1 , больше чем U_2 и S_2 , относящиеся к сопротивлению Z_2 . При таких условиях сопротивление Z_2 можно считать линейным, а сопротивление Z_1 , нелинейным в режиме насыщения (рисунок 1).

На экспериментальном стенде [3] исследовано распределение магнитного потока в комбинированной магнитной системе. Напряжение индуктора обеспечивает рабочую точку, соответствующую перегибу основной кривой намагничивания. При помощи встроенных датчиков Холла измерена магнитная индукция в магнитопроводах и получены осциллограммы $B(t)$, $i(t)$ в рабочей точке. Так же проведен гармонический анализ кривых магнитной индукции $B(t)$, при помощи функции быстрого преобразования Фурье. Графики показаны на рисунках 2-5.

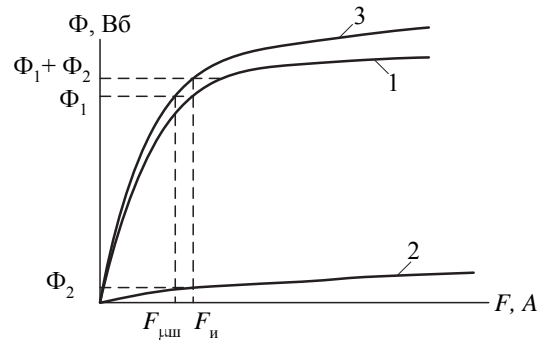


Рисунок 1 – Зависимость магнитного потока и его составляющих в комбинированном магнитопроводе: 1-магнитный поток в шихтованном сердечнике; 2-магнитный поток в сплошном сердечнике; 3-общий магнитный поток

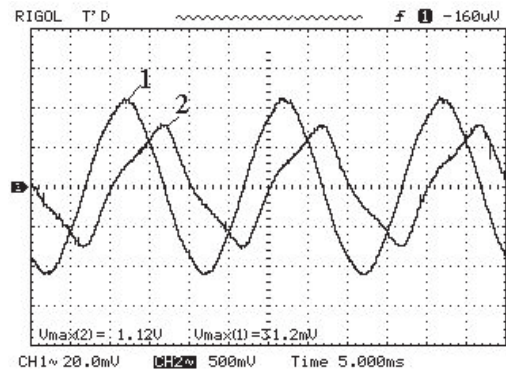


Рисунок 2 – Осциллограммы: 1-индукция $B(t)$ в шихтованном магнитопроводе; 2-намагничивающий ток в индукторе $i(t)$; масштаб $i = 0,2 А/дел.$; $B = 0,625Тл/дел.$

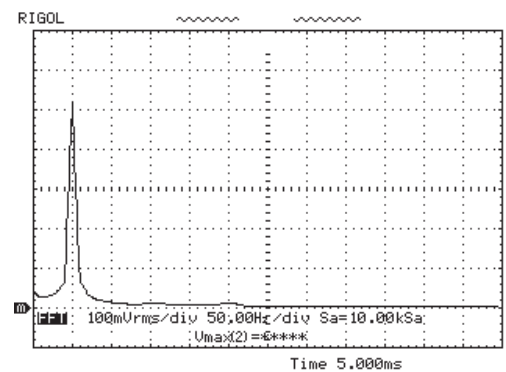


Рисунок 3 – Спектральный анализ индукции $B(t)$ для шихтованного магнитопровода: масштаб $B = 0,2 Тл/дел.$; $f = 50 Гц/дел.$

Экспериментально подтверждается, что при намагничивании неоднородной комбинированной системы (статора), магнитная индукция в шихтованном сердечнике будет существенно больше, чем в сплошном (станции). Так же из осциллограмм видно, что коэффициент мощности для сплошного сердечника существенно выше, но это не повлияет на соотношение потерь. В результате указанного распределения магнитных потоков большая часть тепловых потерь будет выделяться в шихтованной части статора электрической машины. Таким способом повышение коэффициента мощности для шихтованного сердечника требует дальнейшего изучения.

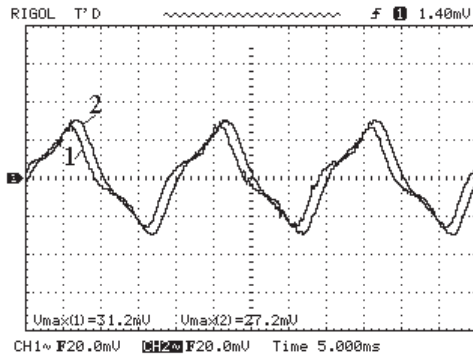


Рисунок 4 – Осциллограммы: 1-индукция $B(t)$ в сплошном магнитопроводе; 2- намагничивающий ток в индукторе $i(t)$; масштаб $i = 0,2A/дел.$; $B = 4 мТл/дел.$

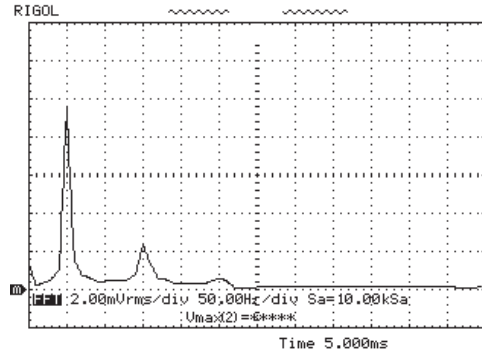


Рисунок 5 – Спектральный анализ индукции $B(t)$ для сплошного магнитопровода: масштаб $B = 1 мТл/дел.$; $f = 50 Гц/дел.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сологуб, Н.П. «Гибкий» индуктор: св-во Роспатента №1591 от 16.01.96 г.
 2 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. Вып. 42. -Владивосток: ДВГТУ, 2002. -С. 173-177.
 3 Юрин, В.Н. Стенд для исследования характеристик магнитных материалов сердечников электрических машин и трансформаторов для оптимизации параметров сушки изоляции индукционным методом / В.Н. Юрин // Науч. техн. конф.: «Вологодские чтения». -Владивосток: ДВГТУ, 2009.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сушка изоляции, статор электрической машины, индуктор, тепловые потери, комбинированная магнитная система
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Юрин Валерий Николаевич, 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»

ОЦЕНКА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В СЕТИ 6 кВ КУСТА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА ИЗ ГЛУБИННЫХ СКВАЖИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

Н.А. Рыковский, Ю.М. Денчик, Н.А. Ковалева, В.Г. Сальников, Е.В. Иванова, В.И. Ратников

STOCK ASSESSMENT SUSTAINABLE INTEGRATED LOAD LINE VOLTAGE 6 KV BUSHES ARTIFICIAL LIFT OIL AND GAS FROM DEEP WELLS

Siberian state university of water transport
 Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university
 N.A. Rykovskiy, Ju.M. Denchik, N.A. Kovaleva, V.G. Sal'nikov, E.V. Ivanova, V.I. Ratnikov

The presented results of experimental studies of static stability of electric load on mains voltage 6 kV №14 bush Eastern dome of the East saddle oil and gas fields. Mathematical models of the static load characteristics. Certain safety factor complex load voltage.

Keywords: static stability, electrical load, mathematical model, safety factor

Представлены результаты экспериментального исследования статической устойчивости элек-

трической нагрузки по напряжению в сети 6 кВ куста №14 Восточного купола Восточно-перевального месторождения нефти и газа. Приведены математические модели статических характеристик нагрузки. Определён коэффициент запаса устойчивости комплексной нагрузки по напряжению.

С целью повышения качества функционирования электрических сетей 6 кВ затухающих месторождений нефти и газа исследовалась комплексная нагрузка как рецептор узла сети 6 кВ куста добычи нефти и газа из глубинных скважин механизированным способом. Доказана допустимость эквивалентирования этой нагрузки асинхронным короткозамкнутым двигателем, необходимого для раскрытия механизма её влияния на устойчивость по напряжению. Теоретическим методом, на основе ретроспективного анализа выполненных исследований показано, что критическое значение напряжения в сети обуславливает экстремальное значение коэффициента регулирующего эффекта ($\alpha = -\infty$), при котором наступает аварийный режим работы электродвигателей и приводов технологических установок нефтегазодобычи.

Отсутствие детерминированных связей между индивидуальными графиками электроприёмников представляет полную мощность узла сети интегральным параметром нагрузки, поэтому экспериментальным методом исследовалась функция

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = \chi(U, f, t), \quad (1)$$

где n – количество индивидуальных электроприёмников;

f – частота переменного тока;

U – напряжение в узле сети;

t – продолжительность экспериментальных измерений, обусловленная характером нагрузки, $t = 24$ ч.

На рисунке 1 приведена электрическая схема измерений полной мощности в узле сети 6 кВ региона с затухающим месторождением нефти и газа.

Для изменения полной мощности $S(t)$ использовались измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) «Омск-М», трансформаторы тока типа АВК-10600/5 (класс точности 1,0) и трансформатор напряжения типа

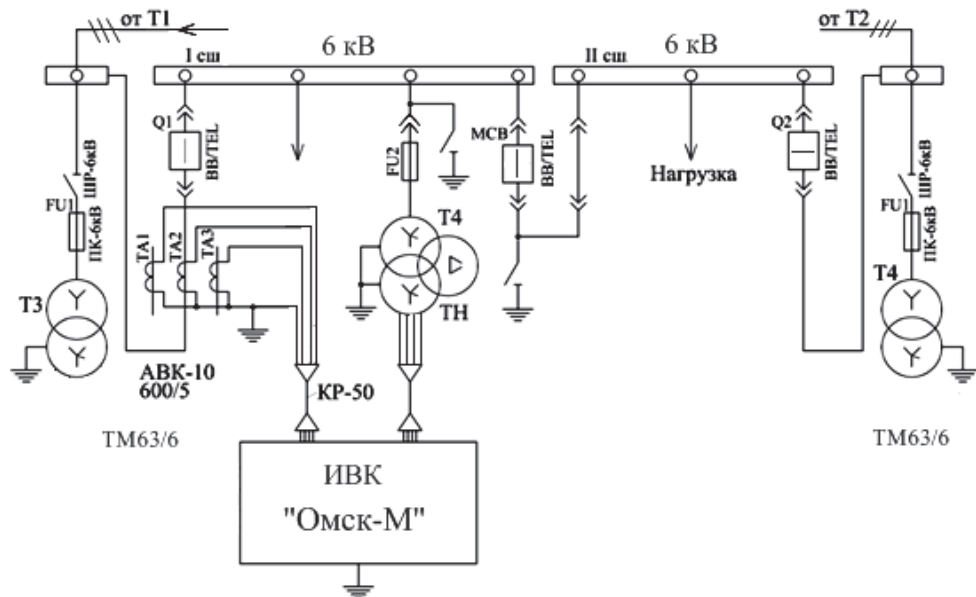


Рисунок 1 – Электрическая схема измерений полной мощности в узле сети 6 кВ

НТМИ6. Система измерений соответствует требованиям Госстандарта России к электроизмерительным приборам, представляет собой программируемое средство измерения электрических величин, имеет автономное математическое обеспечение для обработки результатов измерений. Относительная погрешность измерения полной мощности с вероятностью 0,95 составляет 4%. Суточный график полной мощности узла нагрузки исследуемой сети 6 кВ приведен на рисунке 2. При измерении показатели качества электроэнергии (Δf -отклонение частоты, Гц; $\delta UC_{(-)}$, $\delta UC_{(+)}$ -отрицательные и положительные отклонения напряжения, %) соответствовали требованиям ГОСТ 32144-2013, поэтому рисунок 2 отображает функцию

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = \chi(t).$$

Расчёты по программе математического обеспечения измерений (программа Matlab) по-

зволюли охарактеризовать суточный график полной мощности по всем известным показателям:

– математическое ожидание $M[S]=0,5 \text{ МВ}\cdot\text{А}$, которое учитывает в сжатом виде все электрические режимы электропотребления за период наблюдения;

– среднее квадратическое отклонение $\sigma[S]=0,04 \text{ МВ}\cdot\text{А}$, которое является характеристикой рассеяния полной мощности за период наблюдения;

– коэффициент неравномерности электропотребления $\kappa_{нр}=0,71$, который характеризует отношение значения наименьшей полной мощности за расчётный к наибольшей;

– коэффициент заполнения суточного графика $\kappa_3=0,86<1$, который характеризует отношение математического ожидания полной мощности к наибольшему значению за период наблюдения;

– коэффициент формы графика $\kappa_\phi=1,05>1$, который характеризует отношение среднеквадратического значения к математическому ожиданию полной мощности за период наблюдения.

Распределение в течение суток значений полной мощности как случайной величины соответствует равномерному закону распределения теории вероятностей и математической статистики. Поэтому можно сделать вывод о том, что во время всего цикла работы затухающих месторождений сохраняется равномерное электропотребление.

Действующая электромагнитная обстановка в исследуемом узле сети 6 кВ позволяет определить статические характеристики нагрузки (СХН) по напряжению аналитическим путём на основе разложения функций $P=f(U)$, $Q=\psi(U)$ в ряд Тейлора относительно номинального значения напряжения U_n , где P -активная мощность, Q -реактивная. Используются уравнения баланса мощностей

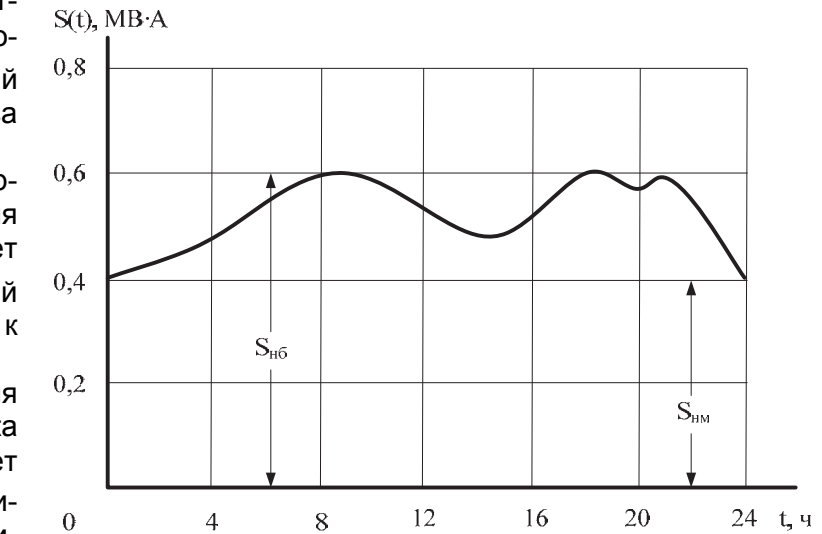


Рисунок 2 – Суточный график полной мощности узла нагрузки исследуемой сети 6 кВ

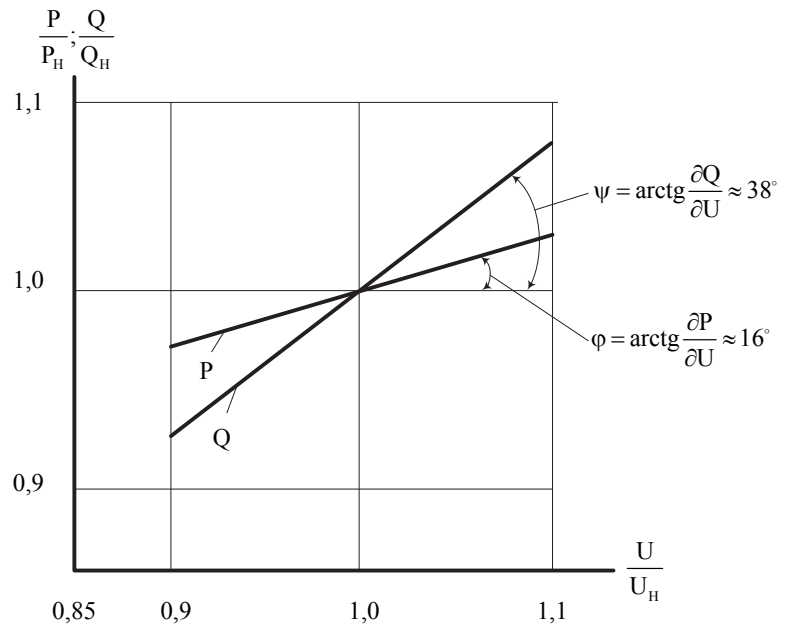


Рисунок 3 – Статические характеристики нагрузки по напряжению узла сети 6 кВ

$$\begin{cases} P(U) = P(U_n) + \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U; \\ Q(U) = Q(U_n) + \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U. \end{cases} \quad (2)$$

Для определения частных производных $(\partial P/\partial U)$ и $(\partial Q/\partial U)$ на подстанции 35/6 кВ (см. рисунок 1) осуществлялся анализ влияния колебаний напряжения ΔU в пределах $\pm 10\%$ от U_n на величины $P(U)$ и $Q(U)$. На рисунке 3 представлены графики функций

$P(U)/P_n = f(U/U_n)$ и $Q(U)/Q_n = \psi(U/U_n)$ на интервале изменений напряжения $\pm 0,1U_n$, где P_n и Q_n -соответственно активная и реактивная мощности при номинальном напряжении.

Графоаналитическим методом определены значения $\partial P/\partial U = 0,3$, $\partial Q/\partial U = 0,8$. С учётом полученных результатов математические модели в относительных единицах, характеризующие статические характеристики по напряжению узла сети 6 кВ куста механизированной добычи нефти и газа из глубинных скважин имеют вид

$$\begin{cases} P(U) = P(U_0) + 0,3(\pm \Delta U); \\ Q(U) = Q(U_0) + 0,8(\pm \Delta U). \end{cases} \quad (3)$$

Относительные ошибки расчётов по этим формулам с вероятностью 0,95 не превышают 15%.

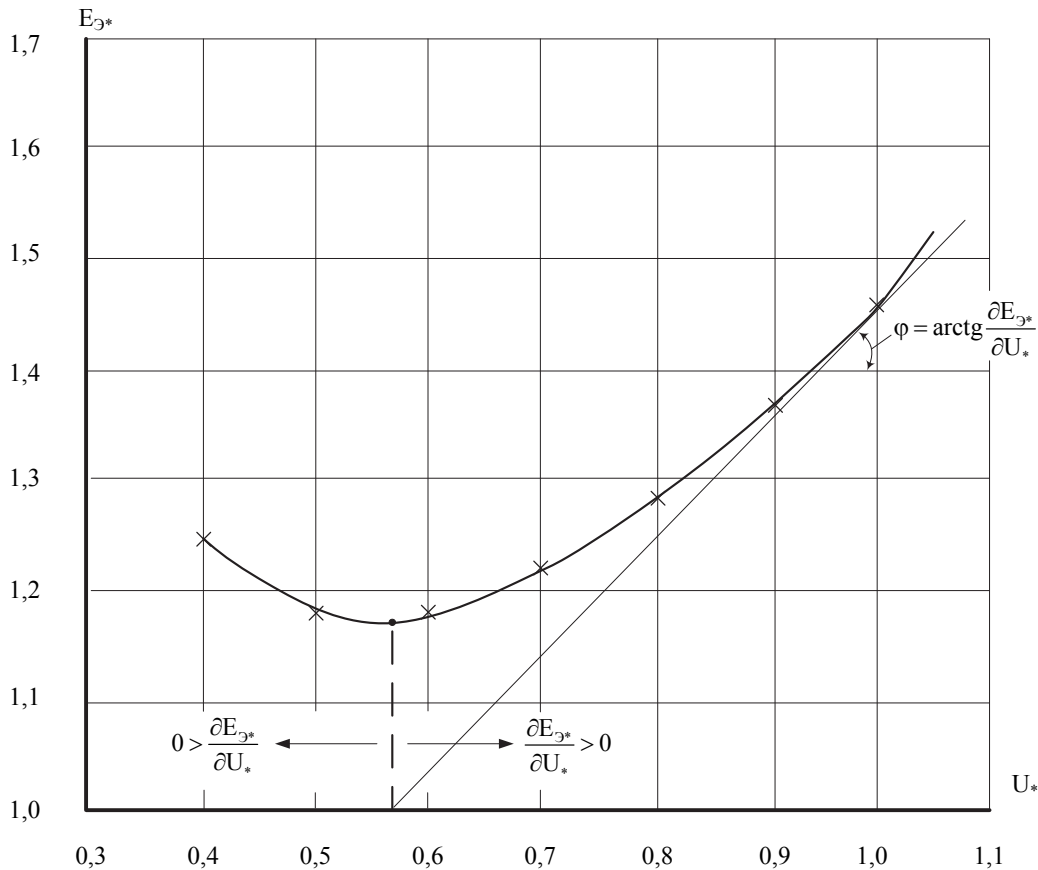


Рисунок 4 – Интерполяционное представление режимов работы комплексной нагрузки по напряжению узла сети 6 кВ куста добычи нефти и газа из глубинных скважин: $\partial E_{э*}/\partial U_* > 0$ -режим устойчивой работы; $\partial E_{э*}/\partial U_* < 0$ - режим не устойчивой работы

Завершилось эмпирическое исследование комплексной нагрузки как рецептора определением коэффициента запаса её устойчивости по напряжению.

Использовался вторичный критерий $\partial E_{э*}/\partial U_* > 0$, который связан со статическими характеристиками нагрузки через электродвижущую силу (ЭДС) эквивалентного генератора ($E_э$) схемы замещения и классический алгоритм расчёта [1].

На рисунке 4 представлен график функции $E_{э*} = f(U_*)$ в относительных единицах. По мере снижения напряжения значение производной $\partial E_{э*}/\partial U_* > 0$ уменьшается и при критическом напряжении $U_{кр*} = 0,57$ производная обращается в ноль, при дальнейшем снижении напряжения знак производной меняется $\partial E_{э*}/\partial U_* < 0$. Устойчивость нагрузки сохраняется в диапазоне $(0,57 - 1,1)U_n$. Коэффициент запаса устойчивости нагрузки по напряжению составляет $\kappa_{(U)} = 0,43$.

Таким образом, экспериментальные исследования показали возможность одновременного самозапуска всех асинхронных двигателей узла нагрузки как наземных, так и погружных

технологических агрегатов. Это позволяет повысить уровень автоматизации добычи нефти и газа на затухающих месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Денчик, Ю.М. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Ю.М. Денчик, Г.В. Ситников, М.Н. Иванов, Г.А. Данилов; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *статическая устойчивость, электрическая нагрузка, математическая модель, коэффициент запаса устойчивости*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Рыковский Никита Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Ковалева Наталья Александровна, преподаватель Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Ратников Валентин Иванович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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»*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

В.М. Левин

OPTIMIZATION OF MAINTENANCE OF THE EQUIPMENT OF ELECTRIC NETWORKS FOR IMPROVING THEIR RELIABILITY
Novosibirsk state technical university
V.M. Levin

An approach that improves the reliability index SAIFI of distribution network is proposed. The advantage of the developed probabilistic models is the possibility of implementing modern management techniques maintenance and repair based on the technical condition and the risk of failure of electrical equipment.

Keywords: distribution network, equipment, condition based maintenance, probabilistic reliability model, the optimal frequency of preventive

Предложен подход, позволяющий улучшить индекс надежности SAIFI распределительной сети. Преимуществом разработанных вероятностных моделей является возможность реализации современных способов управления техническим обслуживанием и ремонтом с учетом оценок технического состояния и рисков отказа электрооборудования.

Миссия российского электросетевого комплекса (ЭСК) – долгосрочное обеспечение максимально доступного и высоконадежного электроснабжения потребителей. Стратегией развития ЭСК РФ [1, 2] сформулированы приоритетные направления деятельности на ближайшую и отдаленную перспективу. В отношении распределительных сетей к ним относятся: внедрение сбора данных по надежности и качеству электроснабжения в соответствии с международными стандартами (использование показателей SAIFI и SAIDI), повышение уровня обслуживания всех категорий потребителей, принятие единого технического регламента эксплуатации сетей. Реализация указанных направлений призвана обеспечить эффективное использование ограниченных ресурсов для повышения надежности. В связи с этим актуальным является оценка критичности к отказам для участков и отдельных элементов сети на базе статистики аварийных отключений и данных диагностики, определение ранга оборудования по степени приоритетности к профилактическим ремонтам, оптимизация интервала времени до очередной профилактики с использованием различных критериев эффективности. Решение поставленных задач опирается не столько на данные измерений, сколько на расчеты, выполнение которых возможно только при наличии доступных и адекватных моделей. В статье предложен подход к решению, основанный на разработке вероятностных моделей надежности [3].

Моделирование процессов технического обслуживания, влияющих на надежность. Эксплуатация электрических сетей представляет собой совокупность случайных процессов, имеющих различную интенсивность (изменение погодных условий, повреждения оборудования, аварийные отключения элементов сети). Моделирование указанных процессов открывает ряд вычислительных возможностей по наблюдаемости и управляемости системы, что

неоценимо при исследовании ее надежности. Эти возможности в полной мере реализуемы с применением аппарата управляемых Марковских и полумарковских случайных процессов [4,5]. Разрабатываемые модели эффективны для описания эволюции систем с возрастающей функцией интенсивности отказов

$$\lambda(t) = \lambda_0 + bt,$$

где λ_0 – значение интенсивности в начальный момент времени t_0 ;
 b – коэффициент, учитывающий темпы старения ЭО.

Одно из ключевых свойств марковости – стационарность (постоянство вероятности потока событий на произвольном интервале Δt) является ограничением при учете старения системы. С целью устранения ограничения в [6] модель отказов системы формируется на основе нестационарного случайного потока, характеризуемого мгновенной плотностью и математическим ожиданием числа событий на интервале времени $[t_0; t_0 + \Delta t]$

$$a = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} \lambda(t) dt = \lambda_0 \Delta t + \frac{b(2t_0 \Delta t + \Delta t^2)}{2}.$$

В этом случае вероятность отказа любого i -го элемента сети на интервале $[t_0; t_0 + \Delta t]$ будет зависеть не только от длины интервала, но и от его положения на оси времени

$$Q_i(t) = 1 - \exp \left[-\lambda_{0i} \Delta t - \frac{b_i (2t_{0i} \Delta t + \Delta t^2)}{2} \right], \quad (1)$$

что обеспечит учет влияния срока службы ЭО на вероятностные характеристики случайного процесса.

Построенные таким образом модели представляют собой направленные графы, вершины которых – состояния системы, характеризуемые вероятностями $p_i (i = \overline{1, n})$, а дуги – переходы из одного состояния в другое с интенсивностями $\lambda_{ij} (j \neq i)$. Двухуровневая унифицированная модель надежности ЭО при техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р) по состоянию представлена в [2] направленным графом и системой уравнений. Полученная модель представляет собой математическое описание следующей совокупности потоков случайных событий:

- ЭО из состояния 1 (норма) периодически через одинаковые интервалы t переводится в состояние 2 (диагностирование) продолжительностью T_k ;
- по итогам диагностирования ЭО с вероятностью q_1 возвращается в состояние 1 (q_1 -вероятность того, что за время τ дефект не возникнет);
- ЭО с вероятностью q_2 переводится в состояние 3 (профилактика) продолжительностью T_{no} для устранения развивающегося дефекта (q_2 -вероятность того, что за время τ дефект возникает, но не успевает развиться до отказа);
- ЭО 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 возникает и успевает развиться до отказа);
- в интервале между сеансами диагностирования в ЭО может возникнуть скрытый отказ, который будет обнаружен только при восстановительном ремонте (переход 1-3). Интенсивности переходов системы из состояния в состояние рассчитываются по выражениям

$$\lambda_{12} = \tau^{-1}, \lambda_{21} = q_1 T_k^{-1}; \lambda_{23} = q_2 T_k^{-1}; \lambda_{24} = q_3 T_k^{-1}; \lambda_{31} = T_{no}^{-1}; \lambda_{14} = \lambda(t); \lambda_{41} = T_{ae}^{-1}.$$

Модель позволяет рассчитать вероятности пребывания системы в любом из состояний в соответствии со стратегией ТО и Р по состоянию. Достоинством модели является возможность получения аналитических решений во времени для ряда показателей эксплуатационной надежности ЭО. Так средняя частота внезапных отключений ЭО определяется по выражению (2), полученному в результате преобразования исходной системы уравнений

$$\bar{w}_H(t) = \left(T_{ae} + \frac{A + Bt}{C + Dt} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где $A = (T_k + q_2 T_{no})(1 + \lambda(t) T_{ae}) - (T_k + q_3 T_{ae})$, лет;
 $B = q_2$, о.е.

$$C = q_3 [1 + \lambda(t) T_{ae}] - \lambda(t) (T_k + q_3 T_{ae}), \text{ о.е.}$$

$$D = \lambda(t) q_2, \text{ 1/лет.}$$

В представленной идеализации выражение (2) есть непрерывная функцией интервала времени между профилактиками $t = T$ и в известной степени характеризует эффективность эксплуатации ЭО. Оптимальное значение периодичности профилактик T_{opt} ЭО рассчитывается по критерию $\min(\bar{w}_i)$ при помощи процедуры вычисления функции (2) в соответствии с условием $d\bar{w}_i(t)/dt = 0$.

Внезапные отключения элементов распределительной сети приводят к нарушениям электроснабжения потребителей, технологическим и прочим потерям $\Delta\bar{P}$, измеряемым величиной ущерба Y . Таким образом, ущерб – случайная величина, количественно характеризует риск отказов ЭО. Для распределительных электрических сетей, питающих потребителей нефтедобывающего комплекса, величина ущерба от аварийных потерь добычи нефти на интервале эксплуатации Δt может быть вычислена по выражению [3]

$$Y(\Delta t) = \xi_0 \sum_{i=1}^n \sum_{t=0}^{\Delta t} \left\{ \Delta\bar{P}_i [1 - \exp(-\lambda_{\Delta\bar{P}_i} \Delta\bar{P}_i)] \bar{w}_{hi}(t) \right\} t, \quad (3)$$

где $\Delta\bar{P}_i$ – средняя величина технологических потерь при отказе i -го элемента сети, т/откл.;

$\lambda_{\Delta\bar{P}_i}$ – интенсивность технологических потерь при отказе i -го элемента сети, откл./т;

ξ_0 – удельная стоимость потерь, руб./т.

В международной практике для оценки надежности и качества электроснабжения, подключенных к сети потребителей используют средний индекс частоты прерываний электроснабжения SAIFI. Под ним понимают среднее количество длительных перерывов в системе электроснабжения на одного потребителя в год. Указанный индекс не трудно рассчитать на основе разработанных моделей. Для этого потребуются ввести допущение, что длительным перерывом в электроснабжении потребителей сопровождается отказ любого не резервируемого элемента сети. В большинстве случаев допущение не противоречит действительности, поэтому для расчета SAIFI достаточно применить формулу

$$SAIFI = \left(\sum_{i=1}^n \bar{w}_{hi} \Delta t \right) / N, \quad (4)$$

где i – количество отказавших в течение года элементов электрической сети, $i = \overline{1, n}$;

N – общее количество потребителей, получающих питание от данной распределительной сети;

$\Delta t = 1$ год.

Практическая реализация. Рассмотрим применение разработанных моделей к решению поставленных задач для радиальной распределительной сети (рисунок 1).

Сеть содержит понижающую подстанцию с двумя трансформаторами ТМН 4000-35/6 кВ и четырьмя отходящими присоединениями. В состав каждого участка сети входят воздушные линии (ВЛ) 6 кВ и КТП 6/0,4 кВ, питающие промышленную нагрузку. Общее количество подключенных к сети потребителей $N = 14$, их суммарная нагрузка 2720 кВА. Отказ любой i -ой ВЛ приводит к перерыву электроснабжения, нарушению технологического процесса и потерям $\Delta\bar{P}_i$. В таблице 1 приведены расчеты показателей надежности (1)-(3) на интервале $\Delta t = 1$ год. В расчетах использованы результаты обработки статистики многолетних наблюдений типа времени жизни [7]. Для ВЛ

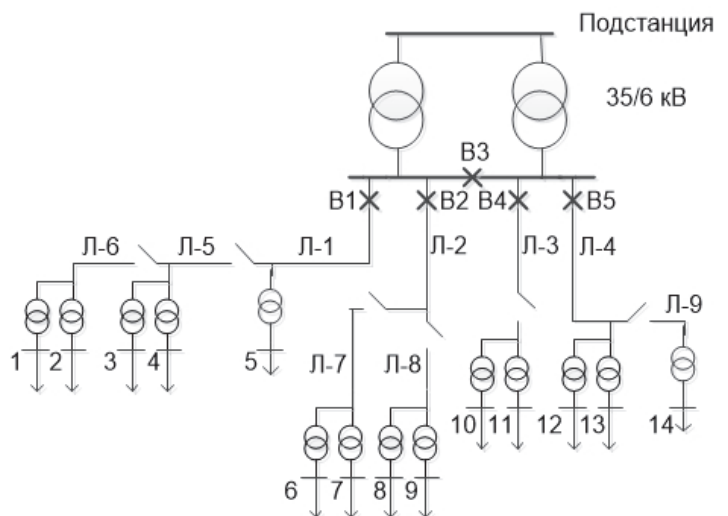


Рисунок 1 – Схема распределительной электрической сети

результаты обработки статистики многолетних наблюдений типа времени жизни [7]. Для ВЛ

6 кВ $\lambda_0 = 4,4 (100 \text{ км} \cdot \text{год})^{-1}$, $b = 0,001 \text{ год}^{-2}$, $\Delta \bar{P}_i = 8 \text{ т/откл}$, $\lambda_{\Delta P_i} = 0,125 \text{ откл./т}$.

Ранг критичности к отказам элементов сети вычисляется по выражению

$$R_{koi} = \frac{Q_i Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i Y_i}$$

Таблица 1 – Результаты расчетов показателей 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}_i , 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	0,2425	20881
Л-8	9,5	12	0,4308	0,3500	0,5419	30551
Л-9	4,1	12	0,1930	0,1755	0,4390	33461

*-из расчета $\xi_0 = 50 \text{ \$/баррель}$

Учитывается не только вероятность отказа ЭО, характеризующая его техническое состояние, но и тяжесть вызываемых им последствий (ущерб). По величине R_{koi} устанавливается приоритетность и планируется очередность выполнения профилактических ремонтов для каждой i -ой единицы ЭО сети. Ранжированная очередность ТО и Р для ВЛ 6 кВ представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Ранжированная очередность проведения ТО и Р ВЛ 6 кВ

№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ВЛ 6 кВ	Л-3	Л-4	Л-8	Л-2	Л-7	Л-9	Л-1	Л-6	Л-5
R_{ko} , о.е.	0,262	0,173	0,136	0,141	0,078	0,074	0,071	0,041	0,024
T_{omm} , год	1,30	1,62	2,30	1,72	1,00	1,37	1,86	2,75	1,86
$\min(\bar{w}_i)$, год ⁻¹	0,445	0,364	0,496	0,328	0,230	0,418	0,229	0,172	0,133

Как следует из таблицы наибольшее влияние на приоритетность ремонтов оказывает длина ВЛ. В меньшей степени на интервале оперативного планирования $\Delta t = 1$ год проявляется влияние срока службы, характеризующего темпы старения ВЛ. Оптимальное в смысле надежности значение периодичности профилактик ВЛ 6 кВ вычисляется по критерию $\min(\bar{w}_i)$. Расчеты показывают, что оптимальная в смысле эксплуатационной надежности величина интервала до очередной профилактики ВЛ составляет от одного до трех лет. На основе расчетов T_{omm} и $\min(\bar{w}_i)$ (таблица 2) по выражению (4) определяются текущее и прогнозное значения индекса SAIFI. Для текущего состояния сети $t = t_0$ SAIFI = 0,212, а после оптимизации ТО и Р ВЛ 6 кВ $t = T_{omm}$ SAIFI = 0,201. Полученные результаты наглядно демонстрируют возможности оптимизации ТО и Р ЭО в плане повышения надежности сети. Таким образом, следуя полученным в рассмотренном примере рекомендациям, на интервале эксплуатации $\Delta t = 3$ года реально добиться улучшения индекса SAIFI электрической сети на 5,15%.

Выводы. Стратегическое направление развития российского ЭСК связано с повышением надежности и качества электроснабжения потребителей. Помимо затратных и долгосрочных способов эффективно внедрение подсистем поддержки планирования мероприятий ТО и Р ЭО сетей, таких как оценка ранга критичности к отказам, определение приоритетной очередности предупредительных ремонтов, расчет оптимального в смысле надежности интервала времени до ближайшей профилактики. Для выполнения расчетов текущих и прогнозных показателей надежности распределительных сетей разработаны вероятностные модели, которые реализуют современные подходы к управлению ТО и Р с учетом оценок технического состояния и рисков отказа ЭО. Представленные модели отличает простота и адекватность получаемых решений, что расширяет область их эффективного применения

как основы для разработки подсистем поддержки планирования мероприятий ТО и Р ЭО сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.government.ru/media/files/41d47c37c741bf7feb74.pdf>.
- 2 Паздерин, А.В. Повышение надежности функционирования энергосистем за счет технологии гибких систем передачи переменного тока / А.В. Паздерин, С.А. Солодянкин // Электрические станции. -2009. -№5. -С. 38-41.
- 3 Левин, В.М. Оптимизационные модели технического обслуживания и ремонтов электрооборудования передачи и распределения / В.М. Левин, Е.А. Рычагова, И.В. Сорокин // Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем. Сб. научн. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. -№2. -Казань, 2015. -С. 20-29.
- 4 Дынкин, Е.Б. Управляемые Марковские процессы и их приложения / Е.Б. Дынкин, А.А. Юшкевич. -М.: Наука, 1975. -337 с.
- 5 Королюк, В.С. Полумарковские процессы и их приложения / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. -Киев: Наукова думка, 1976. -184 с.
- 6 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.
- 7 Левин, В.М. Повышение надежности электрооборудования нефтедобывающего комплекса / В.М. Левин // Главный энергетик. -2013. -№11. -С. 61-68.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *распределительная сеть, оборудование, обслуживание по состоянию, вероятностные модели надежности, оптимальная периодичность профилактик*
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»*

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА ОТ БЕРЕГОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.Н. Смыков

PROBLEMS OF ELECTRICITY SUPPLY VESSELS OF TECHNICAL FLEET OF COASTAL POWER NETWORK
Siberian state university of water transport
Yu.N. Smykov

The issues of safety and reliability of power supply of technical fleet of ships from the shore power supply.

Keywords: power supply vessel from the shore, electrical safety, technical fleet

Анализируются вопросы обеспечения надежного и безопасного электроснабжения судов технического флота от береговой электрической сети.

Освоение регионов Сибири и Дальнего Востока неразрывно связано с развитием транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного и водного транспорта). Так при обслуживании отдаленных районов нашей страны (Сибирь, Дальний Восток) и территорий, прилегающих к Северному морскому пути, не имеющих других транспортных путей, необходимость в современном, эффективном, энерговооруженном флоте ощущается наиболее остро. Значительная доля грузоперевозок обеспечивается водным (речным) транспортом, что в свою очередь невозможно без работы технического флота.

Речной флот в настоящее время испытывает ряд сложностей, к которым в полной мере относится моральный и физический износ, как самих судов, так и инфраструктуры. Однако в сложившихся условиях открывается большой ряд возможностей по развитию речного транспорта. Важная роль в развитии флота принадлежит электроснабжению судов.

Суда технического флота, обеспечиваются электроэнергией от береговых сетей, в связи с экономической целесообразностью. Однако наряду с очевидными плюсами электроснабжения судов технического флота с берега, существуют негативные стороны. Так, в береговых сетях объектов водного транспорта обострилась проблема электромагнитной совместимости, из-за качественных изменений нагрузок в электрических сетях общего назначения. Наблюдается интенсивное внедрение нелинейных потребителей электроэнергии, что вызывает искажения синусоидальности формы кривых тока и напряжения.

Возникают проблемы с автоматизацией процесса подключения судов к береговой электрической сети и с обеспечением электробезопасности и пожаробезопасности.

Необходима автоматизация судовой электроэнергетической системы, позволяющая

свести к минимуму работу экипажа, при подключении судовой электроэнергетической системы к береговой сети, применение систем дистанционного управления и контроля, программного управления, автоматического регулирования, релейной защиты. В данный момент, при всем разнообразии электронных систем управления, невозможно решение указанных задач, из-за нерешенной проблемы электромагнитной совместимости технических средств электропередачи «берег-судно»

Кроме этого особый интерес представляют возможности по повышению электро- и пожаробезопасности. Так, согласно [1] электроснабжение судов трехфазным током от береговых сетей должно осуществляться посредством судового четырехжильного гибкого шлангового кабеля. При электроснабжении судна непосредственно от сети с глухозаземленной нейтралью заземляющая (нулевая) жила кабеля служит для надежного соединения корпуса судна с заземляющей (нулевой) жилой береговой сети и заземляющими конструкциями электроколонки. На судовом ЩЭБ (щит электроснабжения с берега) заземляющая жила кабеля присоединяется при помощи болтового соединения к корпусу судна; на электроколонке заземляющая жила кабеля присоединяется к заземляющему зажиму.

Если судовой кабель трехжильный, то допускается его совместное применение с дополнительно проложенным одножильным гибким заземляющим кабелем в одном жгуте с механическим скреплением кабелей между собой [1].

Тем самым не оговаривается возможность произвести отключение непосредственно с судна, используя, например, независимый расцепитель, обеспечив тем самым не только судовую электроэнергетическую систему, но и электропередачу «берег-судно». Это важно из соображений электробезопасности и пожаробезопасности. Как пример: дефект одной жилы кабеля или нагрев одной или нескольких фаз, перегрев данного места и возгорание. Возникает необходимость в кратчайшие сроки обесточить данный участок цепи. Возможно отключение судовой электроэнергетической системы, за счет автоматического воздушного выключателя расположенного на щите электроснабжения судна с берега, однако для отключения электропередачи «берег-судно» необходимо отправить члена экипажа на берег и произвести отключение, что на практике, по ряду причин, может занимать достаточно большое время.

При электроснабжении судна с берега во время стоянки или в доке, возможна передача электроэнергии от сетей с изолированной и глухозаземлённой нейтралью.

Эта схема питания (рисунок 1) чаще всего имеет место при использовании разделяющего трансформатора, вторичная обмотка которого имеет изолированную нейтраль.

Так судовая электроэнергетическая система имеет изолированную нейтраль, то при соединении корпуса судна с заземлителем переключкой ($R_n \rightarrow 0$) условия электропожаробезопасности на самом судне определяются теми же положениями, что и при питании судовой сети от собственных источников электроэнергии.

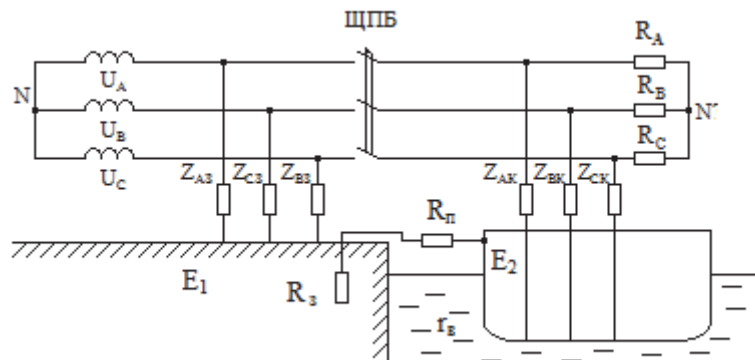


Рисунок 1 – Электроснабжение СЭЭС от трехфазной береговой сети с изолированной нейтралью

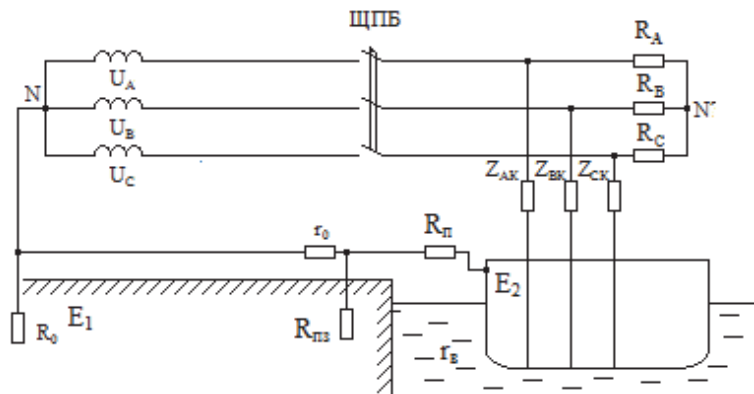


Рисунок 2 – Электроснабжение СЭЭС от трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью

Тем не менее, заземление не снимает «перекоса» напряжений фаз сети относительно корпуса (земли). В этом случае напряжение смещения, то есть $\dot{U}_{E_2 E_1}$ может достигать фазного значения, например при увеличении до ∞ проводимости одной из фаз судовой или береговой сети.

При питании судовой сети от береговой четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью (рисунок 2), отсутствии заземления корпуса судна ($R_n \rightarrow \infty$) и однофазном замыкании в судовой сети напряжение между корпусом судна и нейтралью берегового источника может достигать значения фазного напряжения. В этом случае человек, стоящий на земле не касающийся корпуса судна, подключается параллельно сопротивлению растекания тока в воде и попадает под напряжение, величина которого (а, следовательно, тока, проходящего через тело человека) зависит от сопротивления растекания тока в воде, сопротивления растеканию тока заземлителя нейтрали источника электроэнергии R_0 и повторного заземления нулевого провода $R_{пз}$, а также сопротивления тела человека $R_ч$, в расчетах принято принимать 1 кОм, на практике варьируется в широких пределах и зависит от огромного количества условий. Наибольшее значение напряжение прикосновения при прочих равных условиях будет иметь при больших значениях R_B .

Важным аспектом является возможность возникновения искрообразования при касании корпуса судна заземленными металлическими предметами. Тем самым, можно с уверенностью сказать, что возникает необходимость изменения сложившегося подхода к формированию береговой инфраструктуры, обеспечивающей подачу электроэнергии на судно, создания унифицированных, взаимозаменяемых электроколонок питания судна с берега.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Инструкция по электроснабжению судов от береговых сетей. РД 31.21.81-79. -М.: Морфлот, 1980. -32 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электроснабжение судна с берега, электробезопасность, суда технического флота
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Смыков Юрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ДЛЯ КОНДУКТИВНЫХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Горелов, А.А. Глотов, Ю.М. Денчик

PERMISSIBLE LEVELS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY FOR CONDUCTIVE LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC DISTURBANCE IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM

Siberian state university of water transport
 S.V. Gorelov, A.A. Glotov, Ju.M. Denchik

The concept of permissible levels of electromagnetic compatibility for conductive low-frequency electromagnetic disturbance.

Keywords: magnetic fields, electromagnetic compatibility, smart grid, electric power system

Рассмотрено понятие допустимых уровней электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех. Приводится структура алгоритма обеспечения электромагнитной совместимости электрических сетей в точке передачи электрической энергии.

Электромагнитная обстановка (ЭМО) в электроэнергетической системе (ЭЭС), обусловленная нарушениями норм качества электрической энергии (КЭ), определяет режимы работ электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжений, генераторов и приемников электрической энергии [1, 2]. Улучшение качества электроэнергии является одной из основных задач современного этапа развития электроэнергетики России, которая характеризуется переходом к новой технологической платформе. В основе этой платформы положена концепция интеллектуальных электрических сетей (smart grid):

- создание всережимной системы управления КЭ, основанной на применении интеллектуальных технологий (IT-технологий);
- внедрение в электрических сетях специальных устройств и технологии FACTS

(Flexible Alternative Current Transmission systems – гибкие системы передачи электроэнергии переменным током), которые позволяют преобразовывать существующие преимущественно пассивные электрические сети в активно-адаптивные (ААС);

– обеспечение возможности достаточно полного и достоверного автоматизированного анализа, в том числе оперативного и в реальном времени, непрерывного спектра текущих, ретроспективных и других процессов, протекающих в оборудовании при различных режимах их работы для апериодической, колебательной, динамической устойчивости ЭЭС с ААС.

Требования ГОСТ 32144-2013 применяют при установлении норм КЭ в электрических сетях: систем электроснабжения общего назначения, присоединенных к Единой энергетической системе России, изолированных систем электроснабжения общего назначения; во всех режимах работы систем электроснабжения общего назначения, кроме режимов, обусловленных:

– обстоятельствами непреодолимой силы: землетрясениями, наводнениями, ураганами, пожарами, гражданскими беспорядками, военными действиями;

– опубликованием нормативно-правовых актов органов власти, устанавливающих правила временного энергоснабжения;

– введением временного электроснабжения пользователей электрических сетей в целях устранения неисправностей или выполнения работ по минимизации зоны и длительности отсутствия электроснабжения.

Однако, нормы КЭ, установленные в этом стандарте, не рассматриваются в качестве уровней электромагнитной совместимости (ЭМС) для кондуктивных электромагнитных помех и предельных значений кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП), создаваемых оборудованием электроустановок потребителей электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Это обуславливает необходимость в определении уровней ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по отклонению частоты, по положительному и отрицательному отклонениям напряжения в точке передачи электрической энергии, по суммарному коэффициенту гармонических составляющих напряжения, по коэффициентам n -х гармоник напряжения, по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности.

На рисунке 1 представлена структура алгоритма обеспечения ЭМС электрических сетей в точке передачи электрической энергии, в которой определение допустимых уровней ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП являются самостоятельной задачей. Актуальность решения этой задачи обуславливается тем, что без достоверной информации об уровнях ЭМС невозможно:

– определить кондуктивные низкочастотные ЭМП по нарушаемым показателям КЭ и обеспечить их подавление;

– создать систему автоматического регулирования режимами ЭЭС, работающую в режиме стабилизации всех параметров. Проблема заключается не только в определении закона регулирования параметров (эта задача решается в НЭЭС с ААС), но и в недостаточной надежности силового оборудования, подверженного коммутационным воздействиям. Силовая часть регуляторов должна реагировать только на предельные значения кондуктивных низкочастотных ЭМП, то есть работать в щадящем режиме.

Продолжительные изменения характеристик напряжения в точке передачи электроэнергии пользователю электрической сети, относящиеся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трехфазных системах, обусловлены, в основном, изменениями нагрузки и влиянием нелинейных нагрузок, обеспечивающим значительное гармоническое воздействие на сеть. В ГОСТ 32144-2013 для этих характеристик установлены показатели и нормы КЭ. Однако, эти нормы КЭ не рассматриваются в качестве уровней ЭМС для кондуктивных ЭМП и предельных значений кондуктивных ЭМП, создаваемых оборудованием электроустановок потребителей электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Это новое положение межгосударственного стандарта [2]. В ранее действующем межгосударственном стандарте ГОСТ 13109-97 нормы КЭ являлись уровнями ЭМС для кондуктивных ЭМП в системах электроснабжения общего назначения. Считалось, что при соблюдении норм КЭ обеспечивается ЭМС электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии.

Возникает вопрос: как рассчитать при выполнении требований ГОСТ 32144-2013 кондуктивные низкочастотные ЭМП, обусловленные низким качеством электроэнергии? Эти ЭМП снижают качество функционирования линий электропередачи и электрооборудования,

их необходимо минимизировать до уровней ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП.

Достоверная информация об этих уровнях ЭМС необходима для повышения качества функционирования электрических сетей и создания в перспективе интеллектуальных ЭЭС с активно-адаптивной сетью на основе концепции Smart grid.

Анализ результатов позволяет предложить новую концепцию уровней ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП, обусловленных продолжительными изменениями характеристик напряжения в точке передачи электроэнергии пользователю электрической сети.

1 Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по отклонению частоты:

– в синхронизированных системах электроснабжения характеризуются нормально допустимым значением отклонения частоты $\delta f_{н,с} = \pm 0,2$ Гц,

которое нельзя нарушать в течение 95% времени интервала в одну неделю, и предельно допустимым значением $\delta f_{п,с} = \pm 0,4$ Гц,

которое нельзя нарушать в течение 100% времени интервала в одну неделю;

– в изолированных системах электроснабжения с автономными генераторными установками характеризуются нормально допустимым значением отклонения частоты $\delta f_{н,из} = \pm 1$ Гц, которое

нельзя нарушать в течение 95% времени интервала в одну неделю, и предельно допустимым значением $\delta f_{п,из} = \pm 5$ Гц, которое нельзя нарушать в течение 100% времени интервала в одну неделю.

2 Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по медленным изменениям напряжения характеризуются:

– при отрицательном отклонении напряжения предельно допустимым значением $\delta U_{(-)} = -0,1U_n$ или $\delta U_{(-)} = 0,1U_c$ (где U_n, U_c -соответственно номинальное и согласованное значение напряжения), которое нельзя нарушать в течение 100% времени интервала в одну неделю;

– при положительном отклонении напряжения предельно допустимым значением $\delta U_{(+)} = 0,1U_n$ или $\delta U_{(+)} = 0,1U_c$, которое нельзя нарушать в течение 100% времени интервала в одну неделю.

3 Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по показателям КЭ, характеризующим несинусоидальность напряжения, представляются следующими положениями:



Рисунок 1 - Структура алгоритма обеспечения электромагнитной совместимости электрических сетей в точке передачи электрической энергии

– Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по коэффициентам n -ых гармонических составляющих напряжения характеризуются нормально допустимыми значениями $K_{U(n),н}$, усреднёнными в интервале времени 10 мин, которые не должны превышать значений, указанных в [3] для сетей низкого, среднего и высокого напряжений, в течение 95% времени интервала в одну неделю и предельно допустимыми значениями $K_{U(n),п} = 1,5K_{U(n),н}$, которые нельзя нарушать в течение 100% времени каждого периода в одну неделю.

– Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по суммарному коэффициенту гармонических составляющих напряжения характеризуются нормально допустимыми значениями $K_{U,н}$, усреднёнными в интервале времени 10 мин, которые не должны превышать значений, указанных в [3] для сетей низкого, среднего и высокого напряжений, в течение 95% времени интервала в одну неделю и предельно допустимыми значениям $K_{U,п}$, указанных в [3], и которые не должны нарушаться в течение 100% времени интервала в одну неделю.

4 Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по показателям КЭ, характеризующим несимметрию трехфазной системы напряжений, представляются следующими положениями:

– В электрических сетях среднего и высокого напряжений, выполненных в трехфазном трехпроводном исполнении, уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности характеризуются нормально допустимым значением $K_{2U,н} = 2\%$, усредненным в интервале времени 10 мин, который нельзя превышать в течение 95% времени интервала в одну неделю, и предельно допустимым значением, $K_{2U,п} = 4\%$, который нельзя превышать в течение 100% времени интервала в одну неделю.

– В электрических сетях низкого напряжения, выполненных в четырёхпроводном исполнении, уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности характеризуются нормально допустимым значением $K_{0U,н} = 2\%$, усреднённым в интервале времени 10 мин, который нельзя превышать в течение 95% времени интервала в одну неделю, и предельно допустимым значением $K_{0U,п} = 4\%$, который нельзя превышать в течение 100% времени интервала в одну неделю.

5 Уровни ЭМС для кондуктивных низкочастотных ЭМП по показателям КЭ, относящимся к колебаниям напряжения, характеризуются предельно допустимым значением кратковременной дозы фликера $P_{st} \leq 1,38$ и длительной дозы фликера $P_{lt} \leq 1$, которые нельзя превышать в течение 100% времени интервала в одну неделю.

6 Случайные изменения характеристик напряжения в точке передачи электроэнергии пользователю электрической сети вызываются непредсказуемыми событиями (например, повреждениями оборудования пользователя электрической сети) или внешними воздействиями (например, погодными условиями или действиями стороны, не являющейся пользователем электрической сети). Для случайных событий в ГОСТ 32144-2013 приводятся только справочные данные, то есть показатели КЭ, характеризующие прерывания напряжения, провалы напряжения и перенапряжения, импульсные напряжения, вызванные молниевыми разрядами или процессами коммутации в электрической или электроустановке потребителя электрической энергии, не нормируются. Их следует относить к кондуктивным низкочастотным ЭМП, которые не имеют регламентированных уровней электромагнитной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Денчик, Ю.М. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.В. Ситников, Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -559 с.
- 2 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е.В. Иванова; под ред. В.П. Горелова, Н.Н. Лизалека. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2006. -432 с.
- 3 ГОСТ 32144-2013. Международный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость механических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ). - М.: Стандартинформ, 2014. -16 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитные поля, электромагнитная совместимость, «умные» сети, электроэнергетическая система

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Глотов Александр Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ И КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЗКИ В РЕЖИМЕ ON-LINE

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

А.Л. Нагайцев, А.В. Семенов, Р.В. Федюков, А.Г. Фишов, В.О. Чершова

REAL TIME IDENTIFICATION OF THE LOAD EQUIVALENT CIRCUIT PARAMETERS AND STABILITY OF LOAD CONTROL
Novosibirsk state technical university

A.L. Nagaytsev, A.V. Semenov, R.V. Fedyukov, A.G. Fishov, V.O. Chershova

Identification of the load equivalent circuit parameters and the critical voltages in real time allow us to calculate the actual security limits and use them to provide better regime management, resulting in more efficient of electric power systems operation. In this paper, based on the transient analysis, the authors explore the possibility of identifying the parameters of the model of the complex loading and the possibility of determining the critical voltages in the nodes of electrical network.

Keywords: stability of complex load, identification of parameters of the model of the complex load, critical voltage, verification of mathematical model, real time emergency control management

Идентификация параметров схемы замещения нагрузки и определение критических напряжений в режиме реального времени позволяют вычислять актуальные режимные ограничения и использовать их при управлении режимом, что способствует повышению эффективности энергосистемы. В работе исследуется возможность идентификации параметров модели нагрузки при изменениях режима сети и определения критических напряжений в узлах сети.

Актуальность задачи сохранения устойчивости нагрузки возрастает по мере увеличения ответственности и усложнения технологических процессов в металлургической, нефтегазовой и других отраслях промышленности. Основным недостатком используемого в настоящее время заблаговременного определения режимных ограничений по условию устойчивости нагрузки является их завышение, что ведёт к снижению эффективности энергосистемы (ЭС), в том числе её способности передавать больше энергии на большие расстояния с большей надёжностью. Идентификация схем и параметров моделей режимов ЭС в реальном времени позволяет вычислять актуальные режимные ограничения и использовать их при управлении режимом, что способствует повышению эффективности ЭС. Применительно к контролю устойчивости параллельной работы генераторов в ЭС такая задача решена в [1]. В данной работе исследуется возможность идентификации параметров модели комплексной нагрузки при изменениях режима сети и определения критических напряжений в узлах сети [2].

Метод контроля ограничений по статической устойчивости нагрузки на базе идентифицируемой по параметрам режима модели. Для схемы замещения комплексной нагрузки, состоящей из асинхронного двигателя (АД) и нагрузки, представленной линейным шунтом (рисунок 1), справедлива система уравнений (1).

$$\begin{cases} P_i = I_{Si}^2 \frac{R}{S_i} + I_{cmi}^2 R_{cm} = \left(\frac{U_i}{\sqrt{(R/S_i)^2 + X_s^2}} \right)^2 \frac{R}{S_i} + \left(\frac{U_i}{\sqrt{R_{cm}^2 + X_{cm}^2}} \right)^2 R_{cm}; \\ Q_i = I_{Si}^2 + I_{cmi}^2 X_{cm} + I_{\mu i}^2 X_{\mu} = \left(\frac{U_i}{\sqrt{(R/S_i)^2 + X_s^2}} \right)^2 X_s + \left(\frac{U_i}{\sqrt{R_{cm}^2 + X_{cm}^2}} \right)^2 X_{cm} + \frac{U_i^2}{X_{\mu}}. \end{cases} \quad (1)$$

В системе уравнений (1) известными параметрами с учетом производимых измерений являются:

P_i, Q_i – активная и реактивная мощности, потребляемые нагрузкой из сети в i -ом режиме её работы;

U_i – напряжение на шинах нагрузки в i -ом режиме её работы.

Неизвестными параметрами являются:

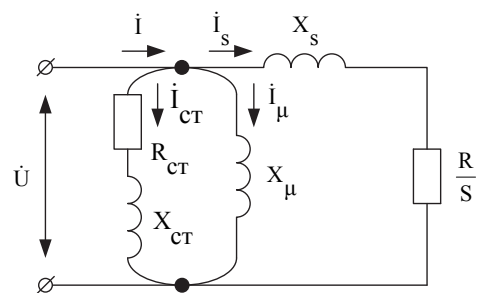


Рисунок 1 – Схема замещения комплексной нагрузки, состоящей из асинхронного двигателя и шунта

- R – активное сопротивление асинхронного двигателя;
- X_S – индуктивное сопротивление рассеивания асинхронного двигателя;
- X_μ – индуктивное сопротивление намагничивания асинхронного двигателя;
- R_{cm}, X_{cm} – активное и индуктивное сопротивление статической нагрузки,
- S_i – скольжение ротора асинхронного двигателя в i -ом режиме его работы.

Для определения неизвестных параметров схемы замещения необходимы значения режимных параметров комплексной нагрузки (P, Q, U) (замеры) для ряда моментов времени $t_1 \dots t_i$ при постоянном составе нагрузки и изменениях режима её работы (изменениях питающего напряжения или загрузки двигателя). Требуемое число замеров i определяется, как минимум, условием равенства количества уравнений количеству искомых величин. Для получения устойчивого решения системы численным способом достаточное число замеров i , как правило, превышает необходимое (то есть должна решаться переопределенная система уравнений). Для решения может быть использована любая программная среда, обладающая алгоритмами численного решения (например, программная среда MATLAB) [3].

В результате решения системы уравнений, составленной из уравнений (1) для разных моментов времени при изменении режима определяются параметры схемы замещения комплексной нагрузки, и по формулам (2) и (3) вычисляются актуальные значения критического скольжения асинхронного двигателя и критического напряжения комплексной нагрузки в режиме реального времени

$$S_{KP} = f(P_i, Q_i, U_i) = R / X_S ; \quad (2)$$

$$U_{KP} = f(P_i, Q_i, U_i) = \sqrt{\frac{P_0}{(R/S_{KP}) / ((R/S_{KP})^2 + X_S^2) + R_{ct} / (R_{ct}^2 + X_{ct}^2)}}. \quad (3)$$

Вышеприведённая модель и алгоритм нахождения критического напряжения удобны для использования в случае, когда регистрация (измерение) режимных параметров и контроль критических значений параметров производится на шинах комплексной нагрузки. Этот случай отражает ситуацию, характерную для потребителя, заинтересованного в получении информации о предельных параметрах статической устойчивости своей нагрузки (промышленное производство, содержащие ответственные технологические процессы и пр.). При наличии в узле нескольких крупных электродвигателей критическое напряжение определяется для каждого, а критическим для узла в целом будет считаться наибольшее из них, так как опрокидывание любого из двигателей способно вызвать лавинообразный процесс [4]. Контроль запасов устойчивости может быть использован противоаварийной автоматикой, использующей различные управляющие воздействия (разгрузку или отключение части двигателей, увеличение выдачи реактивной мощности и др.) для предотвращения нарушений устойчивости нагрузки.

Запасы устойчивости нагрузки по напряжению могут контролироваться и для центров питания (ЦП) узлов двигательной нагрузки [1]. В этом случае в схеме замещения (рисунок 1) необходимо дополнительно предусмотреть сопротивление питающей линии как известный, или как идентифицируемый параметр.

Экспериментальная проверка работоспособности метода на физической модели энергосистемы НГТУ. Экспериментальная установка представляет собой комплексную нагрузку, состоящую из АД марки АО2-32-4 и статической нагрузки, питающихся через линию электропередач от шин бесконечной мощности (ШБМ). Принципиальная схема первичных электрических соединений экспериментальной установки представлена на рисунке 2.

Асинхронный двигатель марки АО2-32-4 – двигатель трёхфазный короткозамкнутый, треугольник/звезда, 220/380 В, 3000 Вт, 1430 об/мин, 50 Гц, КПД 83,5%, $\cos \varphi = 0,84$, $M_{max} / M_{ном} = 2,2$, $I_n / I_{ном} = 7$, 1966 года выпуска.

Для экспериментального определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя в целях их дальнейшего сравнения со значениями параметров схемы замещения, полученных в результате идентификации, проведёны опыт холостого хода и короткого замыкания. Результаты опытов:

- фазное напряжение холостого хода $U_{xx} = 220$ В,
- ток холостого хода $I_{xx} = 4,85$ А,
- линейное напряжение короткого замыкания $U_{кз} = 47$ В,

– ток короткого замыкания $I_{кз} = 9,5 \text{ A}$,

– активная мощность короткого замыкания (на фазу) $P_{кз} = 125 \text{ Вт}$.

Параметры схемы замещения АД, рассчитанные на основании опытов:

$$X_{\mu} = U_{\text{хх}} / (\sqrt{3} I_{\text{хх}}) = 26,2 \text{ Ом}; z = U_{\text{кз}} / I_{\text{кз}} = 4,95 \text{ Ом}; R = P_{\text{кз}} / I_{\text{кз}}^2 = 1,39 \text{ Ом}; X_s = \sqrt{z^2 - R^2} = 4,75 \text{ Ом}.$$

Паспортные параметры схемы замещения статической нагрузки:

$$R_{\text{ст}} = 58 \text{ Ом}; X_{\text{ст}} = 0,5 \text{ Ом}.$$

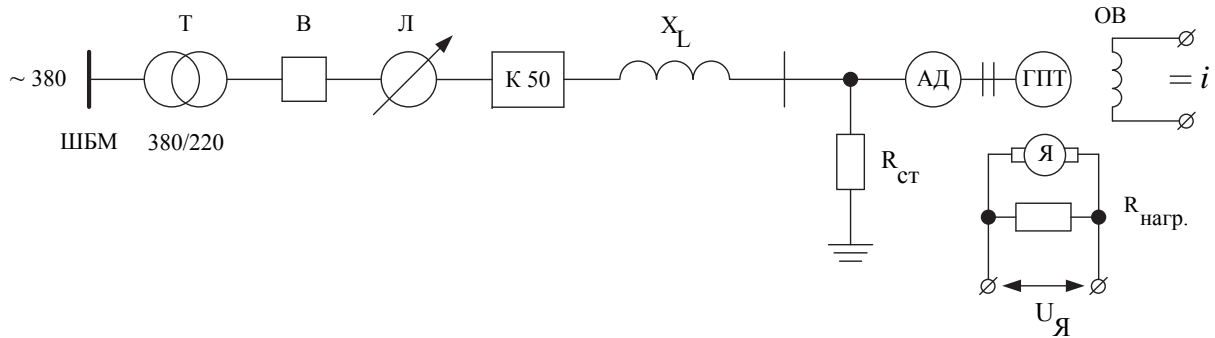


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки: ШБМ-шины бесконечной мощности; Т-силовой трансформатор напряжением 380/220 В; В-выключатель; Л-лабораторный трансформатор регулируемый (ЛАТР); К 50-лабораторный измерительный комплект, а также точка регистрации режимных параметров устройством векторных измерений МИП-02, производства РТСофт; X_L - реактивное сопротивление линии, соединяющей шины комплексной нагрузки с ЦП (при контроле запасов непосредственно на шине нагрузки равно нулю, то есть выводится из схемы); $R_{\text{ст}}$ - активное сопротивление статической нагрузки; АД-асинхронный двигатель; ГПТ-генератор постоянного тока, используемый для регулирования загрузки двигателя; ОВ-обмотка возбуждения ГПТ; Я-якорь генератора постоянного тока; $R_{\text{нагр}}$ - активное сопротивление нагрузки ГПТ

Система уравнений (1) содержит 9 переменных, причем 3 из них являются результатом измерения режимных параметров для каждого квазиустановившегося режима. Таким образом, для определенности системы уравнений минимально необходимо провести измерения режимных параметров (активной мощности, реактивной мощности и напряжения) в трех квазиустановившихся режимах.

Для регистрации режимных параметров в квазиустановившихся режимах (при медленных изменениях режима) были использованы РМУ: МИП-02, производства РТСофт с измерительными характеристиками, представленными в таблице 1.

На рисунке 3 представлены исходная регистрограмма активной мощности АД для квазиустановившегося режима (верхняя часть) и результат ее сглаживания в процес-

се статистического накопления значений с вычислением среднего (нижняя часть). Видно, что после набора данных в течении 5 с имеем мощность, близкую к средней.

Процесс идентификации параметров схемы замещения комплексной нагрузки в режиме реального времени при медленном снижении напряжения и сглаживании лишь высокочастотной составляющей в измерениях представлен на рисунке 4, а расчета критических значений напряжения и скольжения – на рисунке 5.

Для сравнения результатов также было проведено определение параметров схемы замещения нагрузки по измерениям установившихся режимов в испытательной схеме с помощью лабораторного измерительного комплекта К 50 (идентификация по переопределенной системе уравнений для 6 режимов при снижении U на нагрузке):

– $P_1 = 950 \text{ Вт}$, $Q_1 = 1052 \text{ ВАр}$, $U_1 = 96,6 \text{ В}$;

– $P_2 = 950 \text{ Вт}$, $Q_2 = 1012 \text{ ВАр}$, $U_2 = 94,1 \text{ В}$;

Таблица 1 – Основные метрологические характеристики РМУ: МИП-02 (РТСофт)

Параметры трехфазной сети	Погрешность
Переменное напряжение в диапазоне 6-120 В	$\pm 0,15\%$
Переменный ток в диапазоне 0,01-1,20 А или 0,05-6,00 А	$\pm 0,2\%$
Активная мощность	$\pm 0,2\%$
Реактивная мощность	$\pm 1,0\%$

- $P_3 = 950$ Вт, $Q_3 = 963$ ВАр, $U_3 = 92,5$ В;
- $P_4 = 950$ Вт, $Q_4 = 896$ ВАр, $U_4 = 88,5$ В;
- $P_5 = 950$ Вт, $Q_5 = 846$ ВАр, $U_5 = 85,7$ В;
- $P_6 = 950$ Вт, $Q_6 = 810$ ВАр, $U_6 = 82,3$ В.

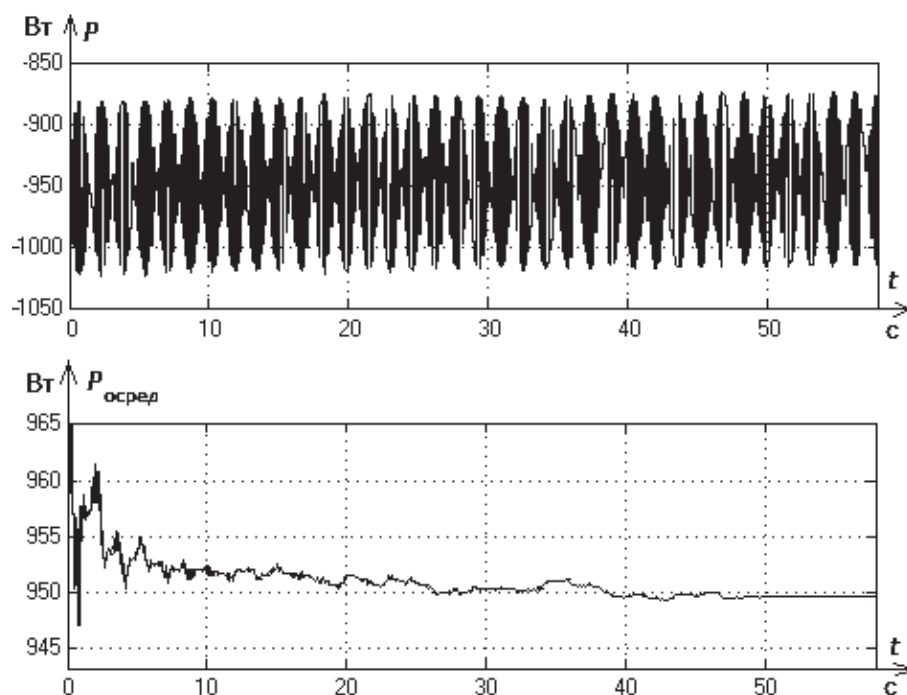


Рисунок 3 – Усреднение активной мощности

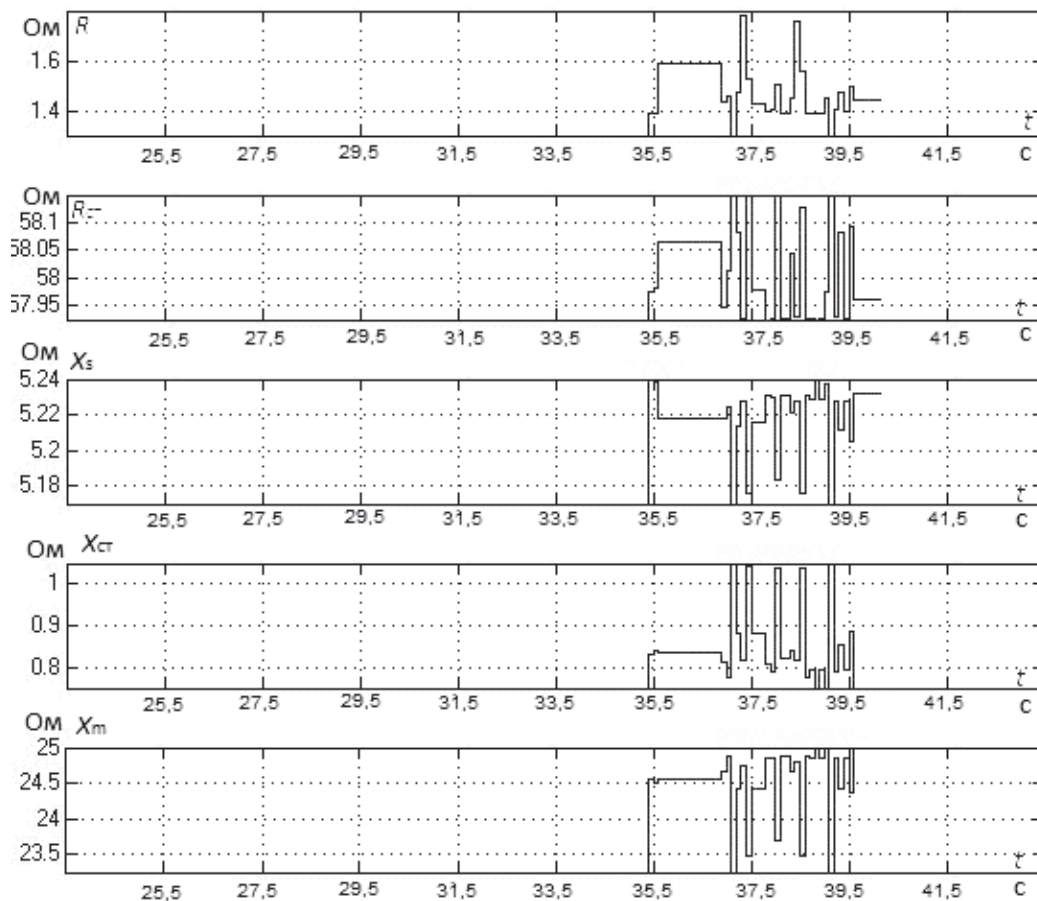


Рисунок 4 – Идентификация параметров R , R_{ct} , X_s , X_{ct} , X_m в режиме реального времени

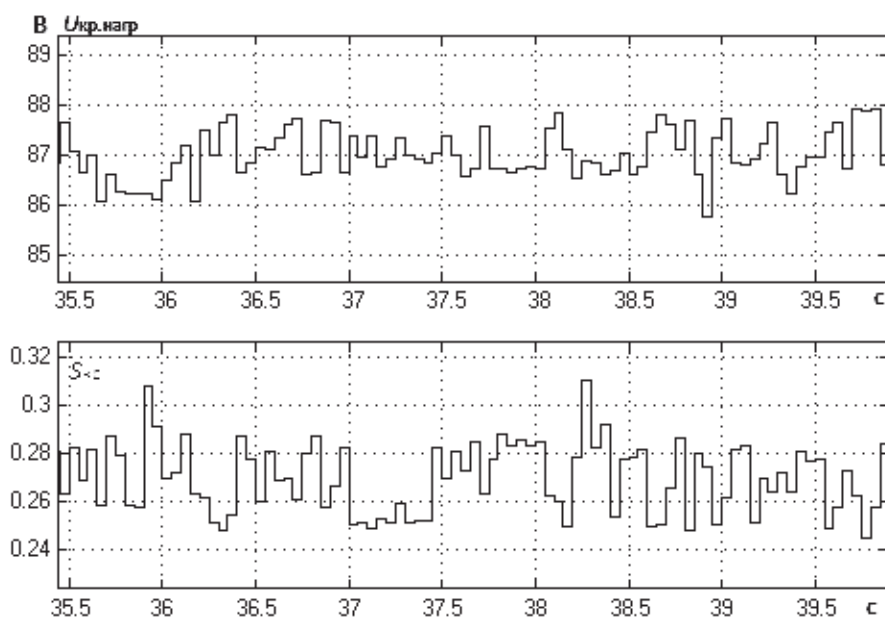


Рисунок 5 – Критическое напряжение и скольжение, получаемые в режиме реального времени

Таблица 2 – Значения параметров схемы замещения комплексной нагрузки, полученные в результате идентификации на основании серии опытов

Параметр	Значения по опытам ХХ и КЗ	Значения в результате идентификации	Абсолютная разница	Относительная разница, %
R , Ом	1,39	1,4	0,01	0,72
X_S , Ом	4,75	5,2	0,45	9,47
X_μ , Ом	26,2	24,5	-1,7	-6,48
R_{CT} , Ом	58	58	0	0
X_{CT} , Ом	0,8	0,9	0,1	12,5
S_{KP} , о.е.	0,29	0,27	-0,02	-6,89
$U_{KP,HAГP}$, В	88,05	87	-1,05	-1,19

Как видно из рисунка 4 и 5, таблицы 2 идентификация параметров схемы замещения происходит с приемлемой точностью при использовании различных измерительных систем, в том числе в режиме реального времени, обеспечивая допустимую погрешность определения $U_{KP,HAГP}$ (менее 1,5%)

Разработанный способ контроля U_{KP} в узлах комплексной нагрузки может служить функционально-логической частью работы автоматики ограничения снижения напряжения (АОСН) и автоматической частотной разгрузки (АЧР) с контролем напряжения в режиме реального времени, определяя актуальное значение U_{KP} и текущего запаса устойчивости нагрузки. Работа АОСН и АЧР в этом случае будет способствовать большей эффективности противоаварийного управления (ПАУ), по сравнению с заблаговременным расчётом уставок минимального напряжения нагрузки. Алгоритм может использоваться как для реализации ПАУ по принципу I-ДО (основанному на методе расчёта послеаварийного режима, запаса статической устойчивости и дозировки управляющих воздействий в ходе единого итерационного вычислительного процесса) с представлением нагрузок в текущей расчётной модели ЭС моделью комплексной нагрузки, так и непосредственно в режиме реального времени.

Выводы:

– Изменения режимов сети позволяют производить идентификацию параметров схем замещения нагрузки и критических напряжений узлов нагрузки на их основе.

– Проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность определения параметров схем замещения комплексной нагрузки, критических напряжений в темпе процесса, тем самым создания возможности мониторинга U_{KP} в узлах комплексной нагрузки для объективной оценки текущих запасов устойчивости нагрузки, способствуя надежности режима и эффективности противоаварийного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соболева, М.А. Определение предельных режимов электроэнергетической системы на основе матрицы собственных и взаимных проводимостей ЭДС эквивалентных генераторов / М.А. Соболева, А.Г. Фишов // Электричество. -2013.-№8.-С. 9-14.
- 2 Чершова, В.О.Определение критических напряжений на шинах комплексной нагрузки в режиме реального времени для задач противоаварийного управления / В.О. Чершова // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014, -№4, -С. 287-292.
- 3 Педан, А.С. Идентификация параметров схемы замещения нагрузки по данным СМНР и определение критических напряжений / А.С. Педан, А.Г. Фишов // Всероссийская научн.-техн. конф. Электроэнергетика глазами молодёжи: сб. докл. -Т.1. - Екатеринбург, 2010. -С. 24-27.
- 4 Гуревич, Ю.Е. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова, А.А. Окин. -М.: Энергоатомиздат, 1990. -390 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *устойчивость комплексной нагрузки, идентификация параметров схемы замещения нагрузки, критическое напряжение, верификация математической модели, противоаварийное управление в режиме реального времени*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Нагайцев Алексей Леонидович, магистрант ФГБОУ ВО «НГТУ»
Семенов Арсений Валерьевич, магистрант ФГБОУ ВО «НГТУ»
Федюков Роман Викторович, магистрант ФГБОУ ВО «НГТУ»
Фишов Александр Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «НГТУ»
Чершова Валерия Олеговна, аспирант ФГБОУ ВО «НГТУ»*

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

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО МЕДЛЕННОМУ ИЗМЕНЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин,
М.Г. Вишнягов, А.А. Руппель, А.А. Сидоренко**

THE EXPERIMENTAL DATA OF QUALITY OF ELECTRIC ENERGY IN A SLOW CHANGE IN VOLTAGE
Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
Siberian state university of water transport

A.I. Antonov, Ju.M. Denchik, D.A. Zubanov, V.I. Kleutin, M.G. Vishnyagov, A.A. Ruppel, A.A. Sidorenko

Described spent probationer, tanie CJSC Plant Portenforcement details. A method for processing the results of researching exponent-slei quality of electric energy by means of a prosoftware product in a development environment LabVIEW. Prodcducted analysis of compliance with the slow changes in voltage at the foundry site businesses requirements of GOST 32144-2013.

Keywords: power quality, slow changes in voltage power systems, electric power systems, software, statistical data processing, normalized values

Описано проведенное испытание на ЗАО «Завод соединительных деталей». Описан способ обработки результатов исследований показателей качества электрической энергии средствами программного продукта в среде разработки LabVIEW. Произведен анализ соответствия медленных изменений напряжения на литейном участке предприятия требованиям ГОСТ 32144-2013.

Отклонение напряжения как вид искажения характеризуется согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 32144-2013 медленным изменением напряжения. Природа медленных изменений напряжения в электрической сети не однозначна, обуславливается многими случайными нарушениями её режима. В судовые электроэнергетические системы (СЭС) общего назначения медленные изменения напряжения обычно определяются для характерных точек электрической сети: наиболее чувствительных к медленным изменениям напряжения точек потребителей, а также наиболее удалённых от трансформаторных подстанций точек подключения электроприёмников. В фиксированный момент времени для любой точки радиальной сети величину δU можно определить по выражению [1]

$$\delta U = \sum_{i=1}^m E_{Di} - \sum_{k=1}^n \Delta U_K, \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^m E_{Di}$ – алгебраическая сумма m добавок напряжения, создаваемая устройствами регулирования;

$\sum_{k=1}^n \Delta U_K$ – алгебраическая сумма потерь напряжения в сети от трансформаторной подстанции до точки подключения электроприёмника;

n – количество участков в расчётной сети.

Таким образом, напряжения в СЭС общего назначения является локальным параметром, характеризующим каждый из нагрузочных узлов и являющимся в общем случае различным как по модулю, так и по фазе для разных узлов. Поэтому медленные изменения напряжения электропитания (как правило, продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети.

Показателями качества электрической энергии (КЭ) являются отрицательное $\delta U_{(-)}$ и положительное $\delta U_{(+)}$ отклонения напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии от номинального/согласованного значения. Значение $\delta U_{(-)}$ и $\delta U_{(+)}$ не должны превышать 10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю.

Этот показатель КЭ является уровнем электромагнитной совместимости (ЭМС) для кондуктивного низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП) в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении нормируемых значений δU_y обеспечивается ЭМС технических средств по отклонению напряжения. Величина δU_y в процентах вычисляется по формуле [2]

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100, \quad (2)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение в сети, В;

U_y – усреднённое значение основной (первой) гармоники за одноминутный интервал времени

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}}, \quad (3)$$

N – число наблюдений, $N \geq 18$;

U_i – значение напряжения первой гармоники при i -ом наблюдении.

Достоверное значение этой кондуктивной ЭМП может быть определено только статистическими методами.

При этом процесс возникновения кондуктивной ЭМП для медленных изменений напряжения представляется следующей математической моделью [3]

$$U \left[\begin{array}{l} P(U_{(-)} < U < U_{(+)}) > 0,1; \\ P(U_{(+)} < U < \infty) + P(-\infty < U < U_{(-)}) \neq 0 \end{array} \right] \subseteq \delta U, \quad (4)$$

где $U \subseteq \delta X$, U – подмножество δU , в том числе имеется ввиду возможность $U \subseteq \delta U$, то есть между $U \subseteq \delta U$ и $U \subseteq \delta U$ различия не делается;

δU – кондуктивная ЭМП, распространяющаяся по сетям.

Иными словами, кондуктивная ЭМП по такому показателю КЭ, как медленные изменения напряжения появляется в сетях, если в течение контролируемого времени вероятностей $P(U_{(-)} < U < U_{(+)})$ нахождения U в пределах $(U_{(-)}, U_{(+)})$ превышает 0,1, а сумма вероятностей $P(U_{(+)} < U < \infty) + P(-\infty < U < U_{(-)})$ появления U в пределах $(U_{(+)}, \infty)$ и $(-\infty, U_{(-)})$ не равна нулю. Эта кондуктивная ЭМП появляется также при выполнении только одного из данных двух условий.

В общем случае вероятность возникновения кондуктивной ЭМП, нормируемого положительными и отрицательными значениями для медленных отклонений напряжения можно представить математической моделью [3]

$$P(\delta U) = P(U_{(-)} < U_i < U_{(+)}) + P(U_{(+)} \leq U_i \leq \infty) + P(-\infty < U_i < U_{(-)}) - 0,1, \quad (5)$$

где $U_{(+)}$ – положительное отклонение напряжения;

$U_{(-)}$ – отрицательное отклонение напряжения.

На основании теоремы о равенстве начальных моментов и следствия о равенстве центральных моментов распределения непрерывной случайной величины и её производящей

функции получаем следующие равенства

$$M[\delta U_y] = M[\delta U_n]; \quad (6)$$

$$\sigma[\delta U_y] = \sigma[\delta U_n]; \quad (7)$$

$$\Psi\{\delta U_y, M[\delta U_y], \sigma[\delta U_y]\} = \{\delta U_n, M[\delta U_n], \sigma[\delta U_n]\}, \quad (8)$$

где $M[\delta U_y]$, $M[\delta U_n]$ – математическое ожидание соответственно величины δU_y и δU_n , %;

$\sigma[\delta U_y]$, $\sigma[\delta U_n]$ – средние квадратические отклонения этих величин;

$\Psi\{\delta U_y, M[\delta U_y], \sigma[\delta U_y]\}$ – плотность вероятности распределения случайной величины δU_y , 1/%;

$\Psi\{\delta U_n, M[\delta U_n], \sigma[\delta U_n]\}$ – то же для величины δU_n , 1/%.

Для оценки соответствия ПКЭ требованиям ГОСТ 32144-2013 необходимо провести испытания для определения значений ПКЭ и полученные результаты испытаний обработать.

Испытания проводились на предприятии ЗАО «Завод соединительных деталей» в течение суток на литейном участке. Литейный участок состоит из 4-х литейных установок, работающих от напряжения 42 В и печи закалки, мощностью 150 кВт.

Для измерений использовался информационно-вычислительный комплекс ИВК «Омск-М» заводской номер 42. Использовались шесть измерительных каналов: три для измерения напряжения на шинах подстанции и три для измерения токов, подключены к вторичной обмотке измерительных трансформаторов ТА.

Для проведения испытаний полученные параметры кондуктивной низкочастотной ЭМП, а также вероятность её появления позволяют представить следующий алгоритм определения [4].



Рисунок 1 – Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по медленному изменению напряжения

Проверка качества электроэнергии на соответствие требованиям ГОСТ 32144-2013 проводилась для одного из показателей качества электроэнергии (ПКЭ) – медленные изменения напряжения. Для обработки результатов измерений по данному ПКЭ использовали программный продукт «Обработка экспериментальных данных показателей качества электрической энергии по медленному изменению напряжения» в среде разработки LabVIEW. LabVIEW – интегрированная графическая среда разработчика для создания интерактивных программ сбора, обработки данных и управления периферийными устройствами. Програм-

мирование осуществляется на уровне функциональных блок-схем (блок-диаграмм) с использованием графического языка G.

Программный продукт, разработанный средствами LabVIEW позволяет создавать пользователю удобный интерфейс, получить все необходимые значения для оценки результатов измерений показателей качества электрической энергии. Кроме того, большинство современных приборов для измерения показателей качества электроэнергии, включая ИВК «Омск-М» позволяет экспортировать результаты измерений в формате MS EXCEL [5].

Программа позволяет вычислять такие параметры распределения медленных изменений напряжения, как математическое ожидание $M[\delta U_y]$, дисперсия D , среднеквадратичное отклонение $\sigma[\delta U_y]$, максимальное значение медленных изменений напряжения $\delta U_{y\max}$, максимальное значение медленных изменений напряжения $\delta U_{y\min}$.

Для проведения статистической обработки экспериментальных данных, полученных при помощи ИВК «Омск-М» в программном продукте, разработанной средствами LabVIEW, предлагается сначала экспортировать данные измерений в документ MS EXCEL. После этого следует сохранить полученные данные как текстовые файлы (с разделителями табуляции).

Далее в программном продукте ввод данных необходимо произвести с сохраненного файла, установить нормируемое значение напряжения $U_N = 400$ В, выбрать фазу, для которой будет рассчитываться отклонение напряжения. Число квантилей гистограммы установили равным 10.

При выполнении статистической обработки результатов измерений случайная величина установившегося отклонения напряжения dU_y представляется в виде гистограммы, в которой число квантилей выбирается таким образом, чтобы граница квантиля совпадала с границей нормируемого значения, а их количество было минимальным для заданной точности расчета.

Интерфейс программного продукта по обработке результатов исследований на фазе А литейного участка представлен на рисунке 2.

Параметры распределения значений медленных изменений напряжения на фазах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры распределения значений медленных изменений напряжения на фазах

Параметры	Обозначение	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Максимальное значение медленных изменений напряжения, В	$\delta U_{y\max}$	419	420	421
Минимальное значение медленных изменений напряжения, В	$\delta U_{y\min}$	398	389	400
Математическое ожидание медленных изменений напряжения, В	$M[\delta U_y]$	405,535	405,754	409,327
Дисперсия	D	19,0288	46,0512	37,4722
Среднеквадратичное отклонение, %	$\sigma[\delta U_y]$	4,3622	6,7861	6,12146

При этом вероятность выхода за границу отрицательного и положительного отклонения напряжения на фазах А, В и С литейного участка равна 0. Также равна 0 и вероятность кондуктивной ЭМП по медленному изменению напряжения на всех фазах. Следовательно, наблюдается соответствие ГОСТ 32144-2013 медленных изменений напряжения.

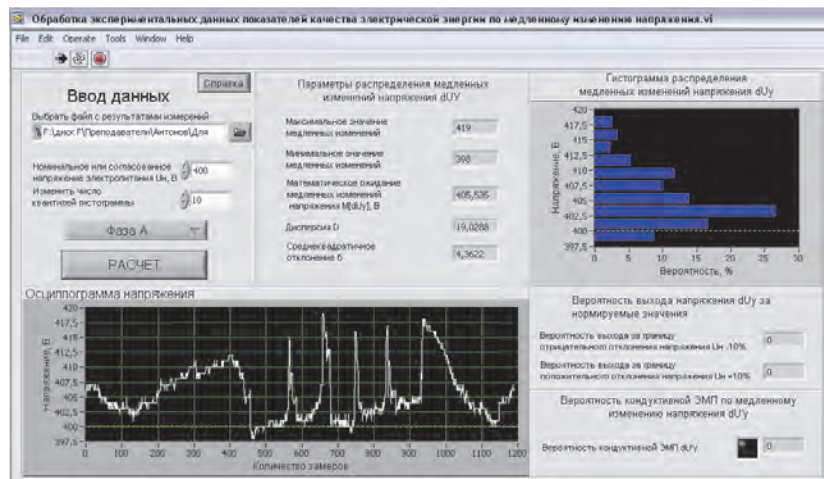


Рисунок 2 – Интерфейс программного продукта по обработке результатов исследований на фазе А литейного участка

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- С использованием среды разработки LabVIEW разработан программный продукт для статистической обработки данных измерений показателей качества электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения.
- Программа LabVIEW позволяет создавать удобный интерфейс разрабатываемого программного продукта в соответствии с требованиями пользователя.
- При обработке данных с помощью программного продукта выявлено соответствие медленным изменениям напряжения ГОСТ 54149-2010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Данилов, Г.А. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.
- 2 ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2014-07-01. -М.: Стандартиформ, 2014. -20 с.
- 3 Антонов, А.И. Анализ проведения испытаний на соответствие установившегося отклонения напряжения требованиям ГОСТ 54149-2010 / А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин, А.А. Руппель, А.С. Никишкин // Науч. пробл. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№4. -С. 210-213.
- 4 Руппель, А.А. Кондуктивные электромагнитные помехи в электрических сетях 6-10 кВ / А.А. Руппель, Е.В. Иванова ; под ред. В.П. Горелова. -Омск : Омский филиал Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2004. -284 с.
- 5 Зубанов, Д.А. Обработка результатов экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии средствами программы labView / Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин, А.А. Сидоренко и др. Сб. научн. тр. Омский ин-т водн. трансп. - №10. -Омск : Омский филиал Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2014. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *показатели качества электроэнергии, медленные изменения напряжения, электроэнергетические системы, программный продукт, статистическая обработка данных, нормируемое значение*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Антонов Александр Игоревич, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Зубанов Дмитрий Александрович, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Клеутин Владислав Иванович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Вишнягов Михаил Геннадиевич, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Руппель Александр Александрович, канд. техн. наук, профессор ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Сидоренко Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ КОММУТАЦИИ ТРАНЗИСТОРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.В. Харламов, Д.И. Попов, А.В. Литвинов

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE CONVERTER'S TRANSISTOR SWITCHING FREQUENCY ON THE ENERGY EFFICIENCY OF TESTING INDUCTION MOTORS PROCESS BY MUTUAL LOADS

Omsk state transport university
V.V. Kharlamov, D.I. Popov, A.V. Litvinov

Represented the results of research of the testing induction motors process by mutual loads, the deductions about influence of the converter's transistor switching frequency on the electricity consumption of the test stand.

Keywords: induction motor, testing, frequency converter, mutual load method, energy efficiency

Представлены результаты исследований процесса испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки, сделаны выводы о влиянии частоты коммутации транзисторов преобразователя частоты на потребление электроэнергии испытательным стендом.

Подвижной состав с асинхронным тяговым приводом для РФ – это уже не просто перспективны, а реально эксплуатируемые электровозы, тепловозы и электропоезда по сети железных дорог. Как отмечают специалисты, положительные результаты от применения в локомотивной тяге асинхронного тягового привода получены на стратегически важных участках страны. Холдинг «РЖД» совместно с ведущими вузами страны продолжают проводить

исследования по разработке и модернизации локомотивов с асинхронными тяговыми двигателями.

Помимо совершенствования существующих и разработки новых локомотивов требуется учесть их особенности при выполнении ремонта и технического обслуживания. Это связано с тем, что новый тип подвижного состава, как правило, имеет ряд узлов, которые ранее не применялись, и, следовательно, эти узлы требуют разработки технологии их ремонта.

Перспективным направлением, для обслуживания нового типа подвижного состава с асинхронным тяговым приводом, является разработка испытательных станций для асинхронных тяговых двигателей. При этом разработка должна проводиться с учетом рекомендаций действующих стандартов по испытаниям асинхронных двигателей и при условии обеспечения энергетической эффективности применяемого оборудования.

Рекомендации действующих стандартов определяют порядок и программу испытаний, а также такую особенность, как проведение испытаний асинхронных двигателей, которые предназначены для работы с преобразователями частоты, совместно с этими же типами преобразователей частоты. Это требование относится к асинхронным тяговым двигателям и асинхронным вспомогательным машинам, так как их питание на тяговом подвижном составе осуществляется с помощью преобразователей частоты.

Актуальность обеспечения энергетической эффективности испытательных станций не вызывает сомнений, так как речь идет о проведении испытаний двигателей, мощность которых может превышать 1000 кВт.

Как отмечалось выше, испытания характеризуются высокими затратами электрической энергии при их проведении, поэтому экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является важной задачей. Решение указанной задачи может быть достигнуто за счет применения рекуперации или полезного использования преобразованной энергии.

Известно множество схем испытаний асинхронных двигателей, реализующих возврат электрической энергии в сеть или обратно испытываемому двигателю, что позволяет добиться экономии электрической энергии при проведении испытаний.

Рассмотрев известные схемы испытаний асинхронных тяговых двигателей, обеспечивающих экономию электрической энергии, был выделен ряд недостатков по каждой из схем [1]. Исходя из этого, можно сформулировать требования, которые должны учитываться при разработке новых схем испытаний: рациональный подбор оборудования для проведения испытаний, отказ от использования оборудования, способствующего снижению эффективности процесса испытаний; реализация испытаний асинхронных двигателей, предназначенных для работы от преобразователей частоты, с использованием аналогичных преобразователей; предварительный расчет мощности источника питания схемы для испытаний асинхронных двигателей с учетом потребления как активной, так и реактивной энергии схемой испытаний; обеспечение проведения испытаний асинхронного двигателя в широком диапазоне регулирования нагрузки.

Одна из предлагаемых схем испытаний, удовлетворяющих приведенным выше требованиям, представлена на рисунке 1 [2]. На рисунке 1 обозначены следующие элементы: АМ1, АМ2-испытываемые асинхронные двигатели; 1 и 2-преобразователи частоты; 1.1 и 1.2-неуправляемые выпрямители первого и второго частотных преобразователей; 1.2 и 2.2-звенья постоянного тока первого и второго частотных преобразователей; 1.3 и 2.3-управляемые инверторы первого и второго частотных преобразователей; 5 и 6-контакты; 7, 8 и 9-ваттметры; 10-амперметр постоянного тока; 11-вольтметр постоянного тока; 4-общая шина постоянного тока; 3-механическая связь валов двигателей АМ1 и АМ2, вращающихся с одинаковой угловой частотой.

Подведенное трехфазное напряжение поступает к неуправляемым выпрямителям 1.1 и 2.1, где оно преобразуется в постоянное напряжение, инвертируется с помощью управляемых инверторов 1.3 и 2.3 в переменное напряжение, требуемой амплитуды и частоты и подается для питания испытываемых асинхронных двигателей АМ1 и АМ2. Для реализации режима взаимной нагрузки необходимо уменьшить частоту вращения магнитного поля на одном из асинхронных двигателей АМ1 или АМ2 по сравнению с частотой вращения вала: разогнав двигатели АМ1 и АМ2 на холостом ходу до определенной частоты вращения, снизить частоту питающего напряжения на одном из частотных преобразователей 1 или 2. Например, если АМ1, получает напряжение от преобразователя 1 с меньшей частотой, то АМ1 переходит в генераторный режим. Вырабатываемая генератором АМ1 электрическая энергия поступает в звено постоянного тока 1.2 преобразователя частоты 1, и далее по шине посто-

янного тока 4 поступает в звено постоянного тока 2.2 преобразователя частоты 2, который осуществляет питание испытываемого двигателя АМ2.

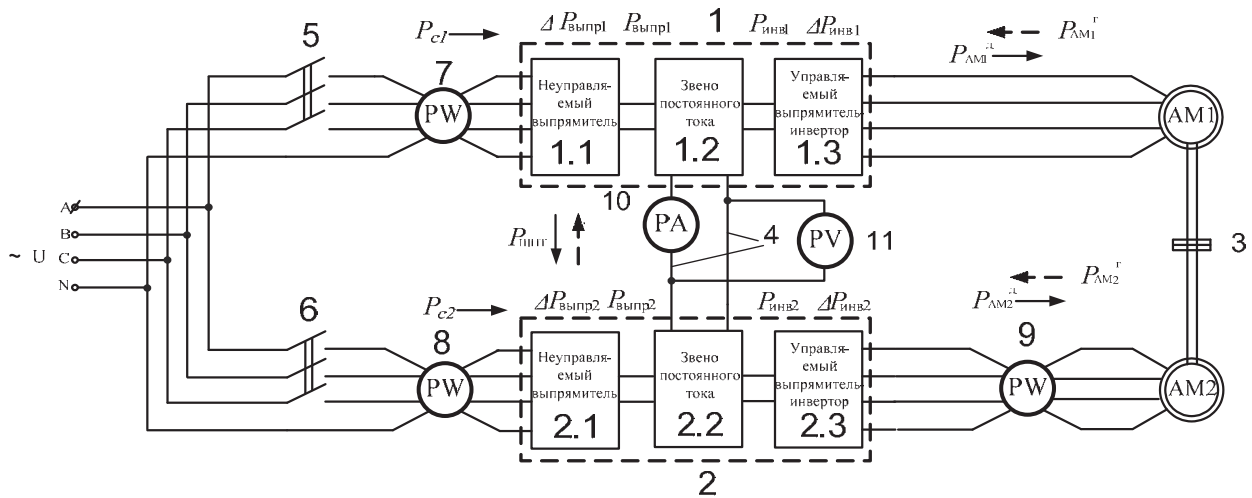


Рисунок 1 – Схема для испытания асинхронных тяговых двигателей методом их взаимной нагрузки с использованием одного преобразователя частоты и комплектом электроизмерительных приборов

Для исследования процессов при испытании асинхронных тяговых двигателей было выполнено физическое моделирование [3]. Разработанная физическая модель позволила провести ряд экспериментов для оценки влияния параметров и технических характеристик преобразователей частоты на энергетические показатели процесса испытаний. Одним из таких параметров работы преобразователей частоты является частота коммутации транзисторов, которые входят в состав управляемого выпрямитель-инвертора. На стенде (физической модели) испытательной станции установлены преобразователи частоты с возможностью выбора частоты коммутации транзисторов: 4, 8 и 16 кГц. В настоящей работе представлены экспериментальные исследования, показывающие, как изменяется мощность, потребляемая из сети (общие потери в схеме испытаний), в зависимости от выбора частоты коммутации транзисторов при различных режимах нагрузки испытываемого двигателя.

Одним из способов испытаний асинхронных двигателей является проведение опыта холостого хода, который также необходимо выполнить с использованием преобразователей частоты. В таблице 1 представлены значения мощности на различных участках схемы испытаний при различной частоте коммутации транзисторов.

Таблица 1 – Значения мощности на различных участках схемы испытаний при выполнении опыта холостого хода при различной частоте коммутации транзисторов

f_k , кГц	P_c , Вт	$P_{шт}$, Вт	P_d , Вт	$\Delta P_{выпр}$, Вт	$\Delta P_{инв}$, Вт
4	227	213	162	14	51
8	224	209,72	182	14	28
16	234	217,93	174	16	44

По результатам проведенного эксперимента можно сделать следующие вывод: минимальные потери в управляемом выпрямитель-инверторе были получены при частоте коммутации транзисторов 8 кГц.

После проведения опыта холостого хода были выполнены эксперименты, при тех же значениях частоты коммутации транзисторов, но для режима взаимной нагрузки. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Для большей информативности представленных результатов построены зависимости мощности, потребляемой из сети для компенсации всех потерь в схеме испытаний, от мощности, потребляемой испытываемым асинхронным двигателем (рисунок 2).

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующий вывод, что наименьшие потери в инверторе обеспечиваются при частоте коммутации 8 кГц.

В целом влияние частоты коммутации транзисторов в управляемых выпрямитель-инверторах на потери в преобразователях частоты сказывается на величине потребляемой

мощности, необходимой для компенсации потерь в схеме. Так для повышения качества сигнала, формируемого преобразователем частоты для питания испытуемого двигателя следует повышать частоту коммутации транзисторов, однако при этом увеличивается нагрев элементов управляемого выпрямитель-инвертора, что вызывает потери мощности. Отсюда следует вывод, что в каждом конкретном случае для испытания асинхронных двигателей с использованием преобразователей частоты следует подбирать оптимальную частоту коммутации транзисторов экспериментально, либо с использованием математической или имитационной модели.

Таблица 2 – Значения мощности на различных участках схемы испытаний при реализации взаимной нагрузки испытуемых двигателей с различной частотой коммутации транзисторов

f_k , кГц	f_1 , Гц	f_2 , Гц	P_c , Вт	$P_{шт}$, Вт	P_δ , Вт
4	50	50	400	197,69	136
	47	50	495	599,55	526
	44	50	730	986,58	915
	41	50	1080	1333,4	1266
8	50	50	407	199,75	168
	47	50	490	594,88	562
	44	50	715	1007,1	965
	41	50	1065	1406,2	1350
16	50	50	459	224,25	193
	47	50	530	562,52	524
	44	50	726	922,53	884
	41	50	1027	1282,5	1224

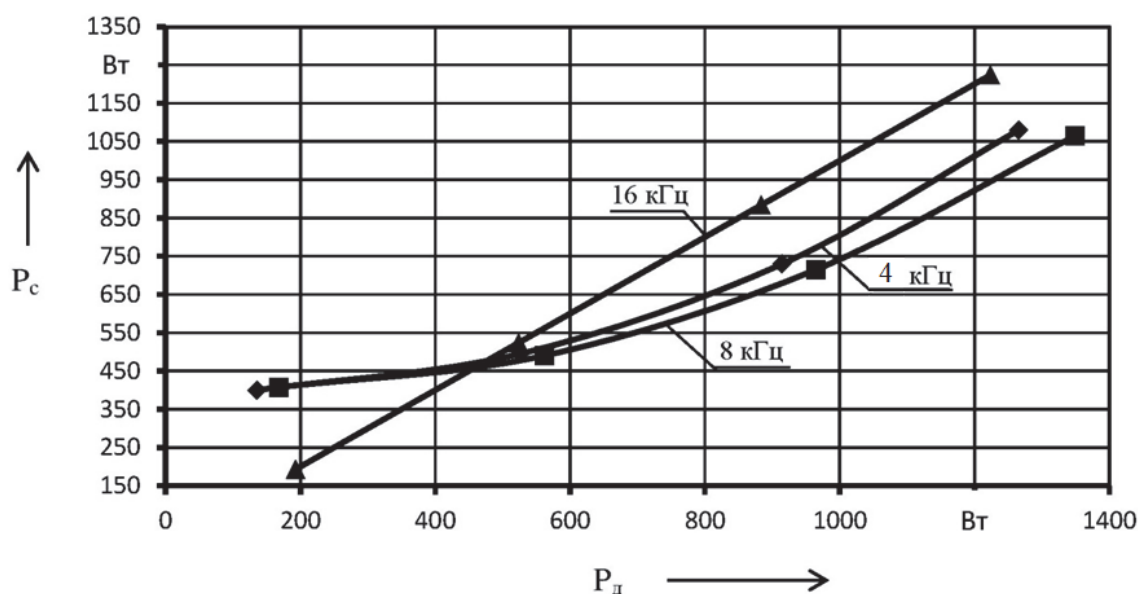


Рисунок 2 – Сопоставление результатов эксперимента при взаимной нагрузке испытуемых двигателей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авиллов, В.Д. Оценка энергетической эффективности применения метода взаимной нагрузки при испытании асинхронных тяговых двигателей / В.Д. Авиллов, Д.И. Попов, А.В. Литвинов // Известия Транссиба. -2013. -№3(15). -С. 2-7.
- 2 Патент РФ №2013147519/28, 24.10.2013. В.Д. Авиллов, Д.И. Попов, А.В. Литвинов. Схема испытаний асинхронных двигателей методом их взаимной нагрузки // Патент России № 140678. 2014. Бюл. №14.
- 3 Авиллов, В.Д. Модернизированный стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки / В.Д. Авиллов, Д.И. Попов, В.Т. Данковцев, А.В. Литвинов // Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии: материалы IX междунауч. конф. (5-6 декабря 2013 г.). -Омск, 2013. -С. 137-141.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асинхронный двигатель, испытания, частотный преобразователь, метод взаимной нагрузки, энергетическая эффективность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Харламов Виктор Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
 Попов Денис Игоревич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
 Литвинов Артем Валерьевич, канд. техн. наук, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644046, г.Омск, пр.К.Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕЛИОМОБИЛЯ ПО КРИТЕРИЯМ ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Е.Г. Порсев, Д.А. Белицкий

SOLAR CAR PARAMETER OPTIMIZATION BY MEANS OF AIR DRAG AND ENERGY DELIVERY CRITERIA
 Siberian state university of water transport
 Novosibirsk state technical university
 E.G. Porsev, D.A. Belitsky

The article deals with solar car parameter optimization and the aerodynamic efficiency and energy delivery criteria are also taken into account; the relationship of the air drag - cylinder surface area is determined and the solar battery configuration located on the solid body is also examined.

Keywords: renewable energy sources, solar battery, solar car, solar batteries orientation system

Рассматривается оптимизация параметров конструкции транспортного средства по критериям энергопроизводительности и аэродинамического качества; установлена зависимость коэффициента лобового сопротивления от площади поверхности эллиптического цилиндра; рассмотрена геометрия солнечных батарей, размещённых на объёмном теле.

На практике, коэффициент аэродинамического сопротивления рассчитывается в большинстве случаев с использованием эмпирических отношений, обобщающих экспериментальные данные. Наиболее широко изученным является сфера и цилиндр. На рисунке 1 показан график зависимости коэффициента лобового сопротивления C_x для сферы и цилиндра от числа Рейнольдса [1].

При достаточно малых скоростях потока жидкости или газа течение всегда является ламинарным. При $Re \approx 10^2$ сила сопротивления пропорциональна скорости потока в первой степени, после чего при дальнейшем увеличении значения Re наступает переходная область, в которой коэффициент сопротивления практически не зависит от Re , то есть сила сопротивления становится пропорциональной скорости в квадрате, такая ситуация продолжается при $Re = 10^2-10^5$, после чего коэффициент лобового сопротивления резко снижается. Такое поведение коэффициента лобового сопротивления обусловлено характерными особенностями режимов обтекания изучаемых тел [2].

Число Рейнольдса описывается (1)

$$Re = \frac{v\rho c_0}{\mu}, \quad (1)$$

где v – скорость потока воздуха, набегающего на тело, м/с;

c_0 – длина исследуемого тела;

ρ – плотность среды, кг/м³;

μ – динамическая вязкость среды, Н·с/м².

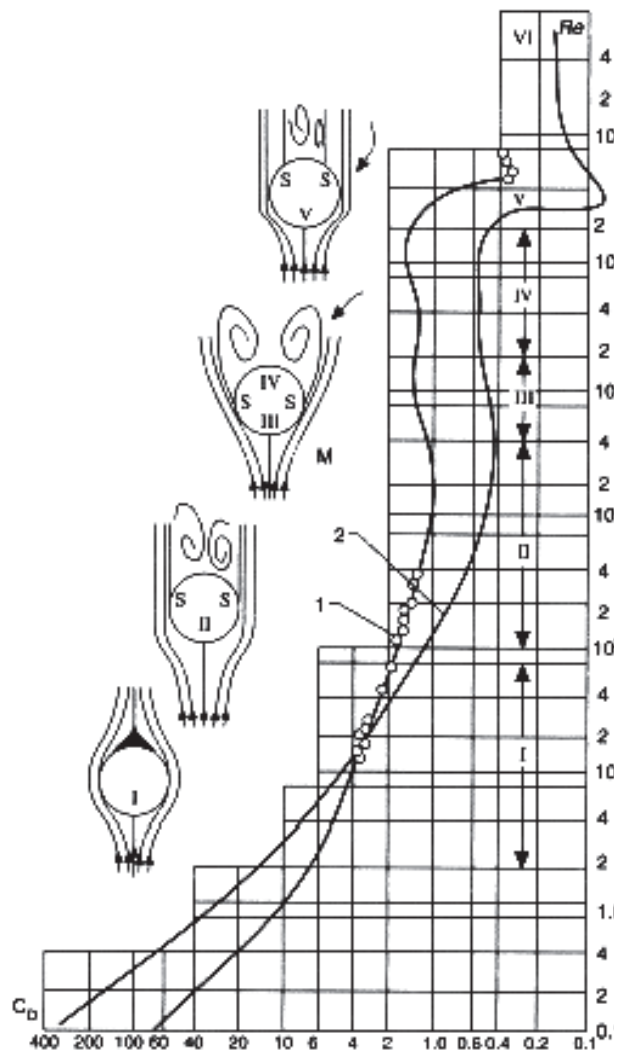


Рисунок 1 – График зависимости коэффициента лобового сопротивления от числа Рейнольдса Re для цилиндров (1) и сферы (2)

Для нахождения коэффициента лобового сопротивления сферы можно воспользоваться эмпирическими зависимостями [3]

$$C_x = \frac{24}{Re}, \text{ для } Re \leq 0,2; \quad (2)$$

$$C_x = \frac{18,5}{Re^{0,6}}, \text{ для } 0,2 < Re \leq 500; \quad (3)$$

$$C_x = 0,44, \text{ для } 500 < Re \leq 10^5. \quad (4)$$

Сила лобового сопротивления зависит от скорости обтекания, размеров тела и физических свойств жидкости, прежде всего вязкости и плотности. Сила лобового сопротивления пропорциональна площади поперечного сечения обтекаемого тела, то есть сечения, перпендикулярного вектору скорости потока, и, так называемому, скоростному напору [2]

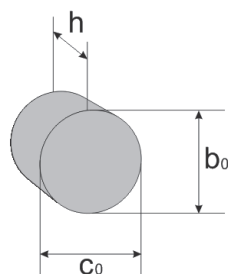


Рисунок 2 – Геометрические размеры эллиптического цилиндра

$$F_{fr} = \frac{C_x \rho v^2 S}{2}. \quad (5)$$

Рассмотрим процесс обтекания цилиндрического тела в сплошной среде, когда на исследуемое тело, находящееся в потоке действует сила силой лобового сопротивления, линия действия которой совпадает с направлением потока. На рисунке 2 показаны геометрические размеры цилиндра.

Воспользуемся опытными данными характеристик испытаний моделей цилиндров [4] для числа $Re = 10^5$ и сведём данные в таблицу.

Хорошо видно, что тело при уменьшении C_x при одинаковой площади миделя-шпангоута $S_{миделя}$ имеет большую площадь поверхности. В результате чего, можно получить максимальное количество энергии при расположении солнечных элементов на поверхности транспортного средства (ТС) при высоких показателях аэродинамического качества. Причём для реальных размеров транспортного средства показатели лобового сопротивления должны быть соизмеримы с рассматриваемым примером.

Таблица – Характеристики испытаний моделей цилиндров

Форма	C_x	c_0/b_0	h , мм	$S_{миделя}$, мм ²	$S_{бок.поверхности}$, мм ²
	1	1	12	288	452,1
	0,5	2	12	288	678,2
	0,28	4	12	288	904,3
	0,2	8	12	288	1808,6

На рисунке 3 приведён график $S_{бок.п}(C_x)$, на котором видна точка перегиба функции в районе $C_x = 0,3$.

Опираясь на полученную зависимость, можно выяснить показатели аэродинамического качества ТС при расположении на нём солнечных элементов требуемой выходной мощности.

Можно предположить, что сравнивая сферическую и эллипсоидную конструкции зависимости будут схожими, как и при рассмотрении тела конструкции цилиндра и эллиптического цилиндра, соответственно.

Энергопроизводительность зависит от угла падения солнечных лучей на поверхность солнечной батареи. Расчёт угла падения излучения рассмотрим на примере обычной сферы, расположив батарею солнечных элементов в центре декартовой

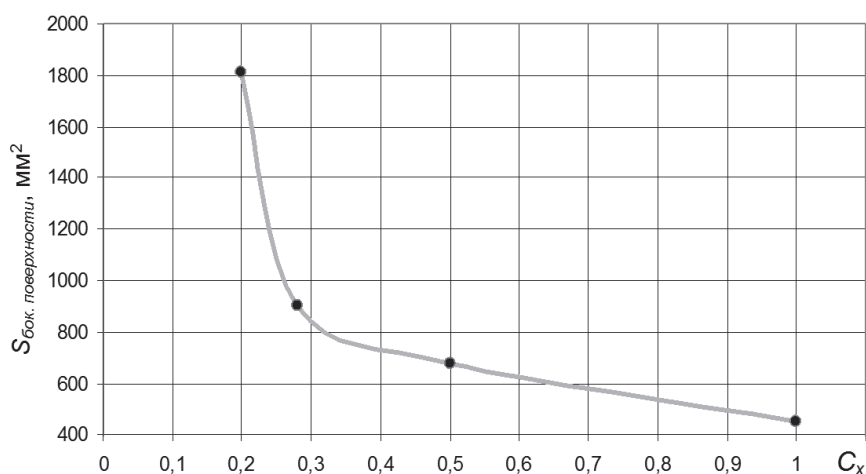


Рисунок 3 – График зависимости площади боковой поверхности цилиндров от коэффициента лобового сопротивления

системы координат (рисунок 4).

Батарея разбивается на Z зон. Каждая зона содержит только те панели солнечных элементов, проекции единичного нормального вектора которых на ось вращения равны, то есть у которых угол α одинаков. Каждая зона в свою очередь разбивается на N панелей. Каждая панель образует с соседней угол λ .

Проекция (на плоскость, перпендикулярную оси вращения) единичного вектора первой панели второй зоны образует с проекцией единичного вектора первой панели первой зоны угол χ . Батарею можно поворачивать в системе координат, вводя угол φ . Для удобства обычно считают $\varphi = 0$. Угол падения γ для каждой панели при заданном угле θ между осью вращения батареи (вектором вращения) и линией Солнце – батарея (солнечным вектором) можно определить из [5]

$$\cos \gamma_i = \cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha \cos [\varphi + (N_i - 1) \lambda + \chi], \quad (6)$$

- где Z – число зон;
 N_z – число панелей в каждой зоне;
 α – угол панели;
 φ – угол поворота;
 χ – угол сдвига;
 λ – угол между соседними панелями;
 θ – угол падения солнечного излучения.

Исходя из заданных параметров, а также количества параллельно и последовательно соединённых элементов и схемы расположения элементов, можно провести анализ теневой картины. Это позволяет управлять затенёнными солнечными элементами для предотвращения выхода их из строя.

Выходная мощность любой солнечной батареи P_6 может быть определена как

$$P_6 = S \cos \gamma \eta F A_6, \quad (7)$$

- где S – плотность потока солнечного излучения Вт/м²;
 γ – суммарный угол между направлением на Солнце и нормалью к плоскости батареи;
 η – КПД солнечного элемента;
 F – суммарный фактор, учитывающий особенности солнечной батареи и возможную деградацию её параметров;
 A_6 – площадь солнечной батареи, м².

Решая это уравнение относительно A_6 , получаем

$$A_6 = \frac{P_6}{S \cos \gamma \eta F}. \quad (8)$$

С помощью этого равенства можно вычислить площадь солнечной батареи, необходимую для обеспечения заданной мощности P_6 .

Следующими этапами работы являются: проверка гипотезы на экспериментальном макете, разработка исходных требований для проектирования транспортного средства сферической конструкции; создание блока управления, осуществляющего интеллектуальную коммутацию электрических цепей ТС при затенении участка солнечной батареи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Polezhaev, Yu.V. A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat & Mass Transfer, and Fluids Engineering / Yu.V. Polezhaev, I.V. Chircov [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.thermopedia.com/content/707/>. -30.08.2015.
 2 Исаков, А.Я. Физические основы механики: уч. пособие / А.Я. Исаков. -Петропавловск-Камчатский: Камчат. гос. техн. ун-т, 2007. -284 с.
 3 Sunden, Bengt, A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat & Mass Transfer, and Fluids Engineering [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.thermopedia.com/content/870/>. -30.08.2015.
 4 Девнин, С.И. Аэрогидромеханика плохообтекаемых конструкций: справочник / С.И. Девнин. -Л.: Судостроение, 1983. -

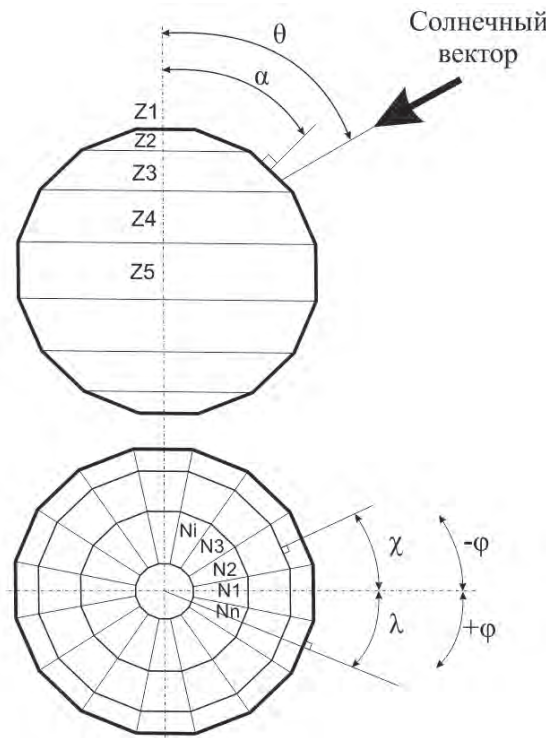


Рисунок 4 – Геометрия солнечных элементов, размещенных на объёмном теле

332 с.

5 Раушенбах, Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: пер. с англ. / Г. Раушенбах. -М.: Энергоатомиздат, 1983. -355 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *возобновляемые источники энергии, солнечная батарея, солнцемобиль, система ориентации солнечной батареи*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Порсев Евгений Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Белицкий Дмитрий Андреевич, аспирант 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 УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК В ЧЕРТЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.В. Рощина, С.Я. Тарасенко

ASSESSMENT OF LEVEL OF POLLUTION OF THE SMALL RIVERS WITHIN NOVOSIBIRSK HEAVY METALS FOR THE LONG-TERM PERIOD

Siberian state university of water transport
E.V. Roshtina, S.Ya. Tarasenko

The assessment of level of pollution of the small rivers within the city of Novosibirsk by heavy metals for the long-term period is given. The conclusion is drawn on decrease in the content of mercury in the small rivers to sanitary standards. The small rivers for the studied period are most intensively polluted by copper, zinc, manganese. The main sources of pollution of the small rivers by heavy metals within Novosibirsk are proved.

Keywords: heavy metals, small rivers, waste water, surface runoff, industrial enterprises

Приведена оценка уровня загрязнения малых рек в черте города Новосибирска тяжелыми металлами за многолетний период. Сделан вывод о снижении содержания ртути в малых реках до санитарных норм. Наиболее интенсивно загрязнены малые реки за исследуемый период медью, цинком, марганцем. Обоснованы основные источники загрязнения малых рек тяжелыми металлами в черте г. Новосибирска.

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. Протекая по территории г. Новосибирска, малые реки принимают основную массу сточных вод промышленных предприятий, поверхностный сток с селитебных территорий.

Цель работы – оценка уровня загрязнения малых рек в черте г. Новосибирска тяжелыми металлами за многолетний период.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам. Ряд металлов – медь, кобальт, цинк, марганец – участвуя в процессах роста, развития и репродукции при высоких концентрациях оказывают неблагоприятное токсикологическое воздействие на организм. Металлы, обладающие высокотоксичными свойствами – ртуть, кадмий, свинец при относительно низких концентрациях способны аккумулироваться в организме при длительном воздействии.

Для исследований пробы воды отбирались в устьевых участках малых рек. Аналитические работы проводились в ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

На рисунке 1 приведена динамика содержания ртути в малых реках г. Новосибирска за многолетний период.

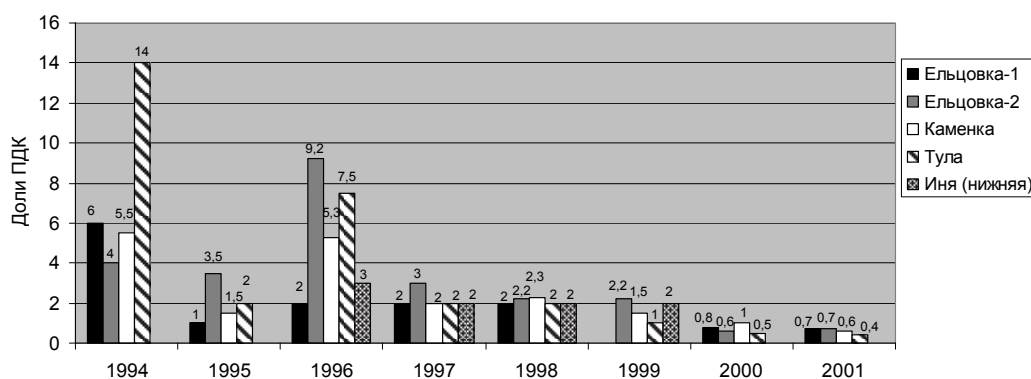


Рисунок 1 – Динамика содержания ртути в малых реках г. Новосибирска за многолетний период (по данным Новосибирского областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов)

Как видно из рисунка 1, во всех исследуемых реках наблюдается тенденция уменьшения содержания ртути до санитарных норм, что связано со сбором, обезвреживанием ртуть-содержащих отходов на ООО «Сибртуть».

На рисунке 2 приведена динамика содержания меди в малых реках г. Новосибирска за многолетний период.

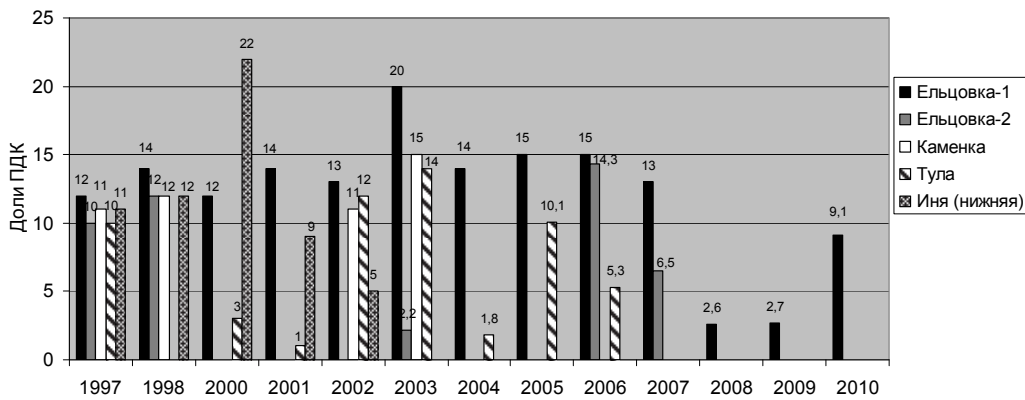


Рисунок 2 – Динамика содержания меди в малых реках г. Новосибирска за многолетний период (по данным Новосибирского областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов)

Как видно из рисунка 2, уровень загрязнения малых рек солями меди высокий и колеблется в интервале 1-22 ПДК, и заметной тенденции уменьшения содержания меди в воде малых рек не прослеживается.

На рисунке 3 приведена динамика содержания цинка в малых реках г. Новосибирска за многолетний период.

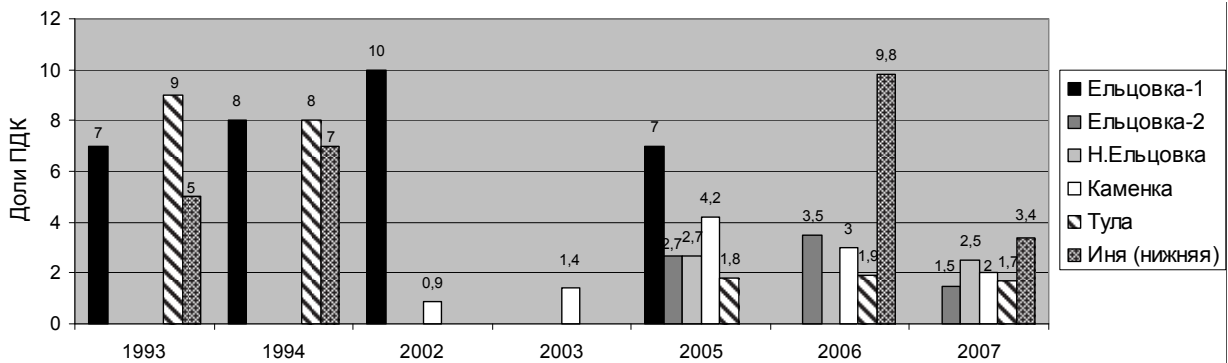


Рисунок 3 – Динамика содержания цинка в малых реках г. Новосибирска за многолетний период (по данным Новосибирского областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов)

Как видно из рисунка 3, малые реки г. Новосибирска загрязнены цинком повсеместно, что связано со сбросами сточных вод гальванических производств.

На рисунке 4 представлена динамика содержания железа общего в малых реках г. Новосибирска за многолетний период.

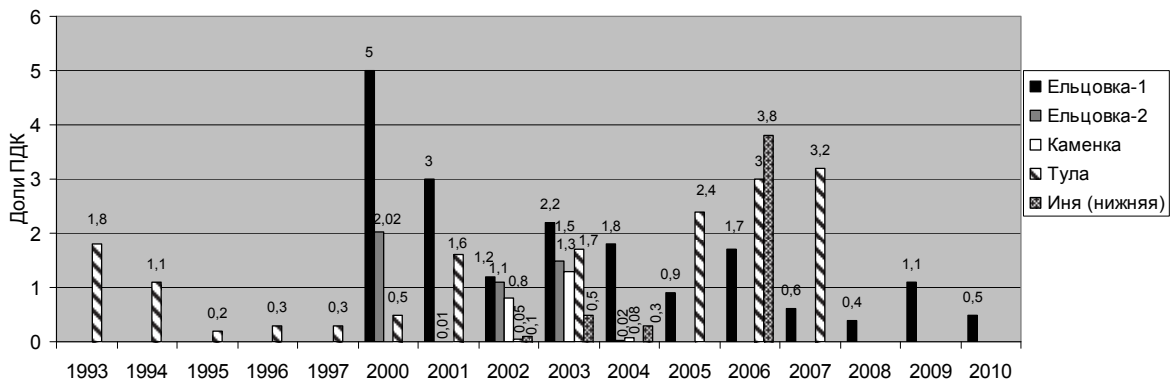


Рисунок 4 – Динамика содержания железа в малых реках г. Новосибирска за многолетний период (по данным Новосибирского областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов)

Как видно из рисунка 4, уровень загрязнения малых рек железом общим колеблется в интервале 1,7-5 ПДК и имеет тенденцию к снижению.

На рисунке 5 представлена динамика содержания марганца в малых реках г. Новосибирска за многолетний период.

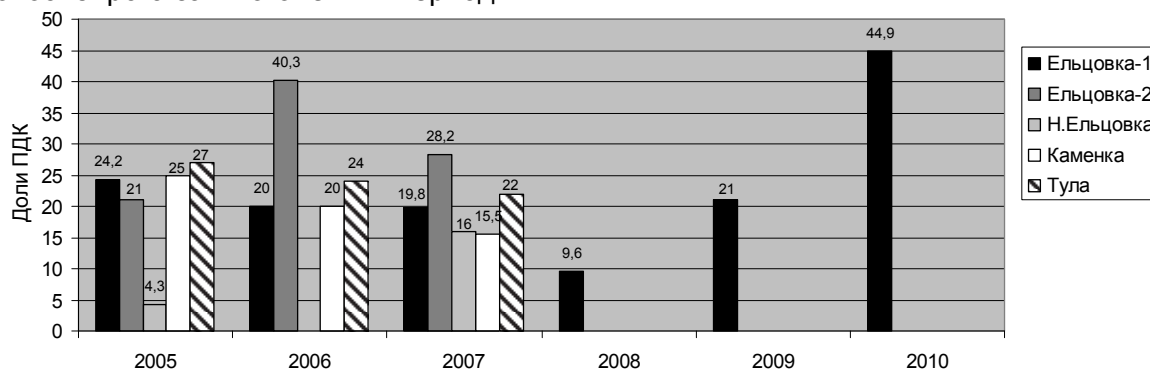


Рисунок 5 – Динамика содержания марганца в малых реках г.Новосибирска за многолетний период (по данным Новосибирского областного комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов)

Как видно из рисунка 5, малые реки г. Новосибирска загрязнены марганцем круглогодично (р. Ельцовка-1 – 9-45 ПДК, р. Ельцовка-2 – 21-40 ПДК, р. Тула – 22-27 ПДК, р. Н.Ельцовка – 4-16 ПДК)

В целом уровень загрязнения малых рек г. Новосибирска тяжелыми металлами значительно превышает санитарные нормы, что связано со сбросом сточных вод с предприятий теплоэнергетического комплекса, машиностроения и металлообработки, металлургии.

Большой вклад в загрязнение малых рек вносят и диффузионные источники загрязнения – стоки от ливневых и талых вод с промышленных территорий.

Для предотвращения сброса сточных вод все промышленные предприятия должны совершенствовать технологии производства и схемы водоснабжения, бессточные технологические системы на базе наиболее эффективных методов очистки сточных вод.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, малые реки, сточные воды, поверхностный сток, промышленные предприятия

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Рощина Екатерина Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Тарасенко Светлана Яковлевна, канд. хим. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ г. НОВОСИБИРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, А.С. Тушина

RESEARCH OF QUALITY OF WATER OF SMALL RESERVOIRS OF NOVOSIBIRSK

Siberian state university of water transport

M.A. Buchelnikov, O.V. Spirenkova, A.S. Tushina

The paper results of the chemical analysis of tests of water of small reservoirs of Novosibirsk are given. And also the complex assessment of impurity of water is made.

Keywords: pollution of water, aqueous objects, ponds, irrigated quarries, Novosibirsk

Приведены результаты химического анализа проб воды малых водоемов г. Новосибирска. А также произведена комплексная оценка загрязненности воды.

Малые водоемы являются особенно уязвимыми объектами в экологическом плане. Рост промышленности ведет за собой негативные последствия для рек и водоемов. Эти последствия выражаются в загрязнении поверхностных вод при строительстве, штатных или аварийных ситуациях при эксплуатации, изменении условий взаимодействия поверхностных вод с подземными, изменениях русловых процессов (эрозии и аккумуляции). Как правило, в крупном городе требуют очистки десятки замкнутых водных объектов и г. Новосибирск не является исключением.

Поверхностные водные объекты государственного водного фонда Новосибирской области представлены на территории города Новосибирска рекой Обью с крупными притоками – реками Иня и Тула, малыми реками: Ельцовка-1, Ельцовка-2, Каменка, Нижняя Ельцовка, Камышенка, Плющиха и водоемами – частью Новосибирского водохранилища, прудами, обводненными карьерами, естественными озерами и болотами. На гидрологический режим и экологическое состояние водных объектов города влияет совокупность природных и антропогенных факторов.

Мэрия города Новосибирска проводит работу, направленную на улучшение состояния водных объектов города. До 2011 г. данная работа касалась в первую очередь водотоков, больших и малых рек, тогда как водоемам, находящимся в пределах городской черты, внимание практически не уделялось. Первым этапом по организации охраны и рационального хозяйственного использования городских прудов, озер и иных водоемов стала инвентаризация 58 водных объектов, проведенная кафедрой водных изысканий и экологии (ВИ и Э) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта» в 2011 г.

Перечень водных объектов, подлежащих инвентаризации, был составлен специалистами Новосибирского городского комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов на основании имеющегося картографического материала прошлых лет и спутниковых снимков. В него вошли 58 объектов.

Согласно техническому заданию для каждого водоема был составлен паспорт, включающий в себя следующие сведения: наименование, местоположение, наличие и состояние путей подъезда, морфометрические характеристики, характеристика береговой линии, типы донных грунтов и мощность илистых отложений, наличие притоков, истоков, прилегающих болот, ключей, описание характера антропогенного воздействия на прибрежную зону на расстоянии 100 м от береговой линии, рекомендации по охране и рациональному хозяйственному использованию, сведения о гидрологическом режиме (источники питания). По каждому водоему составлены картосхемы (с изобатами) водоема с прилегающей территорией и профили глубин по максимальной длине.

Также начиная с 2011 г. кафедрой ВИ и Э проводится изучение качественного и количественного состава загрязняющих веществ в водоемах города Новосибирска. В 2011 г. были исследованы 19 водоемов по 25-и показателям (в том числе 9 тяжелых металлов): рН, сухой остаток, БПК₅, ХПК, растворенный кислород, нефтепродукты, фосфат-ион, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, сульфат-ион, фторид-ион, фенол, СПАВ, взвешенные вещества, свинец, кадмий, хром, никель, медь, железо, марганец, цинк, алюминий. В 2012 г. исследования продолжились на 16-и водоемах, причем, были выбраны водные объекты, которые имеют или могут иметь в дальнейшем социальную значимость, а также экологическую важность для городских экосистем. В воде были определены 11 показателей: минерализация, рН, щелочность, нитрат-ион, аммоний-ион, жесткость, кальций, магний, хлорид-ион, сульфат-ион, взвешенные вещества. В 2013 г. исследования охватили 8 водных объектов, в том числе водоемы, исследования которых ранее не производились. В воде определены 8 показателей: рН, минерализация, жесткость, щелочность, сульфат-ион, хлорид-ион, аммоний-ион, нитрат-ион. В 2015 г. проведены исследования 16 водоемов по 4 показателям: рН, минерализация, хлориды и сульфаты. Причем, были выбраны показатели качества воды, оказывающие наибольшее влияние на состояние биоты.

При проведении исследований использовалась стандартная методика отбора проб воды. Полученные данные сравнивались с предельно допустимой концентрацией (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов.

Результаты анализа показали, что во многих водоемах наблюдаются превышения ПДК таких показателей как БПК₅ и ХПК. Наибольшие превышения концентраций в водоемах были отмечены по нефтепродуктам и фенолам. Содержание взвешенных веществ в водных объектах колеблется от 3 мг/л до 94 мг/л. Минерализация во всех водоемах находится в пределах ПДК так же как водородный показатель рН. Вода в водоемах относится к водам средней жесткости, тип жесткости – кальциевый.

Концентрации таких тяжелых металлов, как свинец, кадмий и хром во всех водоемах находятся в пределах нормы. Неблагополучной можно назвать ситуацию со следующими тяжелыми металлами: никель, цинк, железо, медь, алюминий, марганец. Концентрация меди превышена абсолютно во всех исследуемых водных объектах. Содержание цинка больше норм в 12 водоемах. Концентрация железа превышена в 7 водоемах. Содержание никеля больше норм в одном водоеме, так же как и содержание алюминия. Экстремально большие

превышения ПДК наблюдаются в содержании марганца в воде 8 водоемов.

Таким образом, во всех водоемах есть превышения ПДК того или иного загрязнителя. В целом, качество воды в водоемах за 2011-2015 гг. не подверглось сильным изменениям.

В последнее время в системе Росгидромета и других службах широкое практическое применение получил удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ). Индекс представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязнённости поверхностных вод. Данный метод комплексной оценки позволяет однозначно оценить загрязнённость воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязнённости. В расчете УКИЗВ используют только нормируемые ингредиенты и показатели состава и свойств воды водного объекта. В качестве норматива использован ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов. [1] Расчет произведен для 19 водоемов, результаты приведены в таблице.

Таблица – Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды водных объектов

№ водоема, район г. Новосибирска	Значение УКИЗВ	Число учитываемых КПЗ	Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды
№1, Дзержинский	6,30	1	4 «б»	грязная
№2, Дзержинский	7,10	1	4 «б»	грязная
№3, Дзержинский	6,20	1	4 «б»	грязная
№7, Дзержинский	8,75	1	4 «в»	очень грязная
№20, Калининский	9,00	1	4 «г»	грязная
№23, Кировский	10,30	3	5	экстремально грязная
№28, Ленинский	8,50	–	4 «в»	очень грязная
№29, Ленинский	7,50	1	4 «в»	очень грязная
№33, Октябрьский	7,10	–	4 «б»	грязная
№44, Первомайский	8,50	–	4 «в»	очень грязная
№55, Первомайский	6,60	1	4 «б»	грязная
№58, Центральный	9,50	1	4 «г»	грязная
№31, Октябрьский	6,80	1	4 «в»	очень грязная
№37, Октябрьский	8,60	3	5	экстремально грязная
№15, Заельцовский	8,80	1	4 «в»	очень грязная
№14, Заельцовский	7,60	3	4 «г»	грязная
№34, Октябрьский	6,50	1	4 «б»	грязная
№48, Первомайский	7,10	1	4 «б»	грязная
№39, Октябрьский	7,75	–	4 «в»	очень грязная

Большинство водоемов относится к 4 классу – грязные, два водоема относятся к 5 классу – экстремально грязные. Это связано, прежде всего, с высокой концентрацией тяжелых металлов в водоемах, в частности с содержанием меди. Даже в тех водоемах, где медь является единственным загрязнителем, превышающим ПДК, ее концентрация настолько велика, что качество воды в них также 4 класса. Стоит отметить, что на берегах водоемов расположены несанкционированные свалки, которые непосредственно влияют на качество воды.

В дальнейшем для каждого водоема необходимо разработать комплекс технологических и конструктивных мероприятий, в первую очередь, направленных на очистку, экологическую реконструкцию и реабилитацию данных водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бучельников, М.А. Гидроэкологические проблемы водоемов города Новосибирска: монография / М.А. Бучельников, А.А. Перфильев, В.А. Седых, О.В. Спиренкова, А.С. Тушина. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2014. -87 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *загрязнение воды, водные объекты, водоемы, обводненные карьеры, Новосибирск*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Бучельников Михаил Александрович, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
Спиренкова Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Тушина Александра Сергеевна, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ВЛИЯНИИ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

А.В. Бахвалова, С.В. Макаров

INVESTIGATION OF FEATURES START THE DIESEL ENGINE MORE POWER WITH INFLUENCE OF EXTERNAL CONDITIONS

Novosibirsk state technical university

A.V. Bakhvalova, S.V. Makarov

This article discusses ways to facilitate starting of diesel engines. Presents the factors affecting the successful and reliable starting diesel engines. The mathematical calculations and graphical method for finding the necessary speed of scrolling of the crankshaft under different temperature conditions.

Keywords: energy efficiency, super capacitor, accumulator, combining power plant, rotational speed of the crankshaft

Рассмотрены способы облегчения запуска дизельных двигателей. Представлены факторы, влияющие на успешный и надежный запуск дизельных двигателей. Приведены математические выкладки и графический способ нахождения необходимой скорости прокручивания коленчатого вала при разных температурных условиях.

Запуск дизельного двигателя в холодное время года является сложной технической задачей. В связи с этим, суровые климатические условия предопределили разработку различных способов облегчения их запуска [1]. Условно их можно разделить на групповые и индивидуальные. К числу групповых относятся мероприятия направленные на предпусковой подогрев дизельного двигателя с помощью горячей воды, пара, электрической энергии. К индивидуальным относятся: свечи накаливания, пусковые приспособления для подачи легко воспламеняющейся жидкости. Достоинством индивидуальных средств является то, что они создают необходимые условия для запуска в холодное время.

Для осуществления запуска дизельных двигателей большой мощности наибольшее распространение получили следующие виды пусковых систем:

- с помощью пускового двигателя;
- с помощью пускового устройства.

Пусковые двигатели чаще всего представляют собой небольшие бензиновые двигатели. В качестве пусковых устройств для дизельных двигателей наибольшее распространение получили электростартерные системы и стартер-генераторные устройства. Эти устройства получают питание от аккумуляторной, а в последнее время и от комбинированных источников (суперконденсаторной и аккумуляторной батареи).

Пусковые устройства имеют несколько преимуществ перед пусковыми двигателями: компактность, автоматизация управления, ускорение процесса пуска. Однако пусковым устройствам присущ ряд недостатков, в числе которых: высокая масса, а также ограничение ресурса, связанное с возможностями аккумуляторной батареи, что в свою очередь влияет на пуск дизельного двигателя в зимних условиях. Наибольшее распространение в настоящее время получили пусковые устройства ввиду своих достоинств.

Надежные качества запуска дизельного двигателя можно оценить следующими факторами:

- минимальной пусковой частотой прокручивания коленчатого вала;
- величиной среднего давления трения при заданной вязкости моторного масла;
- преодолением момента сопротивления прокручивания коленчатого вала.

Работа дизельного двигателя при пуске отличается от его работы на номинальном режиме, так как при запуске частота вращения коленчатого вала во много раз меньше [2].

Гарантированный запуск дизельных двигателей особенно в зимних условиях при использовании пусковых устройств в значительной мере зависит от минимальной скорости прокручивания коленчатого вала, необходимой для создания надежных условий смесеобразования в цилиндрах двигателя.

Определить возможную скорость прокручивания вала дизеля при применении определённого пускового устройства можно путём совмещения на одном графике кривой приведенного крутящего момента пускового устройства M_k с кривыми моментов сопротивления

дизеля M_c .

Для успешного и надежного запуска дизельных двигателей необходимо преодолеть момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала, этот момент можно рассмотреть как сумму трех составляющих

$$M_c = M_T + M_K + M_j, \quad (1)$$

где M_T – момент сопротивления, возникающий от сил трения кривошипно-шатунного механизма, а также затрат энергии на привод вспомогательных механизмов (топливный, масляный, водяной насосы и др.);

M_K – момент, необходимый для преодоления сопротивления компрессии;

M_j – момент сопротивления, затрачиваемый на преодоление кинетической энергии всех движущихся частей двигателя при его разгоне.

Момент сопротивления M_K зависит от степени сжатия и в значительной мере снижается при прокручивании двигателя в результате возвращения энергии при расширении сжатой смеси (заряда). Момент M_j при установившейся частоте вращения равен нулю.

Затраты энергии на преодоление момента сопротивления прокручиванию двигателя зависят от большого числа факторов, в числе которых:

- площадь поверхности трения;
- вязкость моторного масла;
- частота и непрерывность вращения коленчатого вала;
- потери рабочего тела и тепла в процессах сжатия и расширения.

Расчет вышеперечисленных факторов является весьма сложным, поэтому обычно момент сопротивления определяют опытным путем. Однако установлен ряд некоторых закономерностей: величина момента сопротивления возрастает по мере понижения температуры двигателя, что объясняется повышением вязкости моторного масла. А также величина момента сопротивления растет с увеличением частоты прокручивания коленчатого вала вследствие повышения давления трения в кривошипно-шатунном механизме двигателя.

Расчет моментов сопротивления прокручивания можно производить по следующим эмпирическим формулам [3]:

– для дизелей с числом цилиндров от 1 до 4 включительно

$$M_c = 8,523V_h \left(0,24 + \frac{0,33n}{100} \right) \nu^{0,37}; \quad (2)$$

– для 6-цилиндровых дизелей

$$M_c = 8,523V_h \left(0,10 + \frac{0,33n}{100} \right) \nu^{0,41}; \quad (3)$$

– для 8-цилиндровых и более

$$M_c = 8,523V_h \left(0,11 + \frac{0,022n}{100} \right) \nu^{0,39}, \quad (4)$$

где V_h – общий рабочий объем цилиндров двигателя, л;

n – частота прокручивания коленчатого вала, мин⁻¹;

ν – вязкость моторного масла, сСт.

На рисунке 1 представлен общий вид кривых момента сопротивления дизельного двигателя от скорости вращения вала при разных температурах окружающей среды.

Исходя из графика, можно сделать следующий вывод, что с уменьшением температуры окружающей среды увеличивается вязкость моторного масла и вместе с этим увеличивается момент сопротивления.

Расчет крутящего момента пускового устройства можно произвести по следующим формулам.

ЭДС индуцируемая в обмотке якоря при его вращении будет равна

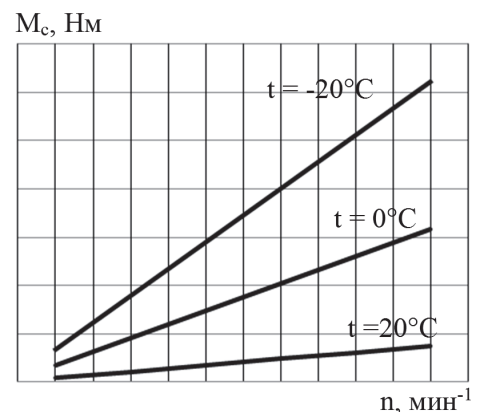


Рисунок 1 – Кривые момента сопротивления дизельного двигателя при разных температурах окружающей среды

$$E_a = c_e n_a \Phi, \quad (5)$$

где c_e – постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы;
 n_a – скорость вращения вала;
 Φ – магнитный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При питании от аккумуляторной батареи ЭДС

$$E_a = U_H - \Delta U_{щ} - I_a R_{\Sigma}, \quad (6)$$

где U_H – номинальное напряжение;
 $\Delta U_{щ}$ – падение напряжения в контактах щетки-коллектора;
 R_{Σ} – суммарное сопротивление цепи якоря (сопротивление стартерной сети, сопротивление обмотки якоря, сопротивление последовательной обмотки возбуждения).

Скорость вращения вала находится по следующей формуле

$$n = \frac{E_a}{c_e \Phi}, \quad (7)$$

Крутящий момент на валу электродвигателя

$$M_{кр} = \frac{30P}{\pi n}, \quad (8)$$

где P – полезная мощность.

При уменьшении температуры окружающей среды уменьшается температура электролита аккумуляторной батареи и как следствие увеличивается внутреннее сопротивление, а следовательно уменьшается полезная мощность, отдаваемая аккумуляторной батареей [4].

На рисунке 2 представлены зависимости крутящего момента дизельного двигателя от скорости вращения вала при разных температурах окружающей среды.

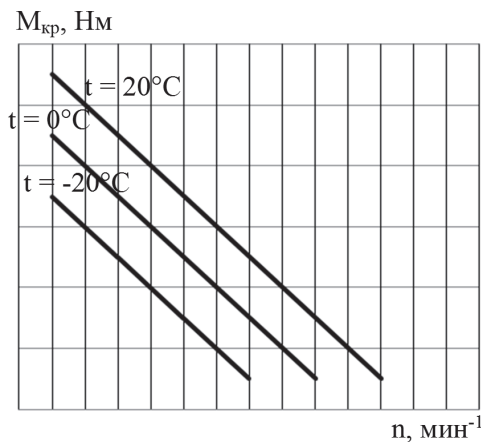


Рисунок 2 – Зависимость крутящего момента пускового устройства от скорости вращения вала при разных температурах окружающей среды

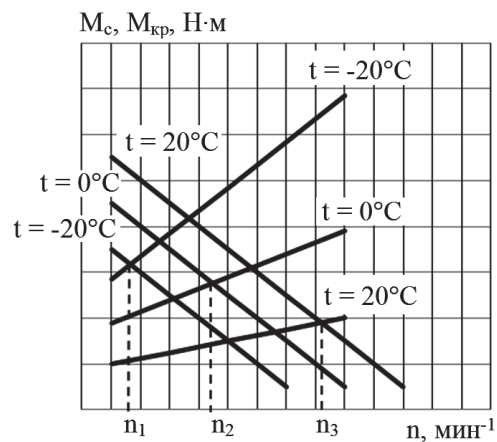


Рисунок 3 – Зависимости крутящего момента и момента сопротивления дизельного двигателя от скорости вращения вала

Совместив полученные графики зависимостей момента сопротивления и крутящего момента дизельного двигателя от скорости вращения вала (рисунок 3), можно определить скорость прокручивания вала дизельного двигателя при применении определенного пускового устройства.

На данном графике точками пересечения n_1, n_2, n_3 показаны возможные скорости прокручивания коленчатого вала дизельного двигателя, при разных температурах окружающей среды.

Вывод. Установлено, что наибольшее распространение дизельных двигателей получили пусковые устройства, такие как электростартерные системы и стартер-генераторные устройства.

Успешность и надежность пуска дизельных двигателей при использовании пусковых устройств в первую очередь зависит от минимальной скорости прокручивания коленчатого

вала.

Скорость прокручивания коленчатого вала можно найти, совместив графики зависимостей момента сопротивления дизельного двигателя и крутящего момента пускового устройства от скорости вращения вала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Щуров, Н.И. Анализ режимов работы силовых установок маневровых тепловозов / Н.И. Щуров, Е.Г. Гурова, С.В. Макаров, Д.М. Стрельникова // Современные проблемы науки и образования. -2014. -№3. -С. 104.
- 2 Володин, А.И. Локомотивные двигатели внутреннего сгорания / Володин А.И. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Транспорт, 1990. -256 с.
- 3 Макаров, С.В. Энергоэффективная комбинированная система пуска дизельного двигателя / С.В. Макаров, Е.Г. Гурова, М.Г. Гуров // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сб. научн. тр. –Томск: Национал. исследов. Томский политехн. ун-т., 2014. -С. 349-351.
- 4 Хертл, И. Инструкция по эксплуатации двигателя для тепловоза ЧМЭ ЗТ / Хертл, И. Завод им. Вилхелма Пика, 1987. - 198 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергоэффективность, суперконденсатор, аккумулятор, комбинированная система, скорость вращения коленчатого вала

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бахвалова Анжелика Викторовна, магистрант ФГБОУ ВО «НГТУ»
Макаров Станислав Владимирович, ассистент ФГБОУ ВО «НГТУ»

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С СУПЕРМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ЖЕСТКОСТИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Е.Г. Гурова

TEST RESULTS THE VIBRATION ISOLATORS WITH SUPERMAGNETIC COMPENSATOR RIGIDITY
Novosibirsk state technical university
E.G. Gurova

The results of vibration isolators test with supermagnetic compensator rigidity based designed model.

Keywords: compensator rigidity, vibration

В работе представлены результаты испытаний виброизолятора с супермагнитным компенсатором жесткости на основе разработанного макета.

В [1-3] описана конструкция супермагнитного компенсатора жесткости (СКЖ), предназначенного для установки параллельно упругим элементам виброизолирующих подвесок. Магнитный компенсатор представляет собой два диска, один из которых жестко закреплен на вибрирующем основании через дюралюминиевую стойку, другой диск закреплен на вибрирующем основании при помощи неметаллических стоек. Шток жестко связан с защищаемым объектом. Неодимовые магниты расположены на нижнем и верхнем дисках в отверстиях, а также на обеих сторонах якоря, образуя тем самым компенсатор жесткости с падающей силовой характеристикой.

Для исследований виброизолирующих свойств подвесок с СКЖ на ФГУП ПО «Север» и НПО «ЭЛСИБ» был изготовлен макет виброизолятора с нелинейным супермагнитным компенсатором жесткости (рисунок 1).

В лаборатории кафедры прочности летательных аппаратов Новосибирского государственного технического университета проведены исследования предложенного виброизолятора и испытания макета виброзащитной подвески с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов.

Программой испытаний предусматривалось:

– измерение виброускорений защищаемого объекта



Рисунок 1 – Виброизолятор с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов

при различных частотах вибростенда V650/1HRA-K (рисунок 2) без супермагнитного компенсатора жесткости;

– измерение виброускорений защищаемого объекта при различных амплитудах перемещений вибростенда V650/1HRA-K с супермагнитным компенсатором жесткости;

– проверка эффективности работы виброзащитного устройства с супермагнитным компенсатором жесткости.

Установка вибростенда V650/1HRA-K состоит из электродинамического вибростенда, 4-канальной цифровой системы управления виброиспытаниями DACTRON-LASER-4 и датчиков вибрации (ICP) 10 mB/g (вес 5,8 г) фирмы PCB Piezotronics.

Измерения виброускорений проводились при защищаемой массе 25 кг при амплитуде перемещений 1 мм в диапазоне от 5 до 16 Гц. Испытывался виброизолятор, содержащий только упругий элемент (без компенсатора жесткости), а также виброизолятор с компенсатором. Результаты испытаний (зависимость виброускорений от частоты) приведены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Внешний вид вибростенда V650/1HRA-K

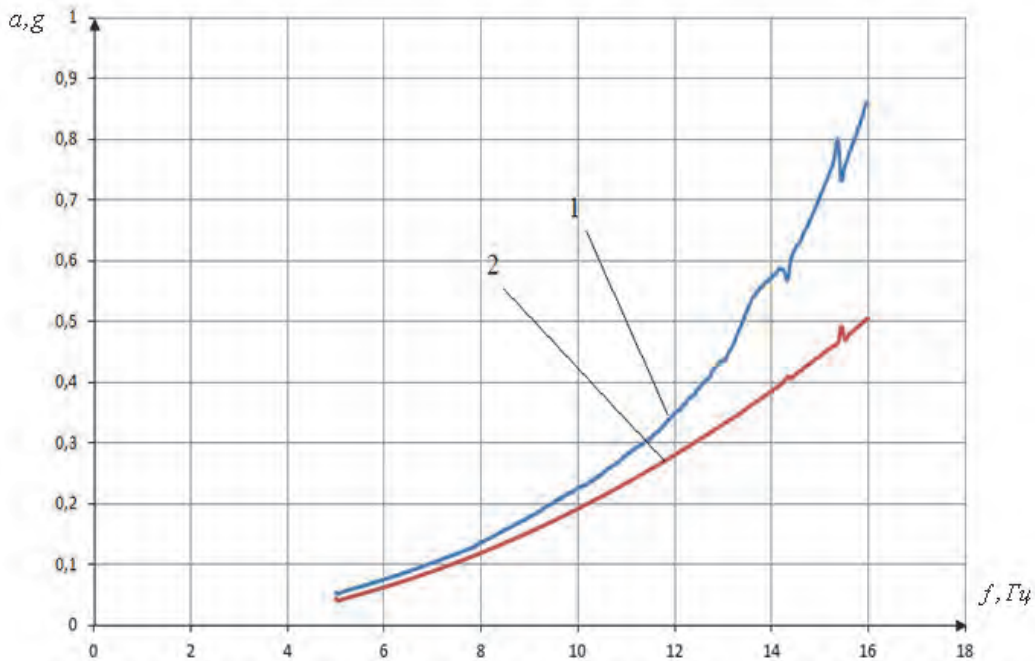


Рисунок 3 – Характеристики виброизолятора при амплитуде перемещений вибростенда 1 мм (защищаемая масса 25 кг): 1-без компенсатора жесткости; 2-с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов

Испытания показали, что виброзащитное устройство с супермагнитным компенсатором жесткости в диапазоне частот от 4 до 128 Гц снижает уровни виброускорений на 15-25 дБ, что говорит об эффективности работы виброизолятора с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гурова, Е.Г. Устройство виброизолирующее с компенсатором жесткости на основе неодимовых магнитов / Е.Г. Гурова, М.Г. Гуров // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. 5 междунар. науч.-практ. конф., г. Юрга, 22-23 мая 2014 г. -Томск: Изд-во ТПУ, 2014. -Т. 2. -С. 280-283.

2 Гурова, Е.Г. К применению супермагнитов в устройствах виброзащиты подвижного состава / Е.Г. Гурова // Известия Транссиба. -2013. -С. 30-34.

3 Gurova, E.G. Vibro isolator with neodymium magnets compensator of the stiffness / E.G. Gurova, M.G. Gurov // Applied Mechanics and Materials. -2014. -Vol.682: Innovative Technologies and Economics in Engineering. -P. 118-121.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *компенсатор жесткости, вибрация*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Гурова Елена Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «НГТУ»*

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

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Никифоров В.С., Масленников С.Н., Цыпляков В.Н. РАЗВИТИЕ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА: ПОТРЕБНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ	3
Зыкова В.Ю. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В СМЕШАННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО- ВОДНОМ СООБЩЕНИИ	6
Власенский А.А. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕПАРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ Поездов НА ДОЛЮ ПРОБЕГА ЛОКОМОТИВОВ В ОДИНОЧНОМ СЛЕДОВАНИИ.....	9
Мжельская Н.М. РОЛЬ КРУПНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АЭРОПОРТОВ В РАЗВИТИИ РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК РОССИИ	12
Краморенко М.И., Варакса А.М. КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛИЗАЦИИ НА РАЗВИТИЕ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ	15
Мжельская Н.М. АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА РОСТА РЫНКА АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК РОССИИ.....	18
Власенский А.А. МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМИ РЕСУРСАМИ	24
Перепельцев В.Л. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ.....	28
Перепельцев В.Л. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОССИЙСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ	32
Бунеев В.М. СТРАТЕГИЯ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ.....	36
Краморенко М.И. ОСОБЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	40
Бобков А.П., Тихонов В.И., Хвостов Р.С. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ (ПРОБЛЕМЫ КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО РЕШАТЬ).....	43
Жендарева Е.С. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ И ДОСТАВКИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НОВОСИБИРСКОМ РЕЧНОМ ПОРТУ	46
Наприенко А.А., Наприенко Е.С. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	49
Островский А.М., Лисютин А.М. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЕЗДАХ.....	52
Островский А.М., Лисютин А.М., Высоцкий Л.Ю. ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОПУСКА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЛИНИЯМ.....	54
Масленникова Е.А., Масленников С.Н. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИНАНСОВОГО И НАЛОГОВОГО УЧЕТА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК	58
Соколов В.Г., Соколов С.А. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА	61
Путилова Н.Н., Сунина М.Г., Масленников С.Н. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ТОВАРАМИ И УСЛУГАМИ	67
ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО	
Дегтярева В.В. БЕЗОПАСНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОГРУЗО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ	75
Попов А.М., Зиновьев В.Б., Сподарева Л.А. ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВБЛИЗИ НАГЕЛЯ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ.....	77
Наприенко А.А., Наприенко Е.С. АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНОВ	81
Кузнецов А.Ю. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ОТТЯЖЕК ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	83
Палагушкин Б.В., Дёмин Ю.В., Алаев Е.Г., Кузнецов А.Ю., Иванов Г.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОТТЯЖЕК ОПОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	85
Терёхин И.А., Кремлев И.А., Кондратьев Ю.В., Кузнецов А.А., Скоков Р.Б. МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СУХОГО БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА КОНТАКТНОЙ СЕТИ, КАК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДНИКА.....	88

СОДЕРЖАНИЕ

Ломов П.О., Ланис А.Л. К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ДИАМЕТР РАСКАТАННОЙ СКВАЖИНЫ	92
Наприенко А.А., Наприенко Е.С. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	97
СУДОВОЖДЕНИЕ	
Емельянов А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНЫМИ СУДАМИ ШЛЮЗОВАННЫХ СИСТЕМ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ СУДНА В ОГРАНИЧЕННОМ ПОТОКЕ	102
Маликова Т.Е., Аносов Н.М. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ И КРЕПЛЕНИЯ ШТАБЕЛЯ	105
Францев М.Э. НОВЫЕ СКОРОСТНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ СУДА ДЛЯ РЕК СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	108
Кац В.А., Комаровский Ю.А. СБОИ ПРИЁМНИКА GP-37 В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ	114
Бимбереков П.А. СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ ПО ГРАФИЧЕСКИМ ЗАВИСИМОСТЯМ И ПОЛУЧЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВОДОМЁТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ ВОДОИЗМЕЩАЮЩИХ СУДОВ	118
Бимбереков П.А., Рыбников Д.Ю. ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ ГРЕБНЫХ КОЛЁС С ПРЯМЫМИ И ШЕВРОННЫМИ ПЛИЦАМИ	122
Комаровский Ю.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СПУТНИКОВ НАВСТАР GPS ОТНОСИТЕЛЬНО НАБЛЮДАТЕЛЯ В ШИРОТЕ 60 ГРАДУСОВ	128
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
Кича Г.П., Бойко С.П. ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ТКАНЫХ РЕГЕНЕРИРУЕМЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	132
Тарасов В.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОННОГО ИСПАРИТЕЛЯ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПО УДАЛЕНИЮ ТОПЛИВНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА	139
Кича Г.П., Таращан Н.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ПРИ ОЧИСТКЕ МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ	143
Старченко М.Е. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА АБРАЗИВООПАСНЫХ ПРОДУКТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОТАЮЩИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	149
Шувалов Г.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБОРОВ ТИПА СИМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТРАБОТАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ	152
Дрозд М.С. ОСОБЕННОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СУДОВЫХ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ	154
Шувалов Г.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТОПЛИВАХ АНАЛИЗАТОРОМ СИМ-6	158
Шувалов Г.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	161
Куделин О.Г., Фомин В.И. НЕСТАНДАРТНОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ	164
Куделин О.Г., Фомин В.И. АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРОГО КЛАССА ЗАДАЧ, РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ НА СТЫКЕ АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ	166
Тарасов В.В., Кулямов П.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПО УДАЛЕНИЮ ВОДЫ ИЗ ОБВОДНЕННОГО МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ	168
Барановский А.М., Викулов С.В., Пахомова Л.В., Зуев А.К. ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР МОДЕЛИ ВИБРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ОПЕРАТОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ	172
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
Горелов В.П., Данилов Г.А., Манчук Г.Р., Ратников В.И., Саушкин С.А., Шемшурин А.А.	175
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	175

СОДЕРЖАНИЕ

Горелов В.П., Денчик Ю.М., Левчишин О.Н., Прищеп К.И., Спирев С.М. ДОПУСТИМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТРАНСПОРТ КАК ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ЭКСПЛУАТАЦИИ	179
Юрин В.Н. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В СТАТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ	182
Рыковский Н.А., Денчик Ю.М., Ковалева Н.А., Сальников В.Г., Иванова Е.В., Ратников В.И. ОЦЕНКА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В СЕТИ 6 кВ КУСТА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА ИЗ ГЛУБИННЫХ СКВАЖИН	184
Левин В.М. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ	188
Смыков Ю.Н. ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА ОТ БЕРЕГОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	192
Горелов С.В., Глотов А.А., Денчик Ю.М. ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ДЛЯ КОНДУКТИВНЫХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ	194
Нагайцев А.Л., Семенов А.В., Федюков Р.В., Фишов А.Г., Чершова В.О. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ И КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЗКИ В РЕЖИМЕ ON-LINE	198
Антонов А.И., Денчик Ю.М., Зубанов Д.А., Клеутин В.И., Вишнягов М.Г., Руппель А.А., Сидоренко А.А. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО МЕДЛЕННОМУ ИЗМЕНЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ	203
Харламов В.В., Попов Д.И., Литвинов А.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ КОММУТАЦИИ ТРАНЗИСТОРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ	207
Порсев Е.Г., Белицкий Д.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕЛИОМОБИЛЯ ПО КРИТЕРИЯМ ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	211
ЭКОЛОГИЯ	
Рощина Е.В., Тарасенко С.Я. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК В ЧЕРТЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД	215
Бучельников М.А., Спиренкова О.В., Тушина А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ г. НОВОСИБИРСКА	217
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
Бахвалова А.В., Макаров С.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ВЛИЯНИИ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ	220
Гурова Е.Г. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С СУПЕРМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ЖЕСТКОСТИ	223

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 ав- тора: 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
№3 за 2015 год

Главный редактор – Зачёсов В.П.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 25.09.2015 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 26,6; 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