

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Волжский государственный университет водного транспорта

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 59

Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н. Новгород, 2019

УДК 33+34+53+62+65+68+81+86+91+93

В 38

В 38 Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 59. –
Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – 194 с.

Редакция: журнала:

Главный редактор	– Кузьмичев И.К. д.т.н., проф.
Первый заместитель главного редактора	– Минеев В.И. д.э.н., проф.
Заместитель главного редактора	– Корнев А.Б. к.т.н., доц.
Заместитель главного редактора	– Отделкин Н.С. д.т.н., проф.
Ответственный редактор	– Митрошин С.Г. к.т.н. доц.
Ответственный секретарь	– Раева О.А.

Редакционная коллегия:

Бажан П.И.	д.т.н., проф.	Безюков О.К.	д.т.н., проф.
Белых В.Н.	д.ф.-м.н., проф.	Бик Ю.И.	д.т.н., проф.
Ваганов А.Б.	д.т.н., доц.	Волков И.А.	д.ф.-м.н., проф.
Воробьев А.В.	д.э.н., проф.	Вычужанин В.В.	д.т.н., проф.
Гаврилов А.И.	д.э.н., проф.	Гирин С.Н.	к.т.н., проф.
Грамузов Е.М.	д.т.н., проф.	Ермаков С.А.	д.ф.-м.н., проф.
Зуев В.А.	д.т.н., проф.	Иванов В.М.	к.т.н., проф.
Казаков Н.Н.	к.т.н., доц.	Клементьев А.Н.	д.т.н., проф.
Корнилов Д.А.	д.э.н., проф.	Королев Ю.Ю.	к.э.н., доц.
Костров В.Н.	д.э.н., проф.	Курников А.С.	д.т.н., проф.
Лаврентьева Е.А.	д.э.н., проф.	Мареев Е.А.	д.ф.-м.н., чл.-кор. РАН
Матвеев Ю.И.	д.т.н., проф.	Мясников Е.Н.	д.ф.-м.н., проф.
Никущенко Д. В.	д.т.н., проф.	Озина А.М.	д.э.н., проф.
Плющаев В.И.	д.т.н., проф.	Роннов Е.П.	д.т.н., проф.
Ситнов А.Н.	д.т.н., проф.	Степанов А.Л.	д.т.н., проф.
Удалов О.Ф.	д.э.н., проф.	Уметалиев А.С.	д.э.н., проф.
Уртминцев Ю.Н.	д.т.н., проф.	Федосенко Ю.С.	д.т.н., проф.
Франк Венде	к.т.н., проф.	Хватов О.С.	д.т.н., проф.
Цветков Ю.Н.	д.т.н., проф.		

Редакционный совет журнала:

Алексеев В.Я. – Генеральный директор ОАО «Порт Коломна»
Бессмертный Д.Э. – Руководитель ФБУ «Администрация волжского бассейна», к.т.н.
Ежов П.В. – Генеральный директор ООО «Си Тех»
Ефремов Н.А. – Первый заместитель генерального директора ФАУ PPP, д.э.н.
Захаров В.Н. – Советник ректора ФГБОУ ВО «ВГУВТ», д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, Почетный работник транспорта России
Мареев Е.А. – Заместитель директора ИПФ РАН по научной работе, д.ф.-м.н., профессор, член-корр. РАН
Мочалина Н.Н. – Первый заместитель министра – начальник Управления природопользования Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области
Сазонов И.Г. – заместитель Министра промышленности Нижегородской области
Столповицкий К.С. – начальник Управления государственного морского и речного надзора Ространснадзора
Теодор де Йонге – Генеральный директор «Numeriek Centrum Groningen B.V.», Нидерланды
Франк Венде – Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, ФРГ, PhD
Шаталов В.В. – Генеральный директор ОАО КБ «Вымпел», профессор

Вестник ВГАВТ – журнал широкой научной тематики, посвященный вопросам водного транспорта. Материалы выпуска рекомендуются научным сотрудникам, преподавателям высших учебных заведений, инженерам, аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

© ВГУВТ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I

Водные пути, порты и гидротехнические сооружения

Яблоков А.С., Замятин А.В., Никитаев И.В., Хвостов Р.С.

Оценка напряженно-деформированного состояния причального перегружателя для определения возможности эксплуатации подъемного сооружения, отработавшего нормативный срок, на основе оценки состояния поврежденной металлоконструкции 11

Раздел II

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

Борисов А.М., Гирин С.Н., Пряничников К.Н.

Сравнительный анализ требований правил российского морского регистра судоходства и правил российского речного регистра к конструкции и прочности судов смешанного плавания классов «ГЗ-гсп» и «М-сп 3,5» 27

Васькин С.В., Рехалова Н.А., Сустретова Н.В.

Предложения по внесению изменений и дополнений в требования российского речного регистра в области охраны окружающей среды 42

Зуев В.А., Калинина Н.В., Москвичева Ю.А., Себин А.С.

Модельные испытания ледокольной платформы на воздушной подушке в поле мелкобитого льда 52

Зяблов О.К., Кочнев Ю.А., Кочнева И.Б.

Автоматизированное формирование отчёта по дефектации судна с использованием графо-математической модели корпуса 62

Степанова А.А., Михеева Т.А.

Обоснование выбора изоляционно-защитных материалов для помещений плавучего ресторана класса «Р» 70

Чебан Е.Ю., Мартемьянова О.В., Гачев С.В., Мухина А.А.

Исследование влияния формы катера типа «RIB» на его гидродинамические характеристики численными методами 79

Раздел III

Финансовые и учетно-аналитические проблемы современной экономики

Мосинцев А.В.

Оптимизация налоговых платежей как способ снижения расходов компании 93

Раздел IV Экономика, логистика и управление на транспорте

Байгалиева А.Н.

Разработка предложений по расширению списка действий по китайской инициативе экономической интеграции «один пояс – один путь» для упрощения процедур торговли в Казахстане 101

Жмачинский В.И., Ильющенко И.Г., Сяньюй У

Организационно-экономическое проектирование сети транспортно-логистических центров (ТЛЦ) в арктической зоне РФ 109

Зарецкая Е.В., Жаворонков Н.А., Исаева А.А.

Перспективы развития недоиспользованного транспортного и туристического потенциала внутренних водных путей за счёт новых мультимодальных технологических решений 120

Мордовченков Н.В., Поляков В.М., Тихомиров Г.А.

Развитие и повышение экономической эффективности услуг на рынке ОСАГО: отечественный и зарубежный опыт 127

Тюлюбаева Д.М., Бахарева А.Д.

Разработка маршрутов для пользователей услуги «Carpool» на основе подвижности населения г. Алматы 138

Раздел V Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Антонова Е.И., Васильев И.А.

Модель перегрузочных процессов при организации грузовых работ на контейнерном терминале 149

Виноградов В.Н., Ивановский Н.В.

Синтез алгоритма управления судном в заданной акватории на основе комплексного критерия риска 158

Осокин М.В.

Оценка риска потери остойчивости и возникновения параметрического резонанса качки на примере контейнеровоза-фидера 166

Раздел VI Эксплуатация судового энергетического оборудования

Попов С.В., Малышев Ю.С.

Реализация испытательной установки на базе учебного лабораторного стенда 179

Цветков Ю.Н., Власов М.Ю., Дехтярь Л.И.

Оценка молекулярной структуры смазочных масел комбинированным методом инфракрасной спектроскопии и вискозиметрии 186

Federal Agency of Sea and River Transport
Volga State University of Water Transport

BULLETIN
of the Volga State Academy
of Water Transport

Issue 59

VSUWT publishing house
N. Novgorod, 2019

Editor-in-chief	– D.Sc.(Tech.) Professor Kuzmichev I.K.
First Deputy Editor	– D.Sc.(Econ.), Professor Mineev V.I.
Deputy Editor-in-chief	– Ph.D. Associate Professor.Kornev A.B
Deputy Editor-in-chief	– D.Sc.(Tech.) Professor Otdelkin N.S.
Contributing Editor	– Ph.D. Associate Professor.Mitroshin S.G.
Executive secretary	– Raeva O.A.

The Editorial Board: of the journal

Bazhan P.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Bezyukov O.K.	D.Sc.(Tech.), Professor
Belykh V.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.	Bik Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor
Vaganov A.B.	Ph.D. Associate Professor	Volkov I.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.
Vorobjov A.V.	Ph.D.(Econ.), Professor	Vychuzhanin V.V.	D.Sc.(Tech.), Professor
Gavrilov A.I.	Ph.D.(Econ.), Professor	Girin S.N.	Ph.D. Associate Professor
Gramuzov E.M.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ermakov S.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.
Zuev V.A.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ivanov V.M.	Ph.D. Associate Professor
Kazakov N.N.	Ph.D. Associate Professor	Klement`ev A.N.	D.Sc.(Tech.), Professor
Kornilov D.A.	Ph.D.(Econ.), Professor	Korolev Y.Y.	Ph.D. Associate Professor
Kostrov V.N.	D.Sc.(Econ.), Professor	Kurnikov A.S.	D.Sc.(Tech.), Professor
Lavrentieva E.A.	Ph.D.(Econ.), Professor	Mareev E.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.
Matveev Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Myasnikov E.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.
Nikushenko D.V.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ozina A.M.	Ph.D.(Econ.), Professor
Plushaev V.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ronnov E.P.	D.Sc.(Tech.), Professor
Sitnov A.N.	D.Sc.(Tech.), Professor	Stepanov A.L.	D.Sc.(Tech.), Professor
Udalov O.F.	Ph.D.(Econ.), Professor	Umetaliev A.S.	Ph.D.(Econ.), Professor
Urtmintsev Y.N.	D.Sc.(Tech.), Professor	Fedosenko Y.S.	D.Sc.(Tech.), Professor
Frank Vende	Ph.D. Associate Professor	Khvatov O.S.	D.Sc.(Tech.), Professor
Tsvetkov Yu.N.	D.Sc.(Tech.), Professor		

The Editorial Council of the journal

Alekseev V.J. – General Director of JSC «Port Kolomna»
Bessmertnui D.E. – The head of the FBI «The administration of the Volga basin», Ph.D.
Ezov P.V. – General Director of «Sea Tech»
Efremov, NA – First Deputy General Director of the State PPP, Ph.D.
Zakharov V. N. – Advisor to Rector of Volga State University of Water Transport, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the R.F., Honored Worker of Transport of Russia
Mareev EA – Deputy Director of the IAP RAS on scientific work, Dr., Professor, Corresponding Member. RAS
Mochalina N. N. – First Deputy Minister – the head of the Natural Resources Department of the Nizhny Novgorod region Ecology and Natural Resources Ministry
Sazonov I.G. – Deputy Minister of Industry of Nizhny Novgorod Region
Stolovitsky K. S. – the head of the Directorate for State of Maritime and River Supervision of Federal Agency for transport supervisiona
Theodore de Jonge – General Director of «Numeriek Centrum Groningen BV», The Netherlands
Frank Wende – Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, Germany, PhD.
Shatalov V.V. – General Director of CB «Vympel», Professor

CONTENTS

Section I

Waterways, ports and hydraulic engineering constructions

Yablokov A.S., Zamyatin A.V., Nikitaev I.V., Khvostov R.S.,

The stressed-deformed state assessment of the mooring loading crane to determine the possibility of the lifting facility, that has worked out the normative time, on the basis of the damaged metal construction state assessment 11

Section II

Shipbuilding, ship repair, and ecological safety of the ship

Borisov A.M., Girin S.N., Prjanichnikov K.N.

Comparative analysis of the Russian Maritime Register of shipping rules requirements and the Russian River Register rules requirements to the construction and strength of mixed river-sea-going ships (classes «R3-RSN» and «M-SP 3,5») 27

Vaskin S.V., Rekhhalova N.A., Sustretova N.V.

Suggestions for amendments and additions in the requirements of the Russian River Register in the field of environmental protection 42

Zuev V.A., Kalinina N.V., Moskvicheva Y.A., Sebin A.S.

Model tests of icebreaking platform on air cushion in broken ice 52

Zyablov O.K., Kochnev Y.A., Kochneva I.B.

Automated generation of the ship fault detection report by using the graphical-mathematical model of the hull 62

Stepanova A.A., Mikheeva T.A.

The rationale of insulation-sewing materials selection with reference to the grade «r» floating restaurant spaces 70

Cheban Y.Y., Martemianova O.V., Gachev S.V., Mukhina A.A.

A study of the «RIB» boat's hull form effect on the hydrodynamic characteristics by numerical methods 79

Section III

Financial and accounting-analytical problems of the modern economy

Mosintsev A.V.

Tax payments optimization as a way of reducing company expenses 93

Section IV

Economics, logistics and transport management

Baigaliyeva A.N. Offers to expand the list of actions aimed to ease the trade procedures in the Republic of Kazakhstan in order to implement the chinese economic integration initiative «one belt one road»	101
Zhmachinsky V.I., Ilyushchenko I.G., Xiangyu W. Transport and logistics centers (TLC) network organizational and economic designing in the Russian Federation Arctic zone	109
Zaretskaya E.V., Zhavoronkov N.A., Isaeva A.A. Prospects for the development of underutilized transport and tourist potential of inland waterways due to new multimodal technological solutions	120
Mordovchenkov N.V., Poljakov V.M., Tikhomirov G.A. The services economic efficiency development and improvement on the insurance market: domestic and foreign experience	127
Tyulyubaeva D.M., Bakhareva A.D. Development of the routes for «Carpool» service users based on the population mobility in almaty	138

Section V

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

Antonova E.I., Vasilev I. A. Cargo shipping process modeling for cargo planning activities on container terminal	149
Vinogradov V.N., Ivanovsky N.V. Synthesis of the vessel control algorithm in the specified water area based on an integrated risk criterion	158
Osokin M.V. Risk assessment of loss of stability and parametric rolling on example of feeder container ship.....	166

Section VI

Operation of ship power equipment

Popov Sergey V., Malyshev Yuriy S. Realization of the test unit on the basis of the educational laboratory stand	179
Tsvetkov Y.N., Vlasov M.Y., Dekhtyr L.I. Evaluation of the molecular structure of lubricating oils by means of combined method of infra-red spectroscopy and viscosimetry	186

Раздел I

***Водные пути, порты
и гидротехнические сооружения***



Section I

***Waterways, ports and hydraulic
engineering constructions***



УДК 629.5.08

Яблоков Александр Сергеевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта ФГБОУ ВО ВГУВТ, e-mail: prptmvgavt@yandex.ru

Замятин Андрей Владимирович, магистр, ФГБОУ ВО ВГУВТ, e-mail: prptmvgavt@yandex.ru

Никитаев Игорь Владимирович, доцент, к.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта ФГБОУ ВО ВГУВТ, e-mail: inikitaev-nir@mail.ru

Хвостов Роман Сергеевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры судовождения ФГБОУ ВО ВГУВТ, e-mail: prptmvgavt@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО ВГУВТ)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЧАЛЬНОГО ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ, ОТРАБОТАВШЕГО НОРМАТИВНЫЙ СРОК, НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННОЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Ключевые слова: причальный перегружатель, деформация металлоконструкции, напряженно-деформированное состояние, концентрация напряжений, запас прочности, безопасная эксплуатация.

Аннотация. В настоящей статье обсуждается возможность эксплуатации причальных перегружателей КК-26,0-33-10,65-17,5-17,5, изготовленных фирмой «Kranbau Eberswalde GmbH», эксплуатируемых на лесной бирже предприятия АО «Волга». Основная проблема при эксплуатации данных перегружателей – трещины в диафрагмах металлоконструкции, переходящие в основной металл стоек опор. Данные трещины возникают по причине устройства металлоконструкции, а именно – шарнирного соединения опор с фронтальной и тыловой стороны. Используемая конструкция приводит к возникновению дополнительного изгибающего момента при знакопеременных нагрузках, вызванных пусковыми перегрузками при неустановившемся движении перегружателя. Указанные дефекты возможно определить при техническом диагностировании, входящим в состав полного и частичного технического освидетельствования подъемного сооружения, а также при проведении оценки состояния металлоконструкции методами неразрушающего контроля при проведении экспертизы промышленной безопасности опасного производственного объекта. В статье анализируются причины возникновения трещин и определяются пути предотвращения дальнейшего появления трещин, дефектов металлоконструкции причального перегружателя.

В настоящей статье обсуждается возможность эксплуатации причальных перегружателей КК-26,0-33-10,65-17,5-17,5, изготовленных германской фирмой «Kranbau Eberswalde GmbH» эксплуатируемых на лесной бирже бумажного комбината (см. рисунок 1).



Рис. 1. Вид крана

Основной проблемой при определении возможной эксплуатации данных перегружателей является то, что стали возникать трещины в диафрагмах металлоконструкции переходящих в тело опор, и они распространяются веерообразно. Возникает необходимость в определении причин возникновения трещин и определения путей предотвращения дальнейшего появления трещин [1].

Характеристики перегружателей:

– режим работы	A7
– механизма подъёма	M7
– передвижения крана	M6
– передвижения грузовой тележки	M6
– температурный режим работы	от +40 до – 30
– грузоподъёмность на крюке	26 т
– грузоподъёмность полезная грейферный режим	20 т
– высота подъёма максимальная крюковой режим	14,5 м
– высота подъёма максимальная грейферный режим	10 м
– глубина опускания максимальная крюковой режим	10,5 м
– глубина опускания максимальная грейферный режим	14,5 м
– пролет крана	33 м
– база	10 м

Масса, т

- крана с грейфером, используемым в эксплуатации 263;
- тележки 24.4.

Максимальные ускорения, g:

- крана 0,05;
- тележки 0,07.

Механические характеристики стали, из которой изготовлены элементы крана, принимались следующими:

- модуль упругости стали $E = 20000 \text{ кг/мм}^2$;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$;
- предел прочности стали St 37 $\sigma_B = 37 \text{ кг/мм}^2$;
- предел пропорциональности стали St 37 $\sigma_{02} = 23,5 \text{ кг/мм}^2$

Этот кран изначально проектировался как конструкция с повышенной податливостью и присущими такому решению недостатками.

При составлении расчетных схем крана использовалась чертежно-конструкторская документация фирмы «KranbauEberswaldeGmbH».

Далее приняты следующие соглашения:

- направление оси координат X – вдоль перемещения опор крана;

- направление оси координат Y – вдоль перемещения грузовой тележки;
- направление оси координат Z – вверх;
- для упрощения расчета конструкцию крана считаем симметричной;
- жесткость конструкции крана такова, что не приводит к возникновению деформаций от собственного веса;
- собственный вес конструкции крана не учитываем (учитываются только веса грузовой тележки, поворотной подвески, грейфера и груза)

В качестве данных в процессе расчета могут быть использованы параметры:

$L_{\text{тел}}$ – вылет тележки по отношению к опорам	17,5 м;
$P_{\text{тел}}$ – вес тележки	24400 кг;
$P_{\text{гр}}$ – вес груза (с поворотной подвеской и грейфером)	12000 кг;
A_y – ускорение (замедление) движения крана	0,5 м/с ² ;
A_x – ускорение (замедление) движения тележки относительно крана	0,7 м/с ² ;
V_z – скорость подъема/опускания груза;	0,67 м/с;
Δy – взаимное смещение опор крана относительно друг друга по оси Y (вдоль рельсов);	
Δx – взаимное смещение опор крана относительно друг друга по оси X (вдоль пролета).	

В качестве расчетной нагрузки, далее *Нагрузка*, принимаем сумму весов грузовой тележки (24400 кг) поворотной подвеской, грейфером и грузом (12000 кг), что составляет 36400 кг.

Для оценки деформации крана рассмотрим следующие случаи [2]:

1. *Нагрузка* находится на проектном вылете $L_{\text{тел}} = 17,5$ м со стороны шарнирной опоры крана.
2. *Нагрузка* находится над шарнирной опорой крана.
3. *Нагрузка* находится на середине пролета крана.
4. *Нагрузка* находится над жесткой опорой крана.
5. *Нагрузка* находится на проектном вылете $L_{\text{тел}} = 17,5$ м со стороны жесткой опоры крана.

На Рис. 2 представлена схема конструкции крана с расчетной нагрузкой. Для упрощения, разрезаем пространственный каркас плоскостью S , приводя ее к плоской схеме (Рис. 3).

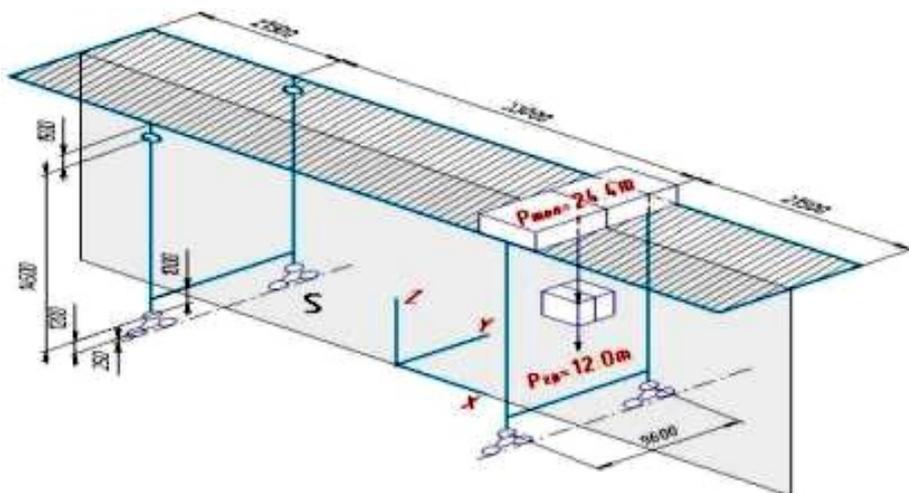


Рис. 2. Пространственная схема

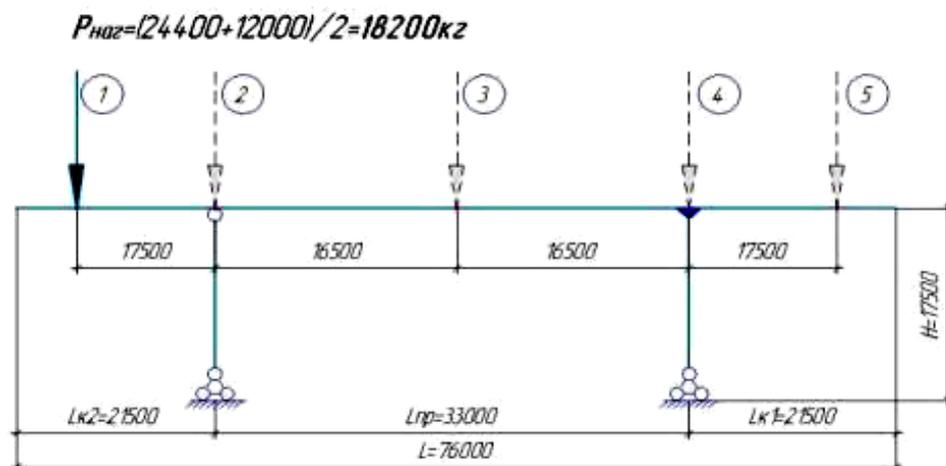


Рис. 3. Плоская схема

На рисунках 4–8 показаны варианты деформации металлоконструкции, при нагружении крана согласно схеме указанной на рисунке 3.



Рис. 4. Деформации крана (случай 1).

Рис. 5. Деформации крана (случай 2).

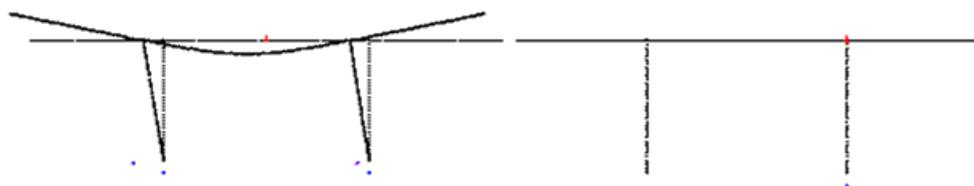


Рис. 6. Деформации крана (случай 3).

Рис. 7. Деформации крана (случай 4).

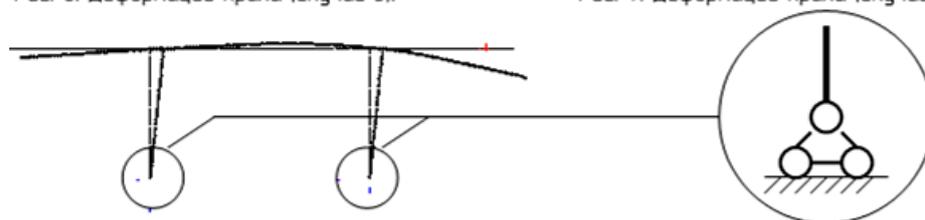


Рис. 8. Деформации крана (случай 5)

Все нижние точки опор крана на схемах (Рис. 4–8) представляют собой неподвижные шарниры (Рис. 8) [3].

Как видно из результатов, на опоры крана (в случаях 2 и 4) действуют только вертикальные силы (нагрузка и опорная реакция). Изгибающие моменты в опорах отсут-

ствуют, следовательно, нет предпосылок для возникновения областей концентрации напряжений в опорах.

Заметим, что изгибающие моменты в опорах крана отсутствуют во всех рассмотренных случаях. Деформации, возникающие от нагрузки, воспринимают верхние пролетные балки, а опоры не изгибаются, а поворачиваются в плоскости осей XZ на шарнирах. Шарнирами здесь являются шарнир опоры и места контакта колесо – рельс.

Все это справедливо, когда кран находится в неподвижном состоянии, но при работе, вследствие неравномерного хода крана, возникает опережение одной опоры относительно другой. Появляется перекося опор с предполагаемой величиной $\Delta y = 400$ мм. Следствием этого перекося является разворот конструкции крана, но только в плоскости верхних балок, а развороту нижних точек опор препятствуют реборды колес (опоры как бы защемляются). В верхнем поясе балок возникает крутящий момент, вызванный парой сил F-Fc плечом $9600 \text{ мм} / 2 = 4800 \text{ мм}$ [4].

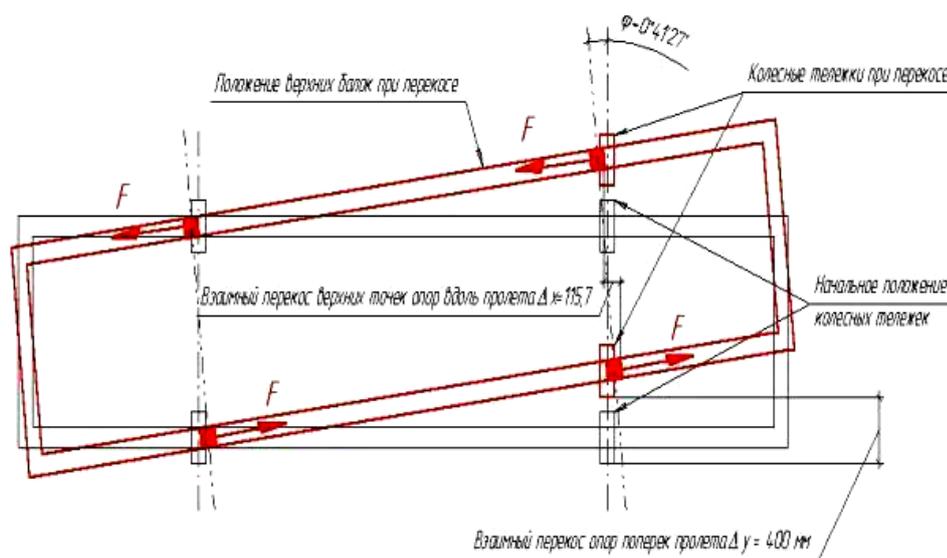


Рис. 9. Деформации крана при перекося опор

Используем формулу [5]

$$\varphi = (M_k \cdot l) / (\beta \cdot b \cdot c \cdot G);$$

где φ – угол закручивания, рад;

M_k – момент кручения, кг · см;

l – длина стержня, см;

β – коэффициент, $\beta=0,25$;

b, c – габариты сечения, $b=135,3$ см, $c=59$ см;

G – модуль упругости, принимается $G = 8 \cdot 10^5$ кг/см²

Из этой формулы находим момент M_k :

$$M_k = \frac{\varphi \cdot \beta \cdot b \cdot c^3 \cdot G}{l} = \frac{0.012057 \cdot 0.25 \cdot 135.3 \cdot 59^3 \cdot 8 \cdot 10^5}{1750} \approx 383000 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

а зная плечо (4800 мм) – находим силу F.

$$F = \frac{38300000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{480 \text{ см}} = 79800 \text{ кг}.$$

Таким образом, на конструкцию крана при перекосе опор действует горизонтальная сила вдоль пролета, вызывающая деформации скручивания и изгиба опор.

Для оценки напряжений, возникающих в опоре крана, строим эпюру моментов для случая 5 (нагрузка находится на проектном вылете 17,5 м со стороны жесткой опоры крана), учитывая действие силы F.

Находим величину напряжения:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{63840000 \text{ кг} \cdot \text{см}}{13905 \text{ см}^3} = 4590 \text{ кг} / \text{см}^2$$

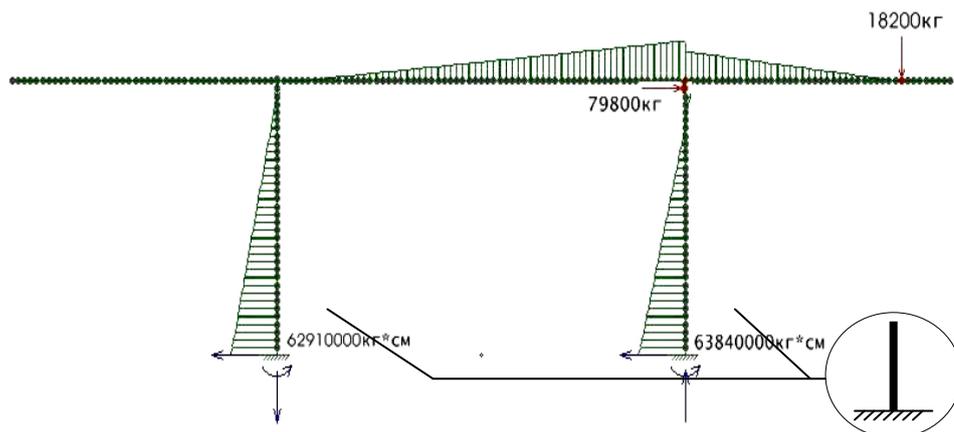


Рис. 10. Эпюра моментов

Найденная величина существенно превосходит предел прочности стали St 37, равный 3700 кг/см², что и вызывает появление трещин в элементах конструкции [6].

Основной причиной появления трещин в металлоконструкции является недоработка при конструировании перегружателей, при этом для выявления возможности их дальнейшей эксплуатации необходимо проанализировать места появления трещин, и определить, при каких условиях их можно избежать [7].

Наибольшие проблемы проявились в узле сопряжения стойки жесткой опоры со стяжкой (см. Рис. 11). Конструкция жесткой опоры выполнена из трех сварных коробчатых частей, соединенных чистыми болтами.



Рис. 11. Место образования трещин в жесткой опоре

На третьем году эксплуатации трещины, образовавшиеся на диафрагмах (см. рис. 12), вышли на стенки стойки и разошлись на них веерообразно [8]. Основная причина образования трещин – высокий уровень концентрации напряжений в ослабленных зонах диафрагмы [13]. Неудовлетворительное качество материала стенок в этом месте дополнительно способствовало развитию усталостных трещин.

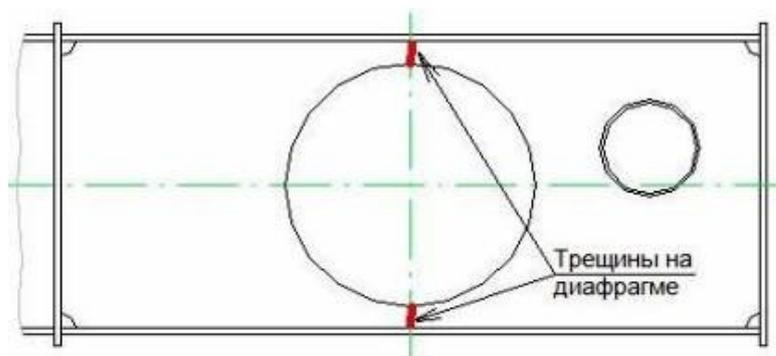


Рис. 12. Места образования трещин в диафрагмах

Исходя из этого, было принято решение выявить общий уровень напряжений в опоре и места концентрации напряжений [9], что показано на рисунке 13.

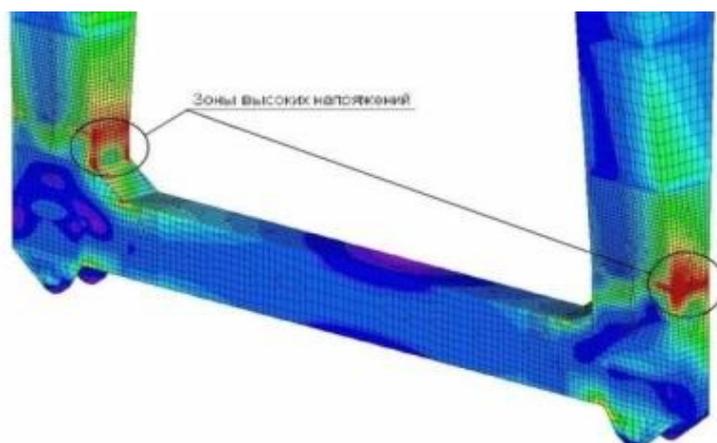


Рис. 13. Места концентрации напряжений

Для снижения напряжения в месте радиусного сопряжения поясов установили накладки. Желая существенно снизить напряжения в проблемных местах, установили усиливающие элементы. В результате этого участок высокой концентрации напряжений сместился на концы ребер элемента усиления и стал в скором времени источником новых трещин [10].

Согласно эскизу, представленному на рис. 14, проведено конечно-элементное моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния крана в том состоянии, в котором он находится в данный момент [11]. Т.е. к неподвижной опоре с обеих сторон приварены стальные косынки, скрепленные между собой пластиной, с тыльных сторон неподвижной опоры приварены стальные Т-образные ребра жесткости.

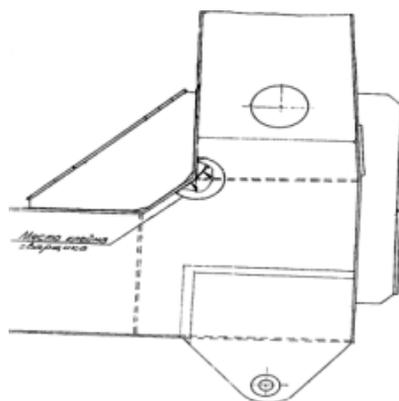


Рис. 14. Эскиз углового усиления крана с дополнительной пластиной

На рисунках 15 и 16 представлена объемная и КЭ модели углового усиления.

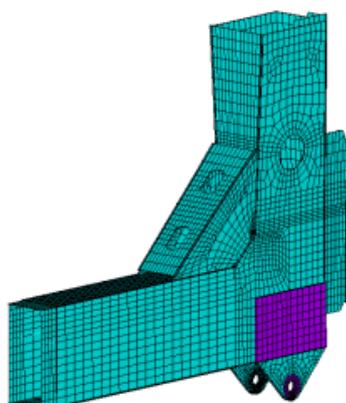


Рис. 15

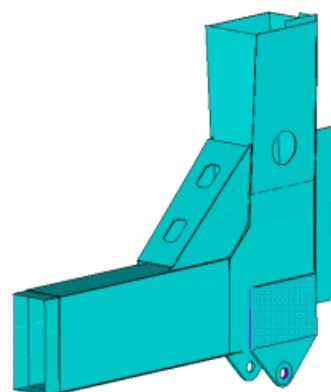


Рис. 16

В результате расчетов при действии нагрузок, получены поля НДС и перемещений крана [12].

На рисунке 17 представлено распределение суммарных перемещений при действии рабочей нагрузки. На рисунках 18, 19 показаны поля интенсивности напряжений при действии рабочих нагрузок.

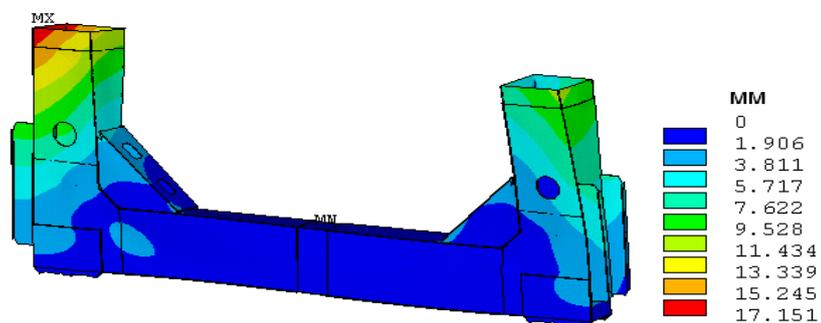


Рис. 17. Поля суммарных перемещений при действии эксплуатационной нагрузки

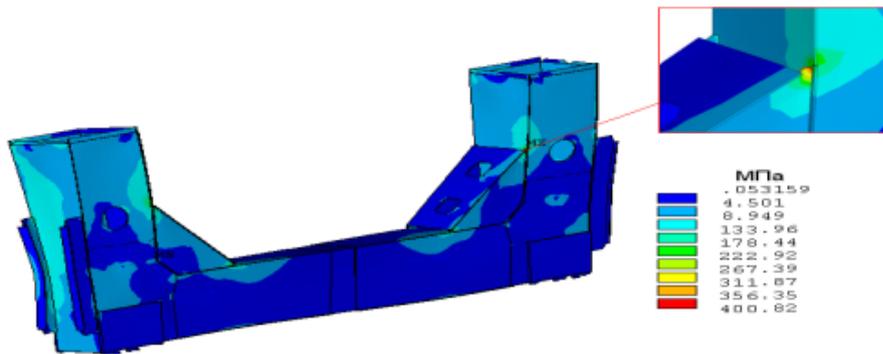


Рис. 18. Интенсивность напряжений в косынке при действии нагрузки

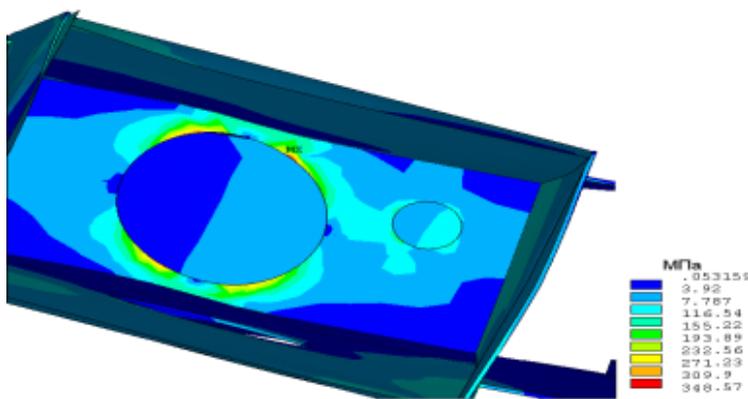


Рис. 19. Интенсивность напряжений в диафрагме при действии нагрузки

Полученные коэффициенты запаса прочности [15] позволяют сделать вывод, что при действии на опоры крана переменных циклических нагрузок, к которым можно отнести эксплуатационные нагрузки, введение пластины, соединяющей косынки неподвижных опор, приводит к ухудшению вибропрочности конструкции.

Для того, чтобы обеспечить работу опор крана без возникновения трещин, необходимо провести мероприятия по модернизации углового усиления опор, приводящие к тому, чтобы напряжения в деталях были ниже, чем предел усталости материалов деталей опор [14].

Еще одним проблемным местом при эксплуатации перегружателей стало место крепления балансирных тележек к жесткой опоре. На рисунке 20 показаны области концентрации напряжения в местах крепления балансирной тележки при передвижении перегружателя перемещением груза.

Выявленные проблемы в металлоконструкции перегружателя заставляют задуматься о целесообразности дальнейшего использования этих перегружателей, так как существующая конструкция жестких опор и возможные варианты их усиления не обеспечивают безопасную эксплуатацию [16]. Владельцами перегружателей было принято решение о дальнейшей эксплуатации причальных перегружателей. Единственным возможным вариантом дальнейшей эксплуатации перегружателей является проектирование и изготовление новой жесткой опоры. Существенной проблемой данного варианта решения проблем являлось согласование в изменении в конструкцию с заводом-изготовителем.

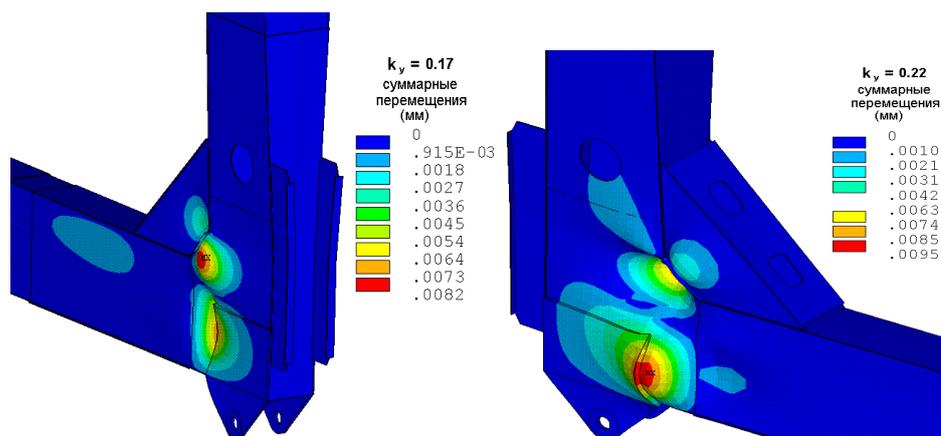


Рис. 20. Места концентрации напряжения

Места концентрации напряжения, выявленные при расчетах и подтвержденные результатами эксплуатации, были усилены, а концентрация напряжений снижена. Это выразилось в увеличении толщины стенок и поясов на 2 мм. Вместо перехода от горизонтального участка пояса к вертикальному с изломом и двумя участками радиусом 25 мм сделали одно радиусное сопряжение радиусом 1380 мм. Толщина пояса на этом участке была увеличена с 12 мм до 20 мм.

Для обеспечения провозного габарита и технологичности конструкции стыки были перенесены на горизонтальный участок и выполнены на высокопрочных болтах (Рис. 21).



Рис. 21. Вид новых опор

Для повышения технологичности при изготовлении и монтаже шарниры соединения опоры с балансирами изменены. Вместо прежней конструкции шарнира (см. Рис. 22) применена принципиально иная, указанная на Рис. 23.



Рис. 22. Соединение опоры с балансиrom



Рис. 23. Соединение опоры с балансиrom

Таким образом, обеспечить дальнейшую безопасную эксплуатацию причальных перегружателей возможно в случае изготовления и замены крупногабаритных узлов с помощью внесения конструктивных изменений в оригинальные конструкции

Список литературы:

- [1] Александров М.П. Подъемно-транспортные машины/М.П. Александров. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
- [2] Гохберг М.М. Справочник по кранам/М.М. Гохберг.- Д.: Машиностроение, 1988.-Т.1-336 с., Т.2-559 с.
- [3] Кузьмин А. В., Марон Ф. Л. Справочник по расчётам механизмов подъемно-транспортных машин/А.В. Кузьмин. -М.:Высш. шк., 1983. – 350 с.
- [4] Дукельский А.И. Портовые грузоподъемные машины/А.И. Дукельский- М.: Транспорт, 1970. – 438 с.
- [5] Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя/ И.Н. Жесткова – М.: 2006, – 928 с.
- [6] Соколов С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин/ С.А. Соколов - Л.: 2005.- 423 с.
- [7] Оценка напряженно-деформированного состояния и усталостной долговечности металлоконструкции плавучего крана КПЛ 16-30 по его фактической эксплуатационной нагруженности Яблоков А.С., Волков А.И., Шишулин Д.Н. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2017. №52. С. 56–70.
- [8] Оценка ресурса плавучего крана КПЛ-16-30 на основе анализа повреждений его металлоконструкций Яблоков А.С. Речной транспорт (XXI век) <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34840217>. 2018. №1 (85). С. 50–54.
- [9] Chaboche, J.L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation / J.L. Chaboche // Journal Engineering Design. – 1981. – vol. 64. – P. 233–247.

- [10] Chaboche J. L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation // Engineering Design. 1981. vol. 64. p. 233-247.
- [11] Yablokov A.S. The method of reconstruction of the drive mechanism for lifting floating crane bucket based on an assessment of durability metal floating crane // News of science and Education. – 2014. – №21. – p. 70-75.
- [12] Yablokov A.S. The method of reconstruction of the drive mechanism for lifting floating crane // Perspektywiczne opracowania sa nauka I technikami, Techniczne nauki. – 2014. – №19. – p. 42-47.
- [13] Modeling Dynamic Deformation And Failure Of Thin-Walled Structures Under Explosive Loading Volkov I., Igumnov L., Litvinchuk S., Vorobtsov I. // EPJ Web of Conferences 12. Сер. «DYMAT 2018 – 12th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading» 2018. C. 03–16.
- [14] On The Issue Of Determining Parameters In Models And Criteria Of Dynamic Spallation Fracture Volkov I.A., Igumnov L.A., Ipatov A.A., Vorobtsov I.V. В сборнике: Procedia Engineering 23rd. 2017. C. 244–251.
- [15] A Damaged Medium Model For Describing Dynamic Spallation Fracture Volkov I.A., Vorobtsov I.V., Igumnov L.A., Markov I.P., Litvinchuk S.Y.: Procedia Engineering 23rd. 2017. C. 252–259.
- [16] Model Of The Damaged Medium For The Assessment Of Resource Characteristics Of Structural Alloys For Degradation Mechanisms That Combine Fatigue And Creep Of Material Volkov I., Vorobtsov I., Igumnov L., Ipatov A. Solid State Phenomena. 2017. T. 258 SSP. C. 194–197.

THE STRESSED-DEFORMED STATE ASSESSMENT OF THE MOORING LOADING CRANE TO DETERMINE THE POSSIBILITY OF THE LIFTING FACILITY, THAT HAS WORKED OUT THE NORMATIVE TIME, ON THE BASIS OF THE DAMAGED METAL CONSTRUCTION STATE ASSESEMENT

Yablokov Alexander S., Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Hoisting-and-Conveyor Machines and Mechanical Repair, Volga State University of Water Transport,

e-mail: pmptmvgavt@yandex.ru

Zamyatin Andrei V., Master, Volga State University of Water Transport

Nikitaev Igor V., Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Hoisting-and-Transport Machines and Mechanical Repair, Volga State University of Water Transport

Khvostov Roman S., Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Navigation,

Volga State University of Water Transport,

e-mail: pmptmvgavt@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Volga State University of Water Transport»

5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951

Keywords: mooring loading crane, deformation of a metal construction, stress-deformed state, stress concentration, safety factor, safe operation.

Annotation. This article discusses the possibility of operating the mooring loaders KK-26.0-33-10.65-17.5-17.5, manufactured by Kranbau Eberswalde GmbH, operated on the Joint-stock company «Volga» forest exchange. The main problem in the operation of these cranes is the cracks in the diaphragms of the metalwork turning into the base metal of the supports uprights. These cracks occur due to the structure of the metalwork, namely the hinged joint of the supports on the front and rear sides. The used construction leads to the occurrence of an additional bending moment with alternating loads caused by starting overloads with an unsteady motion of the material handler. These defects can be determined by technical diagnostics, which is part of a full and partial technical examination of the lifting structure, as

well as by assessing the state of metal structures by non-destructive testing methods when performing industrial safety expertise of a hazardous production facility. The article analyzes the causes of the cracks and defects in the metalwork of the mooring loading crane occurrence and determines the ways of their further occurrence.

References:

- [1] Alexandrov M.P. Pod'emno-transportnyye mashiny / M. P. Alexandrov.- M.: Vysh. shk., 1985.- 520 c.
- [2] Gohberg M.M. Spravochnik po kranam/M.M. Gohberg.- D.: Mashinostroenie, 1988.-T.1-336 c., T.2-559 c.
- [3] Kusi'min A. V., Maron F. L. Spravochnik po raschetam mekhanizmov pod'emno-transportnykh mashin/A.V. Kusi'min.- M.: Vysh. shk., 1983. – 350 c.
- [4] Dukel'skij A.I. Portovye grusopodemnye mashiny /A. I. Dukel'skij – M.: Transport, 1970. – 438 c.
- [5] Anurjev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelja / I.N. Zhestkova- M.: 2006, – 928 c.
- [6] Sokolov S.A. Metallicheskie konstrukzii pod'emno-transportnykh mashin/ S.A. Sokolov -L.: 2005.- 423 c.
- [7] Otsenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya i ustalostnoy dolgovechnosti metallo-konstruktsii plavuchego krana KPL 16-30 po ego fakticheskoy ekspluatatsionnoy nagruzhenosti Yablokov A.S., Volkov A.I., Shishulin D.N. Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. 2017. № 52. С. 56–70.
- [8] Otsenka resursa plavuchego krana KPL-16-30 na osnove analiza povrezhdeniy ego metallokonstruktsiy Yablokov A.S. Rechnoy transport (XXI vek). 2018. № 1 (85). С. 50–54.
- [9] Chaboche J.L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation / J.L. Chaboche // Journal Engineering Design. – 1981. – vol. 64. – P. 233–247.
- [10] Chaboche J.L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation // Engineering Design. 1981. vol. 64. p. 233–247.
- [11] Yablokov A.S. The method of reconstruction of the drive mechanism for lifting floating crane bucket based on an assessment of durability metal floating crane // News of science and Education. – 2014. – №21. – p. 70–75.
- [12] Yablokov A.S. The method of reconstruction of the drive mechanism for lifting floating crane // Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami, Techniczne nauki. – 2014. – №19. – p. 42–47.
- [13] Modeling Dynamic Deformation And Failure Of Thin-Walled Structures Under Explosive Loading Volkov I., Igumnov L., Litvinchuk S., Vorobtsov I. // EPJ Web of Conferences 12. Ser. «DYMAT 2018 – 12th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading» 2018. С. 03-16.
- [14] On The Issue Of Determining Parameters In Models And Criteria Of Dynamic Spallation Fracture Volkov I.A., Igumnov L.A., Ipatov A.A., Vorobtsov I.V. В сборнике: Procedia Engineering 23rd. 2017. С. 244–251.
- [15] A Damaged Medium Model For Describing Dynamic Spallation Fracture Volkov I.A., Vorobtsov I.V., Igumnov L.A., Markov I.P., Litvinchuk S.Y.: Procedia Engineering 23rd. 2017. С. 252–259.
- [16] Model Of The Damaged Medium For The Assessment Of Resource Characteristics Of Structural Alloys For Degradation Mechanisms That Combine Fatigue And Creep Of Material Volkov I., Vorobtsov I., Igumnov L., Ipatov A. Solid State Phenomena. 2017. T. 258 SSP. С. 194–197.

Статья поступила в редакцию 15.04.2019 г.

Яблоков А.С., Замятин А.В., Никитаев И.В., Хвостов Р.С.

Оценка напряженно-деформированного состояния причального перегружателя для ...

Раздел II

**Судостроение, судоремонт
и экологическая безопасность судна**



Section II

***Shipbuilding, ship repair,
and ecological safety of the ship***



УДК: 629.5.081.326.012/ .015.4

Борисов Александр Михайлович, к.т.н., доцент кафедры теории конструирования инженерных сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: smk@vgavt-nn.ru

Гирин Станислав Николаевич, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой теории конструирования инженерных сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: smk@vgavt-nn.ru

Пряничников Константин Николаевич, к.т.н., доцент кафедры теории конструирования инженерных сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: smk@vgavt-nn.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА И ПРАВИЛ РОССИЙСКОГО РЕЧНОГО РЕГИСТРА К КОНСТРУКЦИИ И ПРОЧНОСТИ СУДОВ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ КЛАССОВ «R3-RSN» И «М-СП 3,5»

Ключевые слова: сухогрузный теплоход, нефтеналивной танкер, Правила Российского морского регистра судоходства, Правила Российского Речного Регистра, компоновка корпуса, конструкция отсека корпуса, общая прочность, местная прочность, изгибающий момент, напряжения, металлоемкость отсека.

Аннотация. Приводятся результаты сравнительного анализа требований Правил Российского морского регистра судоходства (ПМРС) и Правил Российского Речного Регистра (ПРРР) к конструкции и прочности корпусов, близких по основным характеристикам и условиям эксплуатации судов-представителей смешанного река-море плавания классов «R3-RSN» и «М-СП 3,5» на примере проектирования конструкции отсека средней части корпуса сухогрузного теплохода и танкера. Показано, что в соответствии с ПРРР нормативные значения волновых изгибающих моментов получаются существенно больше (для сухогрузных судов – в 1,8 раза) по сравнению с ПМРС. В Правилах имеются существенные отличия в определении напряжений общего изгиба, но коэффициенты запаса по допускаемым напряжениям сухогрузных судов оказались примерно одинаковыми. Отмечено, что ПРМС более жестко подходят к назначению минимальных толщин и размеров связей корпуса, поэтому масса отсека сухогрузного судна, спроектированного по ПРМС, оказалась больше на 17,8% по сравнению с ПРРР, для танкера – на 5,8%.

Введение

Судам смешанного (река-море) плавания принадлежит весьма значимая роль в обеспечении транспортных перевозок судоходных компаний Российской Федерации. Такие суда проектируются и состоят на учете двух классификационных обществ нашей страны: Российского морского регистра судоходства и Российского Речного Регистра. Роль государства в управлении этими организациями постоянно сокращается, поэтому нормативные документы этих классификационных организаций развиваются в определенной мере независимо друг от друга, и в настоящее время существенно отличаются. В связи с этим сравнение требований Правил этих организаций [1, 2] в части конструкции и прочности корпусов судов с целью выявления особенностей подходов при проектировании корпусов морских и речных судов смешанного плава-

ния и выработке предложений для возможной корректировки существующих Правил Регистра представляет значительный интерес.

Следует отметить, что сравнение требований Правил Речного Регистра, Регистра судоходства, Германского и Английского Ллойдс к корпусам судов смешанного и внутреннего плавания выполнялось и ранее [3, 4]. Большое число работ, выполненных различными авторами [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12], посвящено конструкции и прочности корпусов судов смешанного река-море плавания и в них в той или иной степени затрагиваются требования указанных Правил. Однако за последнее время Правила морского и речного регистров претерпели существенные изменения, и поэтому проведение сравнительного анализа подходов к проектированию указанных корпусов судов в настоящее время представляется актуальным.

В статье приводятся результаты сравнительного анализа требований Правил Российского Речного Регистра (ПРРР) [1] и Правил Российского морского регистра судоходства (ПМРС) [2] к конструкции и прочности корпусов, близких по основным характеристикам и условиям эксплуатации, судов-представителей смешанного река-море плавания классов «М-СП 3,5» и «R3-RSN» и их металлоемкости на примере проектирования конструкции отсека средней части корпуса сухогрузного теплохода и нефтеналивного танкера.

1. Сухогрузные суда

В качестве судна-представителя принят сухогрузный теплоход типа «Волга» (пр. 19610, рис. 1) смешанного «река-море» плавания с двойным дном (ДД) и двойными бортами (ДБ) в районе грузовых трюмов, имеющий четыре грузовых трюма с люковыми закрытиями. Главные размерения: $L \times B \times H \times T = 134,0 \times 16,4 \times 6,7 \times 4,5$ м, грузоподъемность 5500 т. Судно по проекту имеет класс «КМ  ЛЗП-СПА2» по ПМРС и предназначено для перевозки генеральных, навалочных, тарно-штучных грузов, контейнеров, пиломатериалов и леса. Район плавания: внутренние водные пути РФ и Западной Европы с проходом через системы Волго-Донского, Волго-Балтийского, Беломоро-Балтийского каналов и выходом в акватории Северного, Балтийского, Азовского, Черного и Средиземного морей.



Рис. 1. Общий вид сухогрузного теплохода типа «Волга» проекта 19610

При сравнительном анализе судно по ПРРР спроектировано на класс « М-СП 3,5 (лед 40) А» [1, 13, 14]. Выполнена компоновка корпуса. Рассматривается отсек грузового трюма длиной $l_{тр} = 42 \times 550 = 23100$ мм, с чередованием набора РХХР (рамные шпангоуты установлены на расстоянии 1,65 м), поперечной шпацией $a = 550$ мм, с продольной системой набора за исключением наружного борта, где принята поперечная система набора от днища до платформы ДБ. Конструктивная схема мидель-шпангоута представлена на рис. 2.

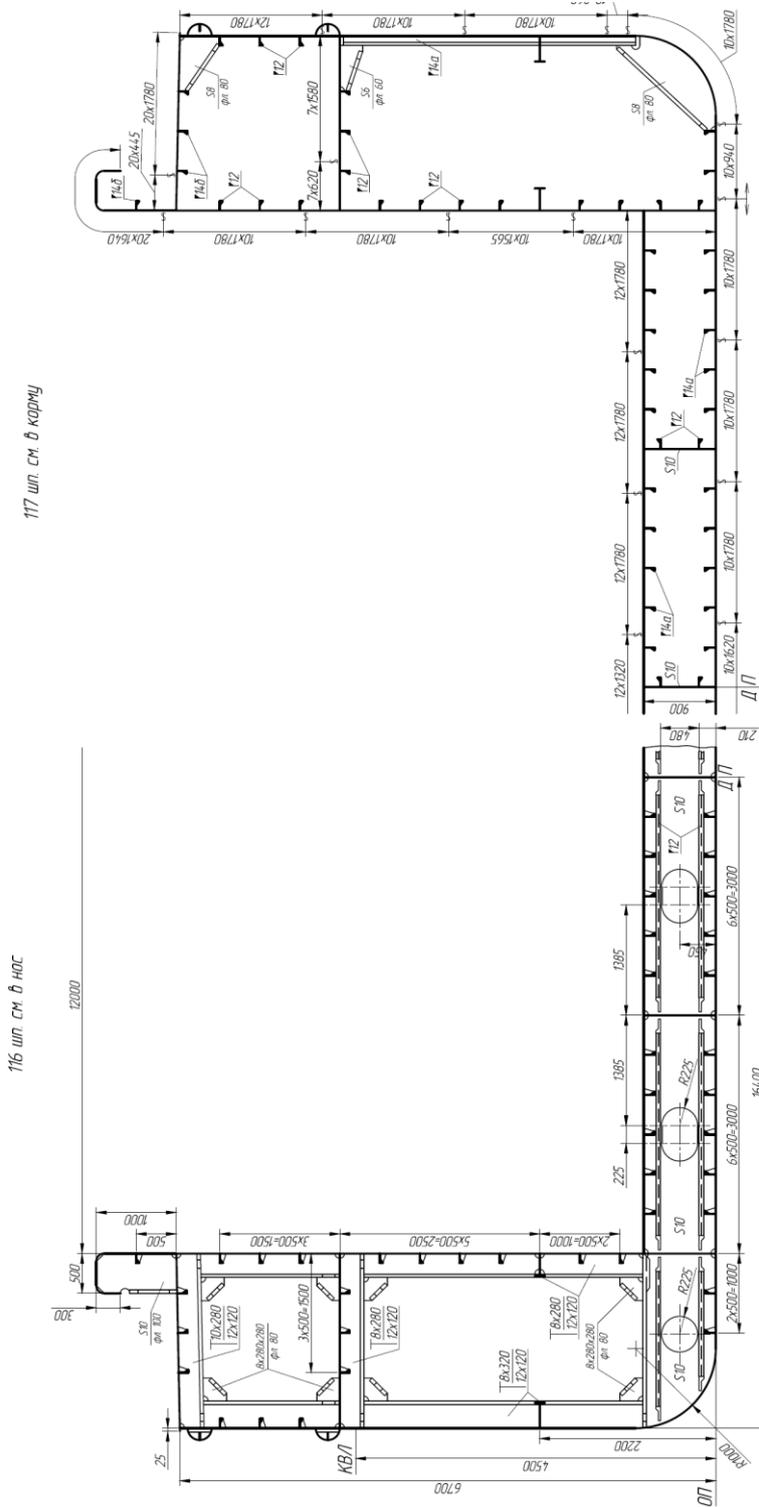


Рис. 2. Конструктивный мидель-шпангоут сухогрузного теплохода по ПРР

В качестве материала корпуса принята малоуглеродистая сталь нормальной прочности марки (категории) *D* по ГОСТ Р 52927-2015 с пределом текучести $R_{eH} = 235$ МПа, за исключением комингса, который по результатам расчетов общей прочности выполнен из стали повышенной прочности марки (категории) *D40* с пределом текучести $R_{eH} = 390$ МПа.

Расчет общей прочности выполнен при расчетной высоте волны 3,5 м для двух вариантов загрузки [1, 14]: а) судно порожнем в балласте испытывает перегиб при расчетном изгибающем моменте $M_{пер} = 266,1$ МН·м; б) судно в грузу испытывает прогиб под действием расчетного изгибающего момента $M_{прог} = -304,4$ МН·м. Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям приведены в табл. 1, по предельным моментам – в табл. 2.

Таблица 1

Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям сухогрузного судна по ПРРР

Нормальные напряжения σ , МПа	Комингс трюма	Палуба	Днище
при прогибе			
расчетные	-201,9	-159,0	130,1
допускаемые	241,0	165,0	141,0
при перегибе			
расчетные	176,0	138,4	-114,8
допускаемые	241,0	165,0	141,0

Таблица 2

Результаты расчета общей прочности по предельным моментам сухогрузного судна по ПРРР

Вид деформации	Момент изгибающий, кН·м		Коэффициент $k = M_{пр}/ M_p $
	расчетный, M_p	предельный, $M_{пр}$	
прогиб	-304,4	449,6	1,48
перегиб	266,1	451,9	1,70

Результаты расчета местной прочности для некоторых связей корпуса приведены в табл. 3.

По ПМРС [2, 15, 16] судно спроектировано на класс «КМ  Ice1 R3-RSN AUT1». Корпуса судов для сопоставимости выполнены с одинаковыми главными размерениями, грузоподъемностью и близкими характеристиками по категории ледового усиления: «(лед 40)» по ПРРР [1] и «Ice1» по ПМРС [2], позволяющими продлить навигационный период эксплуатации рассматриваемых судов.

Рассматривается отсек грузового трюма длиной $l_{тр} = 38 \times 600 = 22800$ мм, чередование шпангоутов принято с учетом перевозки навалочных грузов РХФХР (рамные шпангоуты установлены на расстоянии 2,4 м, флоры установлены через 1,2 м), поперечная шпация принята $a = 600$ мм, отсек выполнен с продольной системой набора за исключением наружного борта, где принята поперечная система набора от днища до платформы ДБ. Конструктивная схема мидель-шпангоута представлена на рис. 3.

Таблица 3

Результаты расчета местной прочности и устойчивости связей корпуса сухогрузного судна по ПРРР

Связи корпуса судна	Нормальные напряжения, МПа						Касательные напряжения, МПа	
	изгиб (опора)		изгиб (пролет)		устойчивость		изгиб (опора)	
	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые
флор	100	199	77,3	176	–	–	84,2	136
ребро днища	155,5	223	166,7	199	114,8	235	–	–
ребро второго дна	125,2	223	136,7	199	–	–	–	–
холостой шпангоут борта	147	223	103	199	–	–	–	–
пластина днища	76,6	223	38,3	188	–	–	–	–
пластина второго дна	67,0	223	33,5	188	–	–	–	–

Расчет общей прочности выполнен при расчетной высоте волны 3,5 м с учетом гидростатического и гидродинамического давления воды на волнении и с определением дополнительного волнового момента [2]. Расчет эквивалентного бруса выполнен для двух вариантов загрузки: а) судно порожнем испытывает перегиб при действии расчетного изгибающего момента $M_{пер} = 178,3 \text{ МН}\cdot\text{м}$; б) судно в грузу испытывает прогиб под действием расчетного изгибающего момента $M_{прог} = -262,0 \text{ МН}\cdot\text{м}$. Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям сухогрузного судна по ПМРС

Наименование	Момент инерции $I \times 10^{-6}, \text{ см}^4$	Момент сопротивления $W \times 10^{-3}, \text{ см}^3$		Нормальные напряжения при общем изгибе $\sigma, \text{ МПа}$		
		комингс	днище	комингс	палуба	днище
при прогибе						
расчетные значения	662	1323	2428	-215,3	-172,3	117,4
допускаемые	308	1108	1628	-257	-175	175
при перегибе						
расчетные значения	662	1326	2406	176,3	141,0	-97,1
допускаемые	308	1108	1628	257	175	-175

Результаты расчета местной прочности для некоторых связей корпуса приведены в табл.5.

Таблица 5

Результаты расчета местной прочности и устойчивости связей корпуса сухогрузного судна по ПМРС

Связи корпуса судна	Нормальные напряжения, МПа						Касательные напряжения, МПа	
	изгиб (опора)		изгиб (пролет)		устойчивость		изгиб (опора)	
	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые
флор	52,6	141	52,6	141	-	-	77,0	80,3
Ребро днища	62,2	153	31,1	153	97,1	229	-	-
холостой шпангоут борта	155,7*	153	141,4	153	-	-	-	-
пластина днища	38,8	141	-	-	97,1	166	-	-

Примечание. * – Фактическое напряжение на 1,8% превышают допускаемые значения, чем можно пренебречь.

По результатам выполненных расчетов общая и местная прочность корпуса сухогрузного судна, спроектированного по ПРРР [1] и по ПМРС [2] обеспечена.

2. Нефтеналивные суда

В качестве судна-представителя принят нефтеналивной танкер типа «Волго-нефть» (пр. 1577, рис.4) смешанного «река-море» плавания с двойным дном (ДД) и двойными бортами (ДБ). Проектируемый танкер имеет пять грузовых танков по длине судна, разделенных продольной переборкой в ДП. Главные размерения: $L \times B \times H \times T = 128,6 \times 16,5 \times 5,5 \times 3,58$ м, грузоподъемность 5000 т. Судно предназначено для перевозки нефтепродуктов I и II классов, а также III и IV классов, требующих подогрева. Танкеры проекта 1577/550А, строившиеся с классом «М» по ПРРР, к настоящему времени практически все имеют более высокие классы: «М-СП» по ПРРР (31 единица) и «R2-RSN» (10 единиц) и «R3-RSN» (5 единиц) по ПМРС.



Рис. 4. Общий вид нефтеналивного танкера проекта 1577

При сравнительном анализе нефтеналивной танкер спроектирован по ПРРР с ледовым усилением корпуса на класс « Ψ М-СП 3,5 (лед 40)А» [1, 13, 14]. Выполнена

компоновка корпуса. Рассматривается отсек грузового танка длиной $l_{тр} = 34 \times 550 = 18700$ мм, с чередованием шпангоутов РХХХР (рамные шпангоуты установлены на расстоянии 2,20 м) и поперечной шпацией $a = 550$ мм. Корпус выполнен с продольной системой набора за исключением наружного борта, где принята поперечная система набора. Продольная шпация по днищу, палубе и внутренним бортам принята $a_1 = 500$ мм. Набор палубы в грузовых танках расположен с наружной стороны для уменьшения коррозионного износа в зоне «газового пояса». Продольная переборка в ДП выполнена гофрированной для облегчения зачистки танков. Конструктивная схема мидель-шпангоута представлена на рис. 5.

Расчет общей прочности выполнен при расчетной высоте волны 3,5 м для двух вариантов загрузки [1, 14]: а) судно порожнем в балласте испытывает перегиб при расчетном изгибающем моменте $M_{пер} = 250,2$ МН·м; б) судно в грузу испытывает прогиб при расчетном изгибающем моменте $M_{прог} = -203,8$ МН·м. Результаты расчета общей прочности корпуса по допускаемым напряжениям приведены в табл. 6, при этом толщина палубы для обеспечения прочности принята 18 мм и палубного стрингера 20 мм.

В сопоставительном расчете корпус танкера выполнен из стали нормальной прочности марки (категории) *D* с пределом текучести $R_{eH} = 235$ МПа, хотя корпус танкера пр.1577 (типа «Волгонефть») был выполнен из стали повышенной прочности марки 09Г2С с пределом текучести $R_{eH} = 315$ МПа.

Таблица 6

Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям танкера по ПРРР

Нормальные напряжения σ , МПа	Карлингс	Палуба	Днище
при прогибе			
расчетные	-118,9	-104,9	110,2
допускаемые	141	141	141,0
при перегибе			
расчетные	143,5*	126,4	-137,3
допускаемые	141	141	141,0
<i>Примечание.</i> * – превышение расчетных напряжений составляет 1,7%, что вполне допустимо			

Результаты расчета общей прочности корпуса танкера по предельным моментам приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты расчета прочности по предельным моментам танкера по ПРРР

Наименование	Момент изгибающий, кН·м		Коэффициент $k = M_{пр} / M_p $
	расчетный, M_p	предельный, $M_{пр}$	
при прогибе	-203,8	391,1	1,92
при перегибе	250,2	378,8	1,51

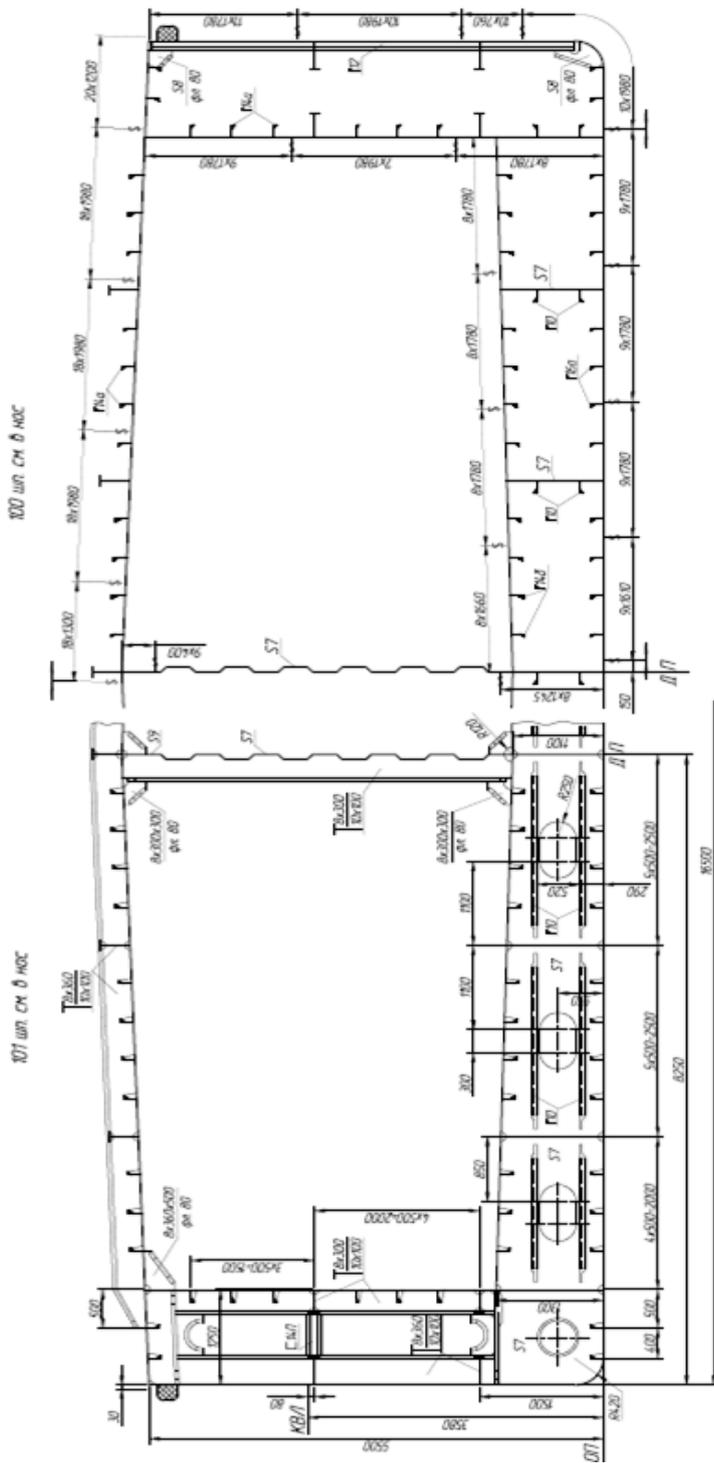


Рис. 5. Конструктивный мидель-шпангоут нефтеналивного танкера по ПРРР

Результаты расчета местной прочности для некоторых связей корпуса приведены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты расчета местной прочности и устойчивости связей корпуса нефтеналивного танкера по ПРРР

Связи корпуса судна	Нормальные напряжения, МПа					
	изгиб (опора)		изгиб (пролет)		устойчивость	
	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые
ребро днища	145,6	223	151,2	199	137,3	235
ребро второго дна	127,0	223	136,0	199	-	-
холостой шпангоут борта	110,3	223	57,2	199	-	-
пластина днища	81,5	223	57,2	188	-	-
пластина второго дна	83,6	223	41,9	188	-	-

По ПМРС нефтеналивной танкер спроектирован на класс «КМ  Ice1 R3-RSN Oil tanker (>60°C) AUT1» с ледовым усилением корпуса [2, 15, 16]. Танкер также имеет пять грузовых трюмов по длине судна, разделенных гофрированной продольной переборкой в ДП.

Рассматривается отсек грузового трюма длиной $l_{тр} = 30 \times 600 = 18000$ мм, чередование шпангоутов принято РХХХР (рамные шпангоуты установлены на расстоянии 2,4 м), поперечная шпация принята $a = 600$ мм, корпус выполнен с продольной системой набора за исключением наружного борта, где принята поперечная система набора для обеспечения местной прочности борта. Конструктивная схема мидель-шпангоута представлена на рис. 6.

Расчет общей прочности выполнен с учетом расчетной высоты волны 3,5 м с учетом гидростатического и гидродинамического давления воды на волнении [2]. Расчет эквивалентного бруса выполнен для двух вариантов загрузки: а) судно порожнем с балластом испытывает перегиб при действии расчетного изгибающего момента $M_{пер} = 179,3$ МН·м; б) судно в грузу испытывает прогиб под действием расчетного изгибающего момента $M_{прог} = -156,8$ МН·м.

Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям приведены в табл. 9.

Таблица 9

Результаты расчета общей прочности по допускаемым напряжениям сухогрузного судна по ПМРС

Наименование	Момент инерции $I \times 10^{-6}, \text{см}^4$	Момент сопротивления $W \times 10^{-3}, \text{см}^3$		Нормальное напряжение при общем изгибе $\sigma, \text{МПа}$		
		комингс	днище	комингс	палуба	днище
при прогибе						
расчетные	469	1359	1970	-128,0	-115,33	79,6
допускаемые	285	1026	1026	-175	-175	175
при перегибе						
расчетные	472	1390	1926	142,8	128,4	-93,0
допускаемые	285	1026	1026	-175	175	-175

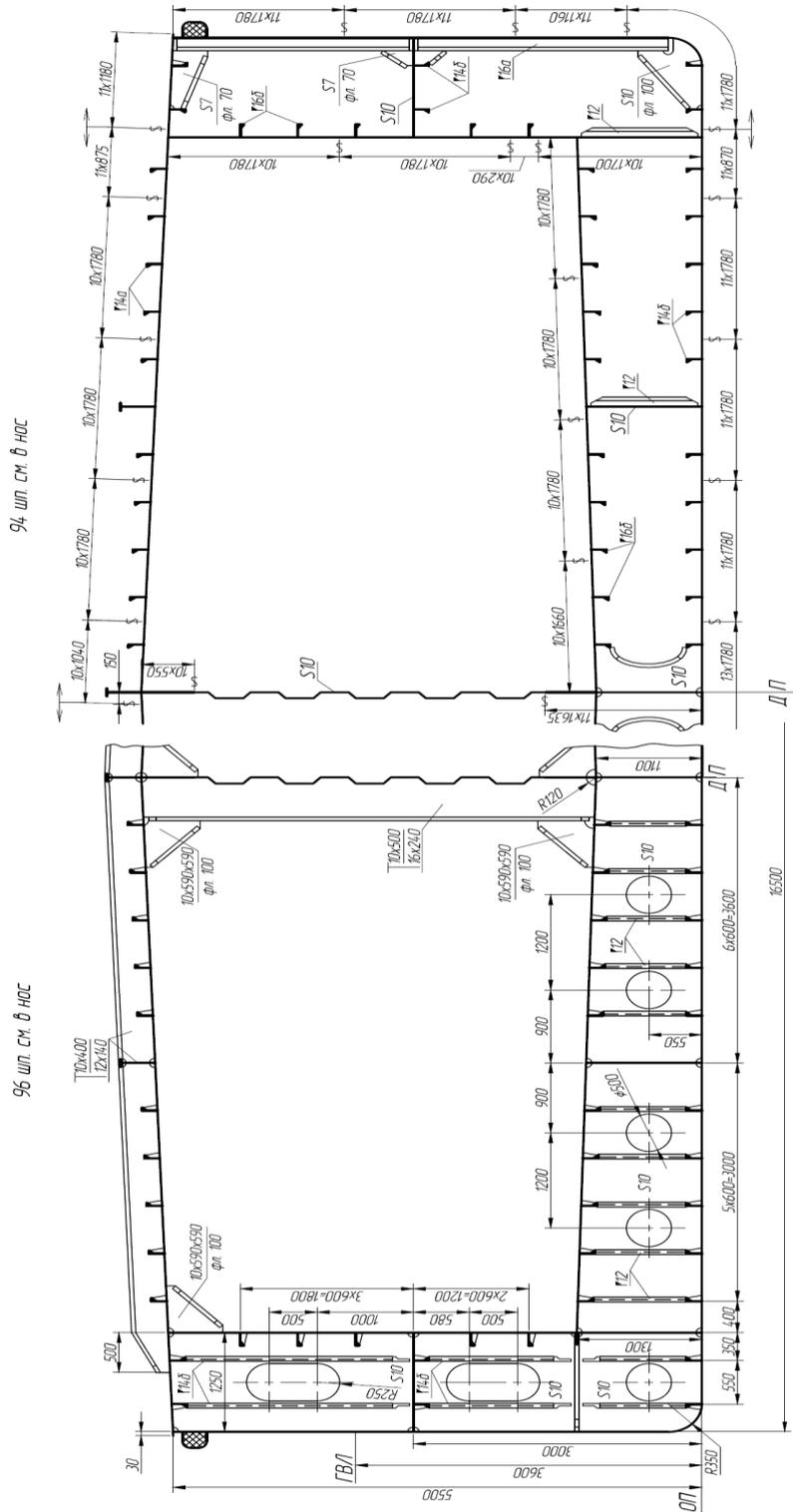


Рис. 6. Конструктивный мидель-шпангоут нефтеналивного танкера по ПМРС

Результаты расчета местной прочности для некоторых связей корпуса танкера приведены в табл. 10.

Таблица 10

Результаты расчета местной прочности и устойчивости связей корпуса нефтеналивного танкера по ПМРС

Связи корпуса судна	Нормальные напряжения, МПа						Касательные напряжения, МПа	
	Изгиб (опора)		Изгиб (пролет)		Устойчивость		Изгиб (опора)	
	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые	расчетные	допускаемые
рамный бимс	131	152	65,8	152	-	-	41,2	87,0
ребро днища	116,0	152	58,0	152	93,0	217	-	-
холостой шпангоут борта	97,5	152	97,2	152	-	-	-	-
пластина днища	32,2	141	-	-	93,0	166	-	-

По результатам выполненных расчетов общая и местная прочность корпуса нефтеналивного танкера, спроектированного по ПРРР [1] и по ПМРС [2] обеспечена.

Основные сравнительные показатели проектируемых отсеков судов-представителей (сухогрузного теплохода и нефтеналивного танкера) по ПРРР и ПМРС приведены в табл. 11.

Таблица 11

Основные сравнительные показатели проектируемых отсеков судов-представителей

Наименование	Показатели судна		
	ПРРР [1]	ПМРС [2]	в процентах к ПРРР, %
1. Сухогрузный теплоход пр.19610 (типа «Волга»)			
1.1. Класс судна	✙ М-СП 3,5 (лед 40) А	КМ  Ice1 R3-RSN AUT1	-
1.2. Главные размерения L×B×H×T/L×B×D×d, м	134,0×16,4×6,7×4,5		-
1.3. Грузоподъемность, т	5500		-
1.4. Изгибающий момент на тихой воде, МН·м	при прогибе	- 147,2	- 147,2
	при перегибе	70,3	70,3
1.5. Волновой изгибающий момент, МН·м	при прогибе	- 157,2	- 114,8
	при перегибе	195,8	108,0
1.6. Расчетный изгибающий момент, МН·м	при прогибе	- 304,4	- 262,0
	при перегибе	266,1	178,3
1.7. Коэффициент запаса по допускаемым напряжениям	при прогибе	1,03	1,02
	при перегибе	1,19	1,24
1.8. Длина отсека l тр, м	23,1	22,8	98,7
1.9. Масса отсека, т	244,0	287,5	117,8
2. Нефтеналивной танкер пр.1577 (типа «Волгопетр»)			

Наименование	Показатели судна			
	ПРПП [1]	ПМРС [2]	в процентах к ПРПП, %	
1.1. Класс судна	✳ М-СП 3,5 (лед 40) А	КМ  Ice1 R3-RSN Oil tanker (>60°C) AUT1	-	
1.2. Главные размерения $L \times B \times H \times T / L \times B \times D \times d$, м	128,6×16,5×5,5×3,58		-	
1.3. Грузоподъемность, т	5000		-	
1.4. Волновой изгибающий момент, МН·м	при прогибе	- 159,6	- 112,6	70,6
	при перегибе	178,4	107,5	60,3
1.5. Расчетный изгибающий момент, МН·м	при прогибе	- 203,8	- 156,8	76,9
	при перегибе	250,2	179,3	71,7
1.6. Коэффициент запаса по допускаемым напряжениям	при прогибе	1,18	1,37	116,1
	при перегибе	0,98	1,22	124,5
1.7. Длина отсека $l_{тр}$, м	18,7	18,0	96,3	
1.8. Масса отсека, т	193,2	204,4	105,8	

Выводы

1. При сравнительном анализе полученных результатов следует обратить внимание на то, что у одинаковых по размерам и условиям эксплуатации судов в ПРПП [1] и ПМРС [2] существенно отличаются значения волновых изгибающих моментов, регламентируемые этими Правилами [1, 2]. Так, для рассмотренного сухогрузного судна величина волнового момента при прогибе, вычисленная по ПРМС, составляет 108,0 МН·м, а по ПРПП – 195,8 МН·м, т.е. отличается в 1,8 раза. Это труднообъяснимо с позиций конструктора, выполняющего проектирование по этим документам. Конечно, с учетом момента на тихой воде разница в величинах расчетного момента снижается.

2. В Правилах [1, 2] имеется существенное различие в определении напряжений общего изгиба, особенно для сухогрузных судов бункерного типа. В связи с этим, несмотря на отличие в величине расчетного изгибающего момента, коэффициенты запаса по допускаемым напряжениям сухогрузных судов оказались примерно одинаковыми.

3. ПРМС [2] более жестко подходят к назначению минимальных толщин и размеров связей корпуса, поэтому масса отсека сухогрузного судна, спроектированного по ПРМС, оказалась больше на 17,8% по сравнению с ПРПП [1]. Для танкера соответствующее увеличение массы отсека составило 5,8%.

Список литературы:

- [1] Российский Речной Регистр. Правила. В 5 т. Т. 2. – М.: Наука, 2016. – 437 с.
- [2] Правила классификации и постройки морских судов. Ч.II. Корпус / Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2016. – 198 с.
- [3] Бутин А.П., Ефименков Ю.И., Степанов О.З., Чуприков В.Г. Нормирование допустимых условий эксплуатации судов смешанного плавания класса «М-СП» Российского Речного Регистра и класса III СП Российского Морского Регистра Судоходства. Труды НТК по СМК памяти проф. П.Ф. Папковича. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2000. – С. 26–27.
- [4] Сравнительный анализ требований к общей прочности корпусов судов смешанного и ограниченного плавания, регламентируемых Правилами Морского и Речного Регистров. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1994. – Вып. 36249. – 85 с.
- [5] Гирин С.Н., Фролов А.М. Анализ требований правил классификационных обществ в части изгибающих моментов на волнении. / Эксплуатационная и конструктивная прочность судовых конструкций. Тезисы докладов. 10 Бубновские чтения. – Н.Новгород: Изд-во НГПТИ, 1994. – С. 27–28.

- [6] Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб. : Судостроение, 2007. – 384 с.
- [7] Егоров Г.В. Суда смешанного плавания нового поколения // Сборник докладов 7 междунар. конф. «Эффективное формирование национальной сети международных транспортных коридоров». – Одесса, 2003. – С. 167-171.
- [8] Егоров Г.В. О конструкции судов ограниченных районов плавания нового поколения // Труды НТК по СМК памяти акад. П.Н. Крылова, 2003. – С. 20-29.
- [9] Егоров Г.В. Особенности конструкций корпусов судов ограниченных районов плавания нового поколения // Вопросы динамической прочности, вибрации и безопасности эксплуатации корпусов судов: Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2005. – Вып. 21(305). – С.126 – 143.
- [10] Egorov G.V. The assessment of river-sea and inland ships hulls conversion // Proc. of the Third Intern. Conf. on Marine Industry (MARIND' 2001). – Varna (Bulgaria). – 2001. – Vol. I. – P. 25-33.
- [11] On specific items connected with rationing of seaworthy qualities and strength of restricted and river-sea navigation ships / Boitsov G.V., Lipis V.B., Kouteinikov M.A., Reiner R.L. // Proc. of VIII Congress IMAM. – Vol. II. – Istanbul. – 1997. – P.6.1.26 – 6.1.37.
- [12] Carlton J. Wilson J. The development of national standards for inland waterway vessel in the UK. Trans. of Royal Institution of Naval Architects. 2006. – 7 p.
- [13] Протопопов В.Б. Конструкция корпуса судов внутреннего и смешанного плавания : учебник / В.Б. Протопопов, О.И. Свечников, Н.М. Егоров. – Л.: Судостроение, 1984. – 376 с.
- [14] Свечников О.И. Расчет и проектирование конструкций судов внутреннего плавания : учеб. пособие / О.И. Свечников, И.И. Трянин. – СПб. : Судостроение, 1994. – 376 с.
- [15] Барабанов Н.В. Конструкция корпуса морских судов : учеб. для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров «Кораблестроение и океанотехника» и по специальностям «Кораблестроения» и «Океанотехника» направления подгот. дипломир. специалистов «Кораблестроение и океанотехника»: в 2 т. / Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб. : Судостроение, Т. 1 : Общие вопросы конструирования корпуса судна. – 2002. – 447 с.
- [16] Зуев В.А. Проектирование конструктивного мидель-шпангоута стальных судов внутреннего и смешанного плавания : учебное пособие / В.А. Зуев; Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Н.Новгород: НГТУ, 2007. – 131 с.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RUSSIAN MARITIME
REGISTER OF SHIPPING RULES REQUIREMENTS
AND THE RUSSIAN RIVER REGISTER RULES REQUIREMENTS
TO THE CONSTRUCTION AND STRENGTH
OF MIXED RIVER-SEA-GOING SHIPS
(CLASSES «R3-RSN» AND «M-SP 3,5»)**

Borisov Aleksandr M., *Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of theory design of engineering structures
Volga State University of Water Transport*

Girin Stanislav N., *Candidate of Engineering Sciences, Professor, head
of the Department of theory design of engineering structures
Volga State University of Water Transport*

Prjanichnikov Konstantin N., *Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of theory design of engineering structures
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: dry cargo ship, oil tanker, Rules of The Russian Maritime register of shipping, Rules of the Russian River Register, hull layout, hull compartment design, overall strength, local strength, bending moment, stresses, metal content of the compartment.

Annotation. The article represents the results of a comparative analysis of the rules requirements of the Russian Maritime register of shipping (PMRS) and the Rules of the Russian River Register (PRRR) to the hull design and strength of ships - representatives of the mixed river-sea-going classes «R3-RSN» and «M-SP 3,5» similar by the main characteristics and op-

erating conditions on the example of the design of a dry cargo ship and tanker middle part of the hull compartment. It is shown that the values of wave bending moments are significantly higher (for dry cargo vessels – 1,8 times) in comparison with the vessels designed for PMRS according to PRRR. In the Rules there are significant differences in the determination of the total bending stress, but the safety factors for the allowable stresses of bulk carriers are approximately the same. It is noted that PRMS are more critical to the appointment of the minimum thickness and size of the ship hull connection, so the weight of the dry-cargo ship compartment designed by PRMS is higher by 17,8% compared to PRRR, for tanker – 5,8%. Отмечено, что ПРМС более жестко подходят к назначению минимальных толщин и размеров связей корпуса, поэтому масса отсека сухогрузного судна, спроектированного по ПРМС, оказалась больше на 17,8% по сравнению с ПРРР, для танкера – на 5,8%.

References:

- [1] Rossijskij Rechnoj Registr. Pravila. V 5 t. T. 2. – M. : Nauka, 2016. 437 p.
- [2] Pravila klassifikacii i postrojki morskich sudov. Ch.II. Korpus / Rossijskij morskij registr sudohodstva. – SPb. : Rossijskij morskij registr sudohodstva, 2016. 198 p.
- [3] Butin A.P., Efimenkov Ju.I., Stepanov O.Z., Chuprikov V.G. Normirovanie dopustimyh uslovij jekspluatacii sudov smeshannogo plavanija klassa «M-SP» Rossijskogo Rechnogo Registra i klassa III SP Rossijskogo Morskogo Registra Sudohodstva. Trudy NTK po SMK pamjati prof. P.F. Papkovicha. – SPb. : CNII im. akad. A.N. Krylova, 2000. pp. 26-27.
- [4] Sravnitel'nyj analiz trebovanij k obshhej prochnosti korpusov sudov smeshannogo i ogranichenogo plavanija, reglamentiruemyh Pravilami Morskogo i Rechnogo Registrov. – SPb: CNII im. akad. A.N. Krylova, 1994. – Vyp. 36249. 85 p.
- [5] Girin S.N., Frolov A.M. Analiz trebovanij pravil klassifikacionnyh obshhestv v chasti izgibajushhijh momentov na volnenii. / Jekspluatacionnaja i konstruktivnaja prochnost' sudovyh konstrukcij. Tezisy dokladov. 10 Bubnovskie chtenija. – N.Novgorod: Izd-vo NGPTI, 1994. pp. 27-28.
- [6] Egorov G.V. Proektirovanie sudov ogranichenyh rajonov plavanija na osnovanii teorii riska. – SPb. : Sudostroenie, 2007. 384 p.
- [7] Egorov G.V. Suda smeshannogo plavanija novogo pokolenija. Sbornik dokladov 7 mezhdunar. konf. «Jeffektivnoe formirovanie nacional'noj seti mezhdunarodnyh transportnyh koridorov». – Odesa, 2003. pp. 167-171.
- [8] Egorov G.V. O konstrukcii sudov ogranichenyh rajonov plavanija novogo pokolenija. Trudy NTK po SMK pamjati akad. P.N. Krylova, 2003. pp 20-29.
- [9] Egorov G.V. Osobennosti konstrukcij korpusov sudov ogranichenyh rajonov plavanija novogo pokolenija, Voprosy dinamicheskoj prochnosti, vibracii i bezopasnosti jekspluatacii korpusov sudov: Trudy CNII im. akad. A.N. Krylova. 2005. – Vyp. 21(305). pp.126-143.
- [10] Egorov G.V. The assessment of river-sea and inland ships hulls conversion. Proc. of the Third Intern. Conf. on Marine Industry (MARIND' 2001). Varna (Bulgaria). 2001. – Vol. I. pp. 25-33.
- [11] Boitsov G.V., Lipis V.B., Kouteinikov M.A., Reiner R.L. On specific items connected with rationing of seaworthy qualities and strength of restricted and river-sea navigation ships. Proc. of VIII Congress IMAM. – Vol. II. Istanbul. 1997. pp. 6.1.26 – 6.1.37.
- [12] Carlton J., Wilson J. The development of national standards for inland waterway vessel in the UK. Trans. of Royal Institution of Naval Architects. 2006. 7 p.
- [13] Protopopov V.B., Svechnikov O.I., Egorov N.M. Konstrukcija korpusa sudov vnutrennego i smeshannogo plavanija : Uchebnik. – L.: Sudostroenie, 1984. 376 p.
- [14] Svechnikov O.I., Trjanin I.I. Raschet i proektirovanie konstrukcij sudov vnutrennego plavanija : Ucheb. posobie. – SPb. : Sudostroenie, 1994. 376 p.
- [15] Barabanov N.V, Turmov G.P. Konstrukcija korpusa morskich sudov: Ucheb. dlja vuzov po napravleniju podgot. bakalavrov i magistrrov «Korablestroenie i okeanotehnika» i po special'nostjam «Korablestroenija» i «Okeanotehnika» napravlenija podgot. diplomir. specialistov «Korablestroenie i okeanotehnika»: v 2 t. – SPb.: Sudostroenie, T. 1: Obshhie voprosy konstruirovaniija korpusa sudna. 2002. 447 p.
- [16] Zuev V.A. Proektirovanie konstruktivnogo midel'-shpangouta stal'nyh sudov vnutrennego i smeshannogo plavanija: Uchebnoe posobie. Nizhegorodskij gos. tehn. un-t im. R.E. Alekseeva. – N.Novgorod: NGTU, 2007. 131 p.

Статья поступила в редакцию 01.04.2019 г.

УДК 629.5

Васькин Сергей Владимирович, к.т.н., доцент кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: serwaskin@mail.ru

Рехалова Наталья Александровна, к.т.н., доцент кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: nrekhalova@yandex.ru

Сустретова Наталья Владимировна, к.т.н., доцент кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: SustretovaNV@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВНЕСЕНИЮ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ В ТРЕБОВАНИЯ РОССИЙСКОГО РЕЧНОГО РЕГИСТРА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ключевые слова: экологическая безопасность, суда смешанного (река-море) плавания, плавучие объекты, Российский Речной Регистр.

Аннотация. Целью выполнения работы являлась разработка требований, направленных на повышение экологической безопасности судов, поднадзорных Российскому Речному Регистру и эксплуатируемых, в основном, в морских районах, но не совершающих международных рейсы. В статье представлены результаты разработки предложений по изменению и дополнению Правил Российского Речного Регистра по предотвращению загрязнения окружающей среды с судов и плавучих объектов нефтесодержащими, сточными и балластными водами, мусором и предотвращению загрязнения атмосферы с судов.

Разработка указанных предложений выполнялась на основе анализа большого количества нормативных правовых и нормативно-технических национальных и международных документов, содержащих требования к экологической безопасности различных типов судов. Уточнен также состав информации, которую необходимо указывать в документах, выдаваемых Российским Речным Регистром эксплуатируемым в морских районах судам, включая маломерные суда и плавучие буровые установки.

Отмечены проблемы, возникшие при разработке и совершенствовании требований Российского Речного Регистра к экологической безопасности. Показаны результаты расчетов по различным методикам суточного накопления нефтесодержащих вод, образующихся в машинных отделениях судов и сравнительный анализ результатов расчетов. Представленные в статье сведения могут использоваться при подготовке последующих редакций Правил Российского Речного Регистра.

Совершенствование требований Правил Российского Речного Регистра (далее - РРР) в области охраны окружающей среды и документов, выдаваемых РРР на суда, выходящие на морские пути, выполнялось в рамках сотрудничества с РРР. Актуальность проведения такой работы была обусловлена следующими обстоятельствами:

- наличием судов, поднадзорных РРР и эксплуатируемых, в основном, в морских районах, но не совершающих международных рейсы;
- отсутствием в действующих Правилах требований к отдельным типам судов (в частности, к плавучим буровым установкам и маломерным судам);

– внесением в редакцию Кодекса внутреннего водного транспорта от 03.07.2016 г. понятия «плавучий объект» и необходимостью включения в Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС) РРР требований к таким объектам.

Разработка предложений по изменению требований РРР в области обеспечения экологической безопасности судов выполнялась на основе анализа большого количества национальных и международных требований. При этом рассматривались нормативные правовые и нормативно-технические документы, содержащие требования по предотвращению загрязнения окружающей среды с судов нефтью, сточными и балластными водами, мусором, а также предотвращению загрязнения воздушной среды применительно к судам, эксплуатируемым на морских путях [1].

По результатам анализа были разработаны предложения по изменению и дополнению нормативных документов РРР, содержащие:

– требования по предотвращению загрязнения окружающей среды с судов, выходящих на морские пути, нефтесодержащими, сточными и балластными водами, мусором и предотвращению загрязнения атмосферы с судов;

– предложения по составу (объему) информации, которую необходимо указывать в оформляемых РРР документах к выходящим на морские пути судам (включая маломерные суда и плавучие буровые установки).

Изменения и дополнения вносились в Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС), Правила освидетельствования судов в эксплуатации (ПОСЭ), Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (ПТНП), Правила классификации и постройки судов (ПКПС) в редакции 2015 г., в Руководство Р.042-2015 «Освидетельствование плавучих буровых установок» и Руководство Р.044-2016 «Руководство по классификации и освидетельствованию маломерных судов».

Далее представлены основные дополнения и изменения, внесенные в указанные документы, а также проблемы, возникшие при разработке и совершенствовании требований РРР к экологической безопасности.

В пункт «Область распространения» ППЗС включены плавучие буровые установки (ПБУ) и плавучие объекты, в других разделах плавучие объекты упоминаются лишь в случаях, когда к ним предъявляются требования отличные от требований к судам.

В ППЗС уточнены определения терминов «Мусор», «Сточные воды» и «Отходы бытовые», а также внесены новые определения таких категорий мусора, как «Пластмасса», «Остатки груза», «Зола из инсинераторов», «Кулинарный жир» и «Орудия лова» для учета их образования и накопления на судах, эксплуатируемых в морских районах. Формулировки указанных выше определений не противоречат положениям конвенции МАРПОЛ 73/78. Также были добавлены определения терминов: «Пурификация», «Шлам сточных вод», «Установка для обработки сточных вод», «Летучие органические соединения (ЛОС)», «Система сбора и выдачи паров груза».

Включены дополнительные требования к наличию танков для сбора нефтяных остатков на судах, эксплуатируемых на внутренних водных путях и оснащенных фильтрующим оборудованием и/или установками для пурификации топлива, и требования о сборе утечек нефти.

Поскольку на плавучих объектах отсутствуют главные двигатели, при расчете вместимости сборных цистерн нефтесодержащих вод для таких объектов предлагается принимать мощность двигателей дизель-генераторных агрегатов, если такие агрегаты установлены на плавучем объекте.

Расчетные удельные величины суточного накопления нефтесодержащих вод на судах внутреннего плавания в зависимости от мощности главных двигателей, приведенные в ППЗС, соответствуют значениям, указанным в письме Минтранса РФ № НС-23-667 от 30.03.2001 г. Для морских судов значения суточного накопления нефтесодержащих вод в зависимости от водоизмещения судна приводятся в ОСТ

5.5064–83 «Суда морские. Предотвращение загрязнения моря нефтью. Технические требования». Увязать между собой указанные нормативы не представляется возможным ввиду отсутствия формальной связи между водоизмещением судна и мощностью его главных двигателей с учетом всего разнообразия назначений и типов судов. В то же время, сотрудниками Севастопольского национального технического университета были проведены исследования на 73 судах по определению суточного объема образующихся нефтесодержащих вод. В результате была предложена методика для определения среднестатистического суточного накопления льяльных вод в зависимости от водоизмещения судна или мощности главной энергетической установки, типа судна и его возраста [2].

Для установления сопоставимости значений суточного количества образующихся на судах льяльных вод нами были проведены расчеты с использованием данных, содержащихся в ППЗС РРР и методике [2]. Полученные результаты представлены на рис. 1 в виде графических зависимостей.

Как видно из рис. 1, объемы образующихся на судне нефтесодержащих вод, определенные по Методике ППЗС и методике [2], имеют близкие значения только для судов с мощностью главных двигателей до 200 кВт. С ростом мощности нормы, полученные по методике ППЗС, начинают существенно превышать значения, рассчитанные по методике [2]. Разница достигает максимума для судов с мощностью двигателей 1000 кВт и составляет более 50%.

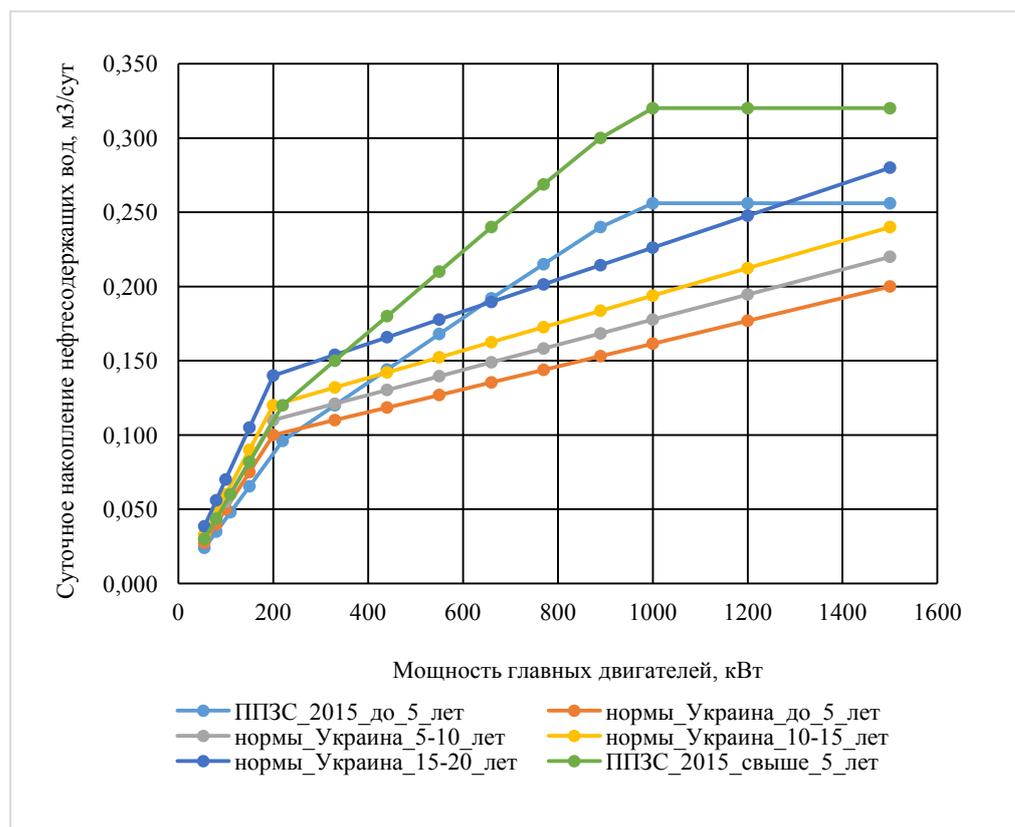


Рис. 1. Графики зависимостей суточного накопления нефтесодержащих вод на судах, рассчитанные по различным методикам

По нашему мнению, методика, разработанная севастопольскими учеными, позволяет более точно определить количество образующихся в машинных отделениях судов нефтесодержащих вод. Она учитывает большее количество факторов: тип судна и

его возраст с более широкой градацией по срокам службы. Кроме того, исследования проводились на судах, реально эксплуатирующихся в морских районах.

Содержащиеся в ППЗС РРР нормативы накопления нефтесодержащих вод представляются завышенными, поскольку на момент их создания большинство речных судов имело возраст от 10 до 40 лет, устаревшую конструкцию и значительный износ действующих уплотнений, сальников насосов, арматуры трубопроводов судовых систем, других узлов и механизмов, что способствовало росту утечек воды и нефтепродуктов в машинном отделении. В то же время, учитывая медленное обновление флота на внутренних водных путях и значительную долю в нем судов с большим сроком службы, рассматриваемые нормативы продолжают оставаться актуальными, а для их пересмотра необходимы отдельные научные исследования.

В действующих Правилах ППЗС РРР указано, что наряду с предлагаемыми значениями суточного накопления нефтесодержащих вод допускается применение других методов, учитывающих специфику условий эксплуатации. На настоящий момент целесообразно в ППЗС РРР в качестве характеристики судна, определяющей суточное количество образующихся на нем нефтесодержащих вод, принимать суммарную мощность всех двигателей, установленных на судне, а не только главных.

С целью предупреждения загрязнения водных объектов, добавлено требование к автоматическому прекращению сброса с судов нефтесодержащих вод при выходе из строя сигнализатора или устройства для автоматического прекращения сброса, содержащееся в резолюции ИМО МЕРС.107(49) «Пересмотренные руководство и технические требования по оборудованию для предотвращения загрязнения из льял машинных помещений судов» [3].

В санитарных правилах для судов, эксплуатируемых в морских районах, приводятся иные нормы образования сточных вод, чем указано в ППЗС. В связи с этим Приложение 1 к ППЗС рекомендовано дополнить данными об удельных значениях накопления сточных вод на судах, эксплуатируемых в морских районах в соответствии с действующими в настоящее время нормативами, а также указать порядок определения норм накопления сточных вод на судах специального назначения.

Условия и нормативы сброса сточных вод (районы сброса, интенсивности, концентрации примесей) на морских и внутренних водных путях различны. Поэтому в ППЗС были внесены дополнения, учитывающие условия и нормативы сброса нефтесодержащих, сточных вод и мусора при эксплуатации судов как на внутренних водных, так и на морских путях.

В Приложение 2 к ППЗС введены дополнения, касающиеся допустимых условий сброса сточных вод с судов, эксплуатируемых в морских районах и не являющихся пассажирскими судами и ПБУ, и расчетом интенсивности сброса сточных вод, как это указано в резолюции МЕРС.157(55) [4]. Эти условия, в частности, допускают сброс с судов измельченных и обеззараженных при помощи специальных установок сточных вод в морских районах. В связи с этим в раздел 5 ППЗС включены требования к установкам для обработки сточных вод, соответствующие МК МАРПОЛ 73/78 [5] и санитарным правилам для судов, эксплуатируемых в морских районах. Кроме того, в указанное Приложение добавлены уточненные нормативные значения степени очистки сточных вод на пассажирских судах и ПБУ, эксплуатируемых в морских районах.

В ППЗС отсутствуют требования к цистернам для сбора шлама, образующегося при очистке сточных вод, в то время как «Техническим регламентом о безопасности объектов внутреннего водного транспорта» [6] предусматривается наличие специальных цистерн, предназначенных для этих целей. Указанное несоответствие устранено путем введением требований о необходимости оборудования судов цистермами для сбора шлама от установки для обработки сточных вод или использования для этих целей сборных цистерн сточных вод. Кроме того, уточнены требования к конструкции сливного трубопровода и насосам системы сдачи сточных вод.

Экологическую безопасность плавучих объектов предложено обеспечивать нако-

плением образующихся на них нефтесодержащих и сточных вод с последующей их сдачей в приемные устройства. Удельные нормы накопления сточных вод для пассажирских и несамоходных судов с людьми на борту распространены на плавучие объекты [7].

Требования к оборудованию судов устройствами для накопления и обработки мусора рекомендованы в новой редакции, учитывающей применение отдельных емкостей для накопления сухого бытового мусора, пищевых отходов и эксплуатационных отходов. Вместимость устройств для сбора мусора определяется отдельно по каждому его виду.

Решение о необходимости оборудования судов инсинераторами возлагается на судовладельца. Установка инсинератора по результатам расчетов автономности плавания по мусору по существующим в настоящее время нормам накопления мусора в большинстве случаев не потребует. Поэтому целесообразно принимать решение об оборудовании судов инсинераторами, ориентируясь на конкретные условия эксплуатации судна. В ППЗС введены требования к температурному режиму инсинератора при сжигании в нем нефтяных остатков. Требования к противопожарной защите в помещении инсинераторов внесены в часть III ПКПС «Противопожарная защита».

В раздел 5 ППЗС «Дополнительные требования к судам классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР» включены требования к оборудованию судов для предотвращения загрязнения нефтесодержащими водами при их эксплуатации в пределах полярных вод, определенных Международным Полярным кодексом [8].

Необходимость оснащения судов танками для сбора нефтяных остатков указывается не только при оснащении судна фильтрующим оборудованием, но и/или оборудованием для пурификации топлива. Для удаления содержимого шламовых танков в приемные сооружения предусматривается отдельный трубопровод со стандартным сливным соединением, при этом должна быть исключена возможность попадания шлама в льяла, танки и трубопроводы нефтесодержащих вод.

Область распространения главы 5.11 «Требования к оборудованию и устройствам судов по предотвращению загрязнения сточными водами» расширена в соответствии с требованиями МК МАРПОЛ 73/78 [5] для судов валовой вместимостью 400 и более и количеством людей на борту более 15 чел. Требования к расположению на судах сборных цистерн сточных вод соответствуют указаниям, содержащимся в Санитарных правилах для морских судов СН 2641-82.

Уточнены параметры для установок обеззараживания и измельчения сточных вод. В соответствии с правилом 9 Приложения IV к МАРПОЛ 73/78 [5] установки для измельчения и обеззараживания сточных вод должны иметь одобрение Администрации. В настоящее время требования к характеристикам такого оборудования содержатся лишь в санитарных правилах для морских судов, где указано, что обеззараживание сточных вод перед сбросом их за пределами трехмильной зоны должно обеспечивать значение коли-индекса не более 2500. Конкретных требований к степени измельчения взвешенных частиц в этих санитарных правилах не содержится, отмечается лишь, что «степень измельчения должна быть такой, чтобы исключалось появление в воде видимых плавающих частиц». Существовавшее ранее в Правилах предотвращения загрязнения с судов Российского Морского Регистра (1992 г.) требование размеру измельченных частиц не более 25 мм в действующих ныне Правилах РС отсутствует [9].

Для установления степени измельчения был проведен обзор и анализ характеристик выпускаемых различными производителями установок для обработки воды и систем для измельчения и обеззараживания. Было установлено, что данные по степени измельчения производителями оборудования приводятся крайне редко. В частности, в установках, производимых компаниями HAMANN AG (установки типа HL-CONT) и TECHNICAL S.A. (установки типа BIOCON), оборудованных насосами-измельчителями, размер измельченных взвешенных частиц составляет 0,5...1,0 мм. Таким образом, максимальный размер измельченных частиц предложено установить равным 1 мм.

Раздел 5 ППЗС предлагается дополнить главой 5.12, в которую вносятся дополнительные требования к количеству емкостей для накопления мусора для выходящих в море судов. В связи с необходимостью учета накопления на судах различных видов отходов, Приложение 1 к ППЗС дополнено нормами накопления пластмасс и расчетной формулой количества золы, образующейся при сжигании мусора в инсинераторах, удельный насыпной объем золы ($\text{м}^3/\text{кг}$) в которой принят по данным сжигания твердых бытовых отходов на береговых мусоросжигательных установках. Приложение 2 к ППЗС предложено дополнить требованиями к сбросу мусора с судов, эксплуатируемых в морских районах, в соответствии с поправками к Приложению V МАРПОЛ 73/78, вступившим в силу 1 января 2013 года [5].

Однако с 1 марта 2018 года вступили в силу новые поправки к Приложению V МАРПОЛ 73/78 (резолюция МЕРС.277(70)) [10], в соответствии с которыми категория мусора «Остатки груза» разделяется на вредные (НМЕ) и невредные (по-НМЕ) для морской среды, добавлены определения электронных отходов. Приведены критерии классификации твердых навалочных грузов, а правила сброса для остатков груза, не приносящих вред окружающей среде, содержат менее строгие требования по сбросу, чем правила для вредных остатков груза. Кроме того, внесены изменения в форму Журнала операций с мусором, который теперь делится на две части: одна применяется ко всем судам, а другая предназначена для судов, перевозящих твердые навалочные грузы. Таким образом, количество категорий мусора расширилось, и, возможно, потребуются корректировка этого раздела ППЗС в соответствии с новыми требованиями.

Допускаемые значения выбросов оксидов азота рекомендовано оставить без изменения, что соответствует поправкам к Приложению VI МАРПОЛ 73/78, вступившим в силу 1 января 2013 года [11]. Однако, на 71-й сессии Комитета по защите морской среды ИМО (2017 г.) приняты поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ 73/78 в части придания районам Балтийского и Северного морей статуса «районов контроля выбросов окислов азота с судов» (NECA). Требования к выбросам оксидов азота в этих районах более строгие (Tier III), чем указано в настоящее время в ППЗС. Поправки вступят в силу и будут применяться к новым судам с 1 января 2021 года, что может потребовать доработки ППЗС в этой части.

В ПКПС РРР предложено внести дополнительные требования к системе сбора и выдачи паров груза, касающиеся наличия в грузовых танках на нефтеналивных судах системы контроля за переливом, независимой от устройств замера уровня груза закрытым способом и др. Принятие решения о необходимости оборудования судна системой сбора и выдачи паров груза возложена на судовладельца.

В номенклатуру объектов технического наблюдения (ПТНП) внесены дополнительные объекты наблюдения – система сбора и выдачи паров груза нефтеналивных судов и шламовые цистерны.

Состав технического проекта судна, указанный в типовом перечне технической документации, представляемой на рассмотрение Речному Регистру (ПТНП), предложено дополнить принципиальной схемой системы сбора и выдачи паров груза, рабочую документацию судна, подлежащую согласованию с филиалом – монтажными чертежами системы сбора и выдачи паров груза.

Система сбора и выдачи паров груза внесена в состав систем, требующих освидетельствования. В раздел 14 «Освидетельствование оборудования и устройств судов по предотвращению загрязнения с судов» (ПОСЭ) внесено требование проверки погрешности и калибровки сигнализатора, входящего в оборудование по предотвращению загрязнения нефтью, при очередном освидетельствовании. При ежегодном освидетельствовании фильтрующего оборудования и установки для обработки сточных вод анализ проб должен быть выполнен в организации, имеющей государственную аккредитацию.

Внесены изменения в перечень документов, выдаваемых на суда классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР». Формы РР-1.1, РР-1.3а, РР-1.17 «Свидетельство о готовности судна к плаванию» для разных районов плавания включают в себя сведения об основных технических данных судна, в том числе и раздел «Оборудование экологической безопасности», в котором изменено название «Свидетельства о предотвращении загрязнения нефтью, сточными водами и мусором» на «Свидетельство о предотвращении загрязнения окружающей среды с судна» формы РР-1.8, РР-1.9, РР-1.8.1. Указанные формы документов дополнены недостающими сведениями об оборудовании по предотвращению загрязнения сточными водами, загрязняющим атмосферу веществам.

Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года (МК BWM-2004 или Конвенция) вступила в силу 8 сентября 2017 года.

Суда, совершающие международные рейсы, должны управлять балластными водами в соответствии с определенными для них стандартами в зависимости от объема балластных вод: при определенных условиях в открытом море или через специальное оборудование (система управления балластными водами, СУБВ), которое устанавливается на судно. Должна быть проведена подготовка членов экипажа, участвующих в управлении балластными водами и назначено лицо командного состава, ответственное за обеспечение Плана управления балластными водами.

Хотя конвенция применима к судам вне зависимости от их размера, освидетельствование с выдачей Свидетельств согласно МК BWM-2004 требуется только для судов валовой вместительностью 400 и более. На все строящиеся морские суда, за исключением серии атомных ледоколов, которые планируется использовать только на Северном морском пути, устанавливаются системы обработки балласта. Инспекции портового контроля крупнейших российских портов (Санкт-Петербург, Новороссийск и др.) готовы к проверкам судов на соответствие МК BWM-2004. При инспекции на судне проверяются: План управления балластными водами (BWMP), Журнал операций с балластом (BWRB), а также наличие Международного свидетельства по управлению балластными водами (IBWMC).

По результатам проведения исследований на кафедре гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ», было выяснено, что для судов смешанного (река-море) плавания, построенных по Правилам РРР, в силу их конструктивных особенностей, эксплуатационных характеристик и ограниченности района плавания, единственно возможным и безопасным решением проблемы управления балластными водами в настоящее время является обезвреживание балласта на борту судна.

Российским морским регистром судоходства разработано Руководство по применению требований Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 года (НД №2-030101-030) [12]. В правилах РРР как-либо требования по предотвращению загрязнения окружающей среды балластными водами отсутствуют. В них содержатся лишь требования к балластным водам нефтеналивных судов с точки зрения исключения загрязнения их нефтепродуктами; биологическое загрязнение балластных вод и соответствующая опасность их для окружающей среды не рассматривается. Вследствие этого, в ППЗС РРР предложено внести ряд дополнений.

В главу «Термины и определения» ввести новые определения для принятия единой международной терминологии, соответствующей Конвенции.

Раздел 5 «Дополнительные требования к судам классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР» предлагается ввести новую главу 5.13 «Требования к судовым системам управления балластными водами», в которую вводится понятие «Система управления балластными водами (СУБВ)». Требования к подобным системам включают в себя наличие инструкции по эксплуатации и обслуживанию, схемы расположения системы на судне, данных о надежности, положения о возможности и способах контроля и др.

Настоящий раздел распространяется на суда смешанного (река-море) плавания классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР» вне зависимости от того, самоходное судно или нет. Если на борт судна смешанного плавания принимается балластная вода, то оно должно быть оснащено системой управления балластными водами (СУБВ).

Возможность сброса загрязненных балластных вод с судов должна быть исключена, если качество вод не соответствует заданным стандартам.

Нормативы качества балластных вод в настоящее время в Правилах отсутствуют, поэтому в ППЗС предложено ввести в Приложение 2 таблицу «Нормативные значения степени очистки балластных вод на судах смешанного плавания». Предлагаемые нормативы дублируют значения показателей стандарта качества балластных вод Конвенции для принятия единых международных стандартов.

Правила освидетельствования судов в процессе их эксплуатации (ПОСЭ) РРР содержат раздел 14 «Освидетельствование оборудования и устройств по предотвращению загрязнения с судов», в котором отсутствуют сведения об оборудовании и устройствах по предотвращению загрязнения балластными водами. Приведенное оборудование рекомендовано рассматривать как объект освидетельствования наряду с прочими, указанными в данном разделе.

В соответствии с предлагаемыми изменениями раздел 11 ПТНП РРР дополнен требованиями по техническому наблюдению за оборудованием и устройствами для предотвращения загрязнения балластными водами.

Таким образом можно считать, что сотрудниками кафедры был выполнен значительный объем работ по совершенствованию требований РРР по предотвращению загрязнения окружающей среды с судов, которые, как мы надеемся, найдут отражение в последующих редакциях соответствующих Правил.

Список литературы:

- [1] Васькин С.В., Лобастов В.П., Рехалова Н.А., Этин В.Л. Анализ требований в области охраны окружающей среды к судам, выходящим на морские пути // Труды 18-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2016». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Секция I Технические и экологические аспекты эксплуатации флота, водных путей и гидросооружений Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016. – Вып. 5.– Режим доступа: <http://vf-река-море.рф>
- [2] Истомин В.И. Нормы суточного накопления нефтесодержащих вод машинных помещений судов и методика расчета пропускной способности судовых систем очистки // Техническое регулирование в судостроении. Руководящие материалы РМ 9 – 2008. НИИ стандартизации и сертификации «Лот» ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2008. – С. 17–24.
- [3] Resolution MEPC.107(49) Adopted on 18 July 20 Revised guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilges of ships. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.107\(49\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.107(49).pdf)
- [4] Resolution MEPC.157(55) Adopted on 13 October 2006 recommendation on standards for the rate of discharge of untreated sewage from ships. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.157\(55\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.157(55).pdf)
- [5] Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., изменённая Протоколом 1978 г. к ней с поправками: МАРПОЛ 73/78, Кн. I и II. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. – 762 с.
- [6] «Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта». Постановление Правительства РФ от 12.08.2010. <http://www.consultant.ru>
- [7] Васькин С.В., Рехалова Н.А., Лобастов В.П. Вопросы обеспечения экологической безопасности плавучих объектов // Труды 19-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2017». Труды 19-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2017». «Проблемы использования инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Секция I Технические и экологические аспекты эксплуатации флота,

водных путей и гидросооружений Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017. – Вып. 6.– Режим доступа: <http://вф-река-море.рф>

[8] Resolution MEPC.264(68) (adopted on 15 May 2015) International code for ships operating in polar waters (Polar code).[http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.264\(68\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.264(68).pdf)

[9] Российский морской регистр судоходства. Правила по предотвращению загрязнения с судов, эксплуатирующихся в морских районах и внутренних водных путях Российской Федерации. НД№2020101-074, СПб, 2018. <http://www.rs-class.org/upload/iblock/a56/a56fce14ce95ff5b6cca10a6cdc8a998.pdf>

[10] Resolution MEPC.277(70) (Adopted on 28 October 2016) Amendments to the annex of the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto Amendments to MARPOL Annex V. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.277\(70\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.277(70).pdf)

[11] Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ-73/78), Кн. III, пересмотр. издание. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012 г. – 336 с. International Convention for Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78), Book III, revised edition

[12] Руководство по применению требований Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 года (НД №2-030101-030), СПб, 2017. <http://rs-class.org/upload/iblock/987/9870bc7588fcf2c6ae01af86687f3a9e.pdf>

SUGGESTIONS FOR AMENDMENTS AND ADDITIONS IN THE REQUIREMENTS OF THE RUSSIAN RIVER REGISTER IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

*Vaskin Sergey V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of Fluid dynamics, ship theory and environmental safety of ships
Volga State University of Water Transport*

*Rekhalova Natalia A., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of Fluid dynamics, ship theory and environmental safety of ships
Volga State University of Water Transport*

*Sustretova Natalia V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of Fluid dynamics, ship theory and environmental safety of ships
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

*Keywords: environmental safety, the vessels mixed (river-sea) navigation, floating objects,
Russian River Register*

Annotation. The purpose of the work was to develop requirements aimed at improve the environmental safety of ships supervised by Russian River Register and operated mainly in marine areas, but not making international voyages.

The article presents the results of the proposals development to amend and supplement the Rules of the Russian River Register for the prevention of environmental pollution from ships and floating objects with oily, waste and ballast water, garbage and prevention of atmospheric pollution from ships.

The development of these proposals was carried out on the basis of the analysis of a large number of regulatory legal and normative-technical national and international documents containing requirements for the environmental safety of different vessels types.

The composition of the information to be specified in the documents issued by the Russian River Register to vessels operating in marine areas, including small vessels and floating drilling rigs, has also been clarified.

The problems encountered in the development and improvement of the requirements of the Russian River Register for environmental safety are noted in the article.

The article represents the results of calculations by different methods of daily accumulation of oil-containing waters formed in the engine rooms of ships and the comparative analysis of the results of calculations.

The information presented in the article can be used in the preparation of subsequent editions to the Rules of the Russian River Register.

References:

- [1] Vas'kin S.V., Lobastov V.P., Rekhlova N.A., Etin V.L. Analiz trebovaniy v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy k sudam, vykhodyashchim na morskije puti // Trudy 18-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki-2016». Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, spetsialistov i studentov «Problemy ispol'zovaniya innovatsionnogo razvitiya vnutrennikh vodnykh putey v basseynakh velikikh rek». Sektsiya I Tekhnicheskie i ekologicheskie aspekty ekspluatatsii flota, vodnykh putey i gidrosooruzheniy Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2016. – Vyp. 5.– Rezhim dostupa: <http://vф-река-море.рф>
- [2] Istomin V.I. Normy sutochnogo nakopleniya nefesoderzhashchikh vod mashinnykh pomeshcheniy sudov i metodika rascheta propusknoy sposobnosti sudovykh sistem ochistki // Tekhnicheskoe regulirovanie v sudostroenii. Rukovodyashchie materialy RM 9 – 2008. NII standartiza-tsii i sertifikatsii «Lot» FGUP «TsNII im. akad. A.N. Krylova, 2008. – P. 17–24.
- [3] Resolution MEPC.107(49) Adopted on 18 July 20 Revised guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilges of ships. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.107\(49\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.107(49).pdf)
- [4] Resolution MEPC.157(55) Adopted on 13 October 2006 recommendation on standards for the rate of discharge of untreated sewage from ships. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.157\(55\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.157(55).pdf)
- [5] Mezhdunarodnaya konventsia po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov 1973 g., izmenennaya Protokolom 1978 g. k ney s popravkami: MARPOL 73/78, Kn. I i II. – SPb.: ZAO «TsNIIMF», 2012. – 762 p.
- [6] «Tekhnicheskiiy reglament o bezopasnosti ob"ektov vnutrennego vodnogo transporta». Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.08.2010. <http://www.consultant.ru>
- [7] Vas'kin S.V., Rekhlova N.A., Lobastov V.P. Voprosy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti plavuchikh ob"ektov // Trudy 19-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki – 2017». Trudy 19-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki – 2017». «Problemy ispol'zovaniya innovatsionnogo razvitiya vnutrennikh vodnykh putey v basseynakh velikikh rek». Sektsiya I Tekhnicheskie i ekologicheskie aspekty ekspluatatsii flota, vodnykh putey i gidrosooruzheniy Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2017. – Vyp. 6.– Rezhim dostupa: <http://vф-река-море.рф>
- [8] Resolution MEPC.264(68) (adopted on 15 May 2015) International code for ships operating in polar waters (Polar code).[http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.264\(68\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.264(68).pdf)
- [9] Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva. Pravila po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov, ekspluatiruyushchikhsya v morskikh rayonakh i vnutrennikh vodnykh putyakh Rossiyskoy Federatsii. HD№2020101-074, SPb, 2018. <http://www.rs-class.org/upload/iblock/a56/a56fce14ce95ff5b6cca10a6cdc8a998.pdf>
- [10] Resolution MEPC.277(70) (Adopted on 28 October 2016) Amendments to the annex of the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto Amendments to MARPOL Annex V. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.277\(70\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.277(70).pdf)
- [11] Mezhdunarodnaya konventsia po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov (MARPOL-73/78), Kn. III, peresmotr. izdanie. – SPb. : ZAO «TsNIIMF», 2012 g. – 336 p. International Convention for Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78), Book III, revised edition
- [12] Rukovodstvo po primeneniyu trebovaniy Mezhdunarodnoy konventsii o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravleniyu imi 2004 goda (ND №2-030101-030), SPb, 2017. <http://rs-class.org/upload/iblock/987/9870bc7588fcf2c6ae01af86687f3a9e.pdf>

Статья поступила в редакцию 09.04.2019 г.

УДК 629.124.79

*Зуев Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой
«Кораблестроение и авиационная техника» ФГБОУ ВО «НГТУ»
e-mail: ship@nntu.ru*

*Калинина Надежда Викторовна, к.т.н., доцент кафедры
«Кораблестроение и авиационная техника» ФГБОУ ВО «НГТУ»
e-mail: nvk5133@mail.ru*

*Москвичева Юлия Анатольевна, к.т.н., ассистент кафедры
«Кораблестроение и авиационная техника» ФГБОУ ВО «НГТУ»
e-mail: moskvicheva@yandex.ru*

*Себин Андрей Сергеевич, аспирант кафедры «Кораблестроение и
авиационная техника» ФГБОУ ВО «НГТУ» », e-mail: asebin@nntu.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»,
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.*

МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЛЕДОКОЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ В ПОЛЕ МЕЛКОБИТОГО ЛЬДА

Ключевые слова: ледокольная платформа на воздушной подушке (ЛПВП), битый лед, сопротивление, модель ЛПВП, моделирование ледовых условий, экспериментальные исследования.

Аннотация. В статье приведены предварительные экспериментальные исследования сопротивления воды и мелкобитого льда при движении модели ледокольной платформы на воздушной подушке в опытовом бассейне Нижегородского государственного университета им. Р.Е. Алексеева. Описана модель битого льда, условия моделирования при взаимодействии судна с битым льдом и способ пересчета результатов испытаний на натурное судно. Получены кривые буксировочного сопротивления модели и натурного судна при движении в воде, в битом льду толщиной 0,65 м для ЛПВП, спроектированной для работы в Обско-Тазовской губе. Полученные данные представляют также интерес для разработки модели лабораторного льда композитной конструкции.

Введение

Большинство морских путей России в течение длительного времени покрыты льдом, что затрудняет их круглогодичное использование. В связи с этим большое значение приобретают мероприятия, направленные на продление сроков навигации на замерзающих участках водных путей.

Универсальным средством проведения ледокольных работ являются ледоколы. Однако традиционные суда-ледоколы имеют ряд недостатков: их коэффициент полезного действия не высок; строительная стоимость, эксплуатационные расходы и энергетические затраты на разрушение льда велики. Применение ледокольных платформ на воздушной подушке (ЛПВП) позволяет существенно расширить возможности ледокольных средств и решать задачи по увеличению объемов перевозок народно-хозяйственных грузов в северные районы.

В Нижегородском Государственном техническом университете (НГТУ) спроектирована ледокольная платформа на воздушной подушке (ЛПВП) для круглогодичной работы в Обско-Тазовской губе. ЛПВП предназначена для прокладки ледового канала шириной до 28 м во льду толщиной до 1,5 м и работы в качестве транспортного пон-

тона для перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов в ледовых условиях и на чистой воде. Использование ЛПВП является эффективным техническим средством для разрушения ледяного покрова, прокладки ледового канала для прохода судов и вывода судов из «ледового плена» [1]. Такие платформы могут работать на мелководных участках, где ледоколы работать не могут. При этом снижаются энергетические и эксплуатационные расходы при выполнении ледокольных работ.

Натурные испытания судна являются достоверным, но самым дорогим способом прогнозирования его ледовых качеств. Следовательно, прибегают к испытаниям моделей судов в опытовых бассейнах. Поэтому вопросы моделирования движения судов во льдах и прогнозирования ходкости являются актуальными.

1. Моделирование ледовых условий в опытовом бассейне

Основной проблемой моделирования ледового сопротивления является создание физической модели льда, адекватно отображающей его взаимодействие с судами в натуральных условиях [2]. Теоретические обоснования моделирования движения судов во льдах разработаны в середине прошлого века Ю.А. Шиманским и Л.М. Ногидом [3], а практические приемы развивались сотрудниками ААНИИ и Крыловского научного центра [4]. Но до сих пор полностью адекватную модель льда еще не создали [5,6,7,8], и речь идет о частичном моделировании.

При движении модели необходимо выполнить условия моделирования как в отношении модели, так и в отношении окружающей среды. Геометрическое моделирование сомнений не вызывает, но при испытаниях модели ЛПВП важно, чтобы ее аэродинамическая схема (рис. 1) соответствовала аэродинамической схеме натурального судна. Это условие было выполнено.

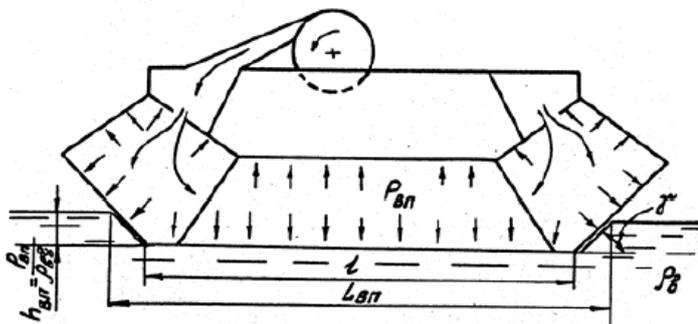


Рис. 1. Аэродинамическая схема модели

Выполнение условий кинематического и динамического подобия при испытаниях ледокольных платформ на воздушной подушке требует некоторых пояснений.

Составляющие сопротивления окружающей среды можно представить в виде [1,6,9]:

$$R = R_{a/d} + R_{г/d} + R_{л}, \quad (1)$$

где R – полное сопротивление;

$R_{a/d}$ – аэродинамическая составляющая сопротивления;

$R_{г/d}$ – гидродинамическая составляющая сопротивления;

$R_{л}$ – ледовое сопротивление.

Поскольку скорости движения ЛПВП невелики, аэродинамической составляющей можно пренебречь, хотя ее вычисление затруднений не вызывает [10].

В гидродинамическом сопротивлении модули кинематического подобия

$$Fr = v / \sqrt{gL}, \quad Re = vL / \gamma, \quad (2)$$

как правило, одновременно выполняться не могут, и при испытаниях определяется остаточное сопротивление при $Fr = idem$, а сопротивление трения, зависящее от числа Рейнольдса, определяется математически [6].

В формуле (2):

Fr – число Фруда;

v – скорость движения;

Re – число Рейнольдса;

L – длина судна;

g – ускорение свободного падения;

γ – коэффициент кинематической вязкости.

Основные трудности при модельных испытаниях возникают при моделировании ледового сопротивления.

При моделировании движения в битых льдах условия подобия несколько упрощаются и сводятся к следующему:

$$\left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} \right)_{\text{м}} = \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} \right)_{\text{н}}; f_{\text{н}} = f_{\text{м}}; S_{\text{н}} = S_{\text{м}}, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{л}}$ – плотности воды и льда; индексы «н» и «м» применены для натурального судна и модели соответственно;

$f_{\text{н,м}}$ – коэффициент трения льда о гибкое ограждение материала природы и модели;

S – сплоченность битого льда.

Для имитации битого льда наиболее подходит полиэтилен высокого давления [1]. Его характеристики $\rho_{\text{м}} = 0,9 \text{ т/м}^2$; $f_{\text{м}} \approx 0,075 \dots 0,080$.

Плотность натурального льда $\rho_{\text{л}} = 0,87\text{--}0,91 \text{ т/м}^2$, коэффициент трения материала гибкого ограждения о лед $f_{\text{н}} = 0,080 \dots 0,085$.

Размеры льдин в плане можно принимать равными 5–7 толщинам льда, что соответствует разрушению ледяного покрова при изгибе.

Большое разнообразие ледовых условий, нестабильность характеристик битых льдов делают достаточно сложным выполнение многочисленных условий, характеризующих обстановку (в том числе форму и размеры отдельных льдин) [12].

Поэтому в эксперименте движение судна моделируется приближенно в некоторой условной среде с обломками льда. Условия подобия соблюдаются в отношении наиболее важных характеристик битого льда (толщины льдин, сплоченности, коэффициентов трения льда о гибкое ограждение, плотности). Это дает возможность моделировать битый лед с помощью пластинок из полиэтилена высокого давления.

Результаты экспериментов в этом случае моделирования по Фрудру пересчитываются следующим образом:

– линейные размеры (длина судна L , ширина судна B , высота гибкого ограждения $H_{\text{го}}$, толщина льда h):

$$L_{\text{н}} = \lambda L_{\text{м}}; B_{\text{н}} = \lambda B_{\text{м}}; H_{\text{го,н}} = \lambda H_{\text{го,м}}; h_{\text{н}} = \lambda h_{\text{м}};$$

– водоизмещение D : $D_{\text{н}} = \lambda^3 D_{\text{м}}$,

– давление в воздушной подушке $P_{\text{вп}}$: $P_{\text{вп,н}} = \lambda P_{\text{вп,м}}$,

– расход воздуха из воздушной подушки $Q_{\text{вп}}$: $Q_{\text{вп,н}} = \lambda^{2,5} Q_{\text{вп,м}}$,

– скорость движения v : $v_{\text{н}} = \sqrt{\lambda} v_{\text{м}}$,

– сопротивление среды R : $R_n = \lambda^3 R_m$.

Следует отметить, что неучет моделирования по Рейнольдсу вносит некоторые погрешности в пересчет результатов на натурное судно. Поскольку сопротивление льда намного выше гидродинамического, это добавляет незначительные погрешности в сторону увеличения сопротивления.

Сложность процессов взаимодействия судов и сооружений со льдом далеко не всегда позволяет составить достоверную математическую модель такого взаимодействия. Поэтому приходится проводить специальные экспериментальные исследования на моделях в ледовых опытовых бассейнах. Обычно такие испытания проводят в модели ледяного покрова при отрицательных температурах воздуха. Но испытания можно проводить и не в специальных ледовых бассейнах при положительных температурах воздуха. Такие испытания проведены в 2019 году в НГТУ.

2. Модель ЛПВП

Для испытаний использована модель ЛПВП, выполненная из оргстекла и дерева в масштабе 1:32,5 (масштабный коэффициент $\lambda = 32,5$).

Модель платформы на воздушной подушке имеет следующие основные характеристики:

- длина расчетная – 900 мм;
- ширина расчетная – 800 мм;
- высота корпуса – 132 мм;
- длина по воздушной подушке – 740 мм;
- ширина по воздушной подушке – 640 мм;
- высота гибкого ограждения – 175 мм;
- клиренс – 63 мм;
- форма гибкого ограждения – сегментная;
- материал гибкого ограждения – болонья;
- масса модели варьировалась от 21,0 кг до 22,85 кг;
- вентилятор – центробежный;
- электродвигатель постоянного тока Д-400П с мощностью 400 Вт.

Фото модели ЛПВП при испытаниях над твердым экраном приведено на рис. 2.



Рис. 2. Модель при испытаниях над твердым экраном

3. Модель битого льда

Испытания описанной модели проведены на чистой воде и в битом льду. Битый лед имитировали плитки и гранулы полиэтилена высокого давления. Плитки полиэтилена высокого давления представляли собой форму равнобедренного прямоугольного треугольника с катетами 100×100 мм и толщиной 20 мм (рис. 3), а шарики полиэтилена имели диаметр 20 мм (рис. 4). Плотность полиэтилена $\rho_{\text{п}} = 0,9 \text{ т/м}^3$, коэффициент трения о материал гибкого ограждения $f = 0,075$.

При приготовлении льда композитной конструкции предложены гранулы из полиэтилена высокого давления, частично вмораживаемые в лед при отрицательных температурах воздуха [11]. Плотность упаковки такого льда составляет 0,604.

Для оценки сопротивления модели испытания проводились в плитках и гранулах без их заморозки.



Рис. 3. Треугольные плитки полиэтилена 20×100×100 мм



Рис. 4. Шарики полиэтилена диаметром 20 мм

4. Ледовый опытовый бассейн

Ледовый опытовый бассейн НГТУ оборудован гравитационной буксировочной системой. Общая схема бассейна и гравитационной системы показаны на рис. 5.

Чаша бассейна, расположенная во дворе 5 корпуса НГТУ, имеет длину 15,6 м, ширину 1,6 м и глубину 0,85 м.

Бассейн оборудован гравитационной системой, натяжным и буксировочным устройствами. Датчик скорости представляет собой фоторезистор, импульсы от которого передаются на частотомер и выводятся на компьютер. Сопротивление измеряется весом падающего груза.

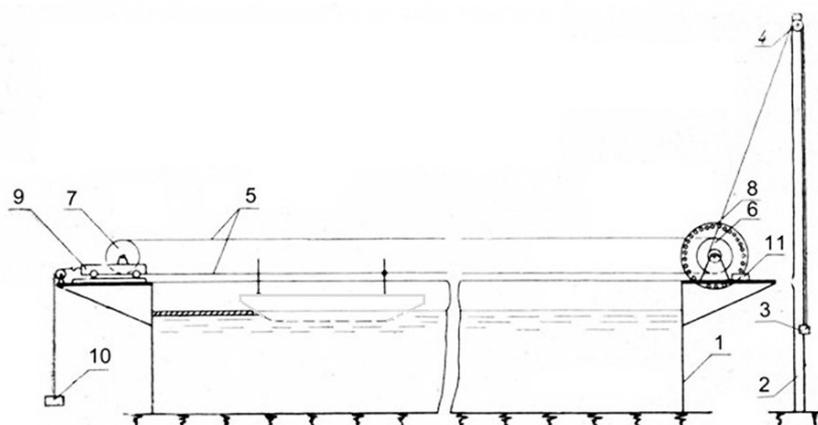


Рис. 5. Гравитационная буксировочная система: 1 – бассейн; 2 – мачта; 3 – буксировочный груз; 4 – направляющий блок; 5 – бесконечный трос; 6 – ведущий шкив; 7 – ведомый шкив; 8 – диск с отверстиями; 9 – тележка устройства натяжения; 10 – груз натяжения; 11 – датчик скорости

При испытаниях модели измерялись:

- масса модели (взвешиванием);
- давление в воздушной подушке (по расчетной диаграмме и контролю по дифференциальному манометру);
- расход воздуха (по калибровочной диаграмме);
- скорость движения модели (по частотомеру);
- сопротивление (по весу буксировочного груза).

5. Результаты испытаний

Фрагменты испытаний модели ЛПВП на чистой воде в плитках полиэтилена высокого давления толщиной 20 мм и в гранулах полиэтилена диаметром 20 мм приведены на рис. 6, 7, 8.



Рис. 6. Фрагмент испытаний модели ЛПВП на чистой воде



Рис. 7. Фрагмент испытаний модели ЛПВП в треугольных плитках полиэтилена



Рис. 8. Фрагмент испытаний модели ЛПВП в гранулах полиэтилена

Результаты испытаний модели ЛПВП представлены на рис. 9.

Сопротивление модели ЛПВП на рис. 8 приведено для следующих характеристик: водоизмещение $D_m=21$ кг; расход воздуха $Q_{вп}=0,025$ м³/с; давление воздушной подушки $P_{вп} = 430$ Па.

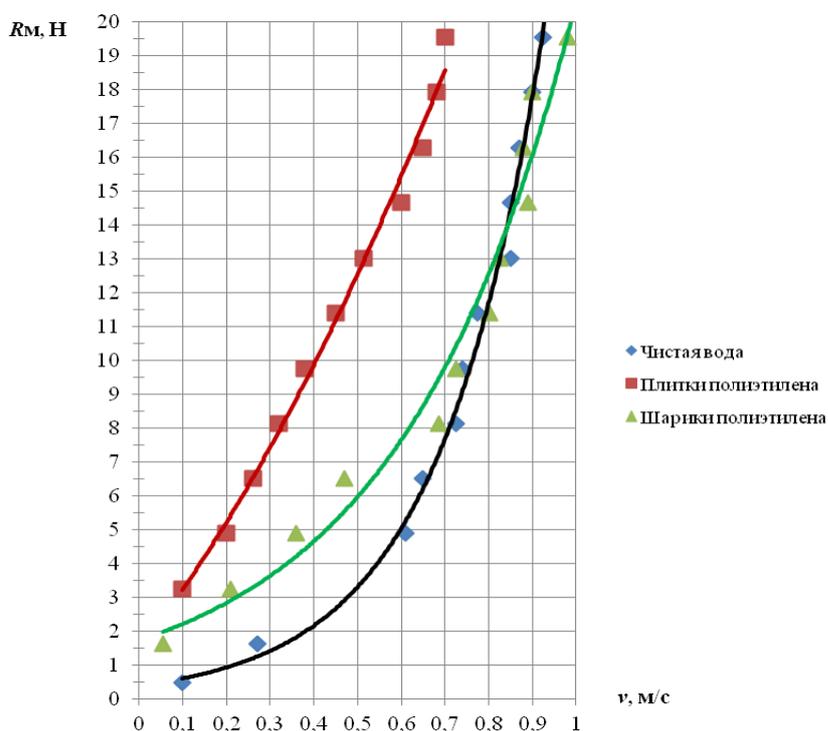


Рис. 9. Буксировочное сопротивление модели ЛПВП

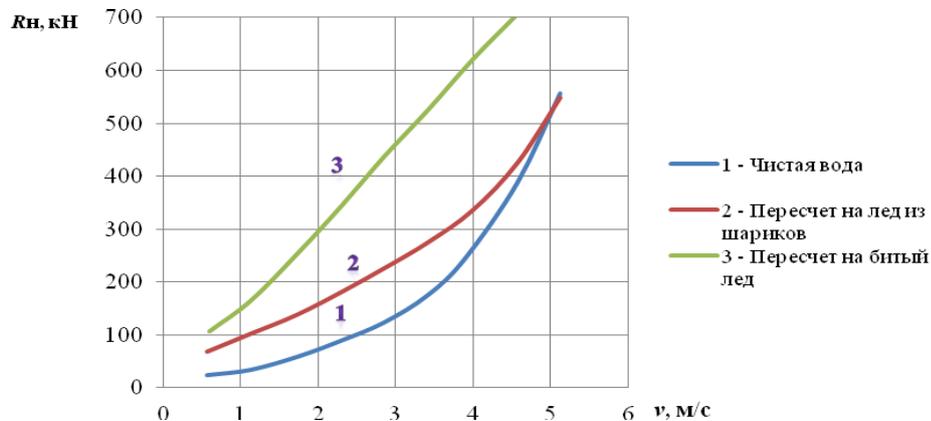


Рис. 10. Буксировочные кривые для натурной ЛПВП

6. Результаты пересчета модельных испытаний на натурное судно

Пересчет на натурное судно выполнен по приведенным зависимостям и представлен на рис. 10.

Сопротивление натурной ЛПВП на рис. 8 приведено для следующих характеристик: водоизмещение $D_n=721$ т; расход воздуха $Q_{вп}=150$ м³/с; давление воздушной подушки $P_{вп} = 13,9$ кПа; толщина битого льда $h=0,65$ м; сплоченность битого льда примерно 9 баллов. Плотность упаковки шариков составила 0,604.

Заключение

В результате испытаний получены кривые буксировочного сопротивления в воде, в битом льду для ЛПВП, спроектированной для работы в Обско-Тазовской губе.

Получено влияние модели мелкобитого льда шарообразной формы. Этот случай может соответствовать движению судна в шуге. Полученные данные представляют также интерес для разработки модели лабораторного льда композитной конструкции.

Пересечение кривых сопротивления в воде и в битом льду на скоростях при числах Фруда $Fr > 20$ связано с образованием корабельных волн. Лед на поверхности воды уменьшает их амплитуду и приводит к некоторому снижению сопротивления.

Выявлено, что неучет моделирования по Рейнольдсу вносит некоторые погрешности в пересчет результатов модельных испытаний на натурное судно. Но с учетом того, что сопротивление льда намного выше гидродинамического, это приводит к незначительной погрешности в сторону увеличения полного сопротивления.

Работа выполнена при поддержке Федерального центра фундаментальных научных исследований, № проекта 19-08-00820.

Список литературы:

- [1] Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях. – Л.: Судостроение, 1986. – 208 с.
- [2] Zuev V.A., Gramuzov E.M., Appolonov E.M. And Vaganov A.B. Physical simulation of ice cover for investigation into icebreaking ship performance // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET) – Scopus Indexed. Volume: 9, 2018. Issue: 11, Pages: 1637–1646.
- [3] Шиманский Ю.А. Теория моделирования движения судна в сплошном ледяном поле. Современные вопросы ледоколостроения / Ю.А. Шиманский. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. 89 с.
- [4] Сазонов К.Е. Методы коррекции экспериментальных данных по ледовой ходкости судна в модельных и натуральных условиях // Полярная механика, №3, 2016. С.406–416.
- [5] Беляков В.Б. Экспериментальные исследования ледопроеходимости судов в новой модели льда // Проектирование средств продления навигации: Межвуз. Сб. Горьков. Политехн. Ин-та. Горьки1, 1986. С. 79–84.
- [6] Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судна.: -СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
- [7] Enkvist E. Ice model tests as a ship design tool/ Proceeding of the IAHR Ice Symposium. 1990.Vol.1. P.15–45. Espoo, Finland.
- [8] Timco G.W. EG/AD/S/F new type of model ice for refrigerated towing tanks // Cold Regions Science and Technology, Vol. 2, 1986. P. 175–195.
- [9] Зуев В.А., Москвичева Ю.А. Прогнозирование сопротивления окружающей среды при проектировании ледокольных платформ на воздушной подушке. Судостроение №4, СПб, 2017. С. 11–13.
- [10] Демешко Г.Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке. Т.1. СПб.: Судостроение, 1992. – 329 с.
- [11] Зуев В.А., Грамузов Е.М. Новые подходы к моделированию ледовой среды при модельных испытаниях судов // Полярная механика, №3, 2016. С. 31–42.
- [12] Москвичева Ю.А. Влияние битого льда на сопротивление воды при движении судов ледового плавания // Транспортные системы. 2017. № 2 (5). С. 10–15.

MODEL TESTS OF ICEBREAKING PLATFORM ON AIR CUSHION IN BROKEN ICE

*Zuev Valeriy A., Doctor of Engineering sciences, Professor,
Head of Department «Shipbuilding and aircraft engineering»
Nizhny Novgorod State Technical University, named after R.E. Alekseyev
Kalinina Nadezhda V., Candidate of Engineering sciences, associate professor
of the department «Shipbuilding and aircraft engineering»
Nizhny Novgorod State Technical University, named after R.E. Alekseyev
Moskvicheva Yuliya A., Candidate of Engineering sciences, assistant*

of the department «Shipbuilding and aircraft engineering»
Nizhny Novgorod State Technical University, named after R.E. Alekseyev
Sebin Andrey S., assistant of the department «Shipbuilding and aircraft engineering»
Nizhny Novgorod State Technical University, named after R.E. Alekseyev
24, Minin st., Nizhny Novgorod, 603950

Keywords: icebreaking platform on air cushion, broken ice, resistance, model of icebreaking platform, modeling of ice conditions, experimental studies.

Annotation. Preliminary experimental studies of the resistance of water and broken ice during the movement of a model of icebreaking platform on air cushion in the experimental basin of the Nizhny Novgorod State University are presented in the article. A model of broken ice, modeling conditions for the interaction of a ship with broken ice and a method for converting test results of model to a full-scale ship are described. Curves of resistance to movement of a model and full-scale ship in water, in broken ice with a thickness of 0,65 m for icebreaking platform, designed to work in the Obsko-Tazovskoy Bay were received. The data of the model experiment are of interest for the development of a model ice of composite structure.

References:

- [1] Zuev V.A. Sredstva prodleniya navigacii na vnutrennih vodnyh putjah. – L.: Sudostroenie, 1986. – 208 s.
- [2] Zuev V. A., Gramuzov E.M., Appolonov E.M. And Vaganov A.B. Physical simulation of ice cover for investigation into icebreaking ship performance // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET) – Scopus Indexed. Volume: 9, 2018. Issue: 11, Pages:1637-1646.
- [3] Shimanskij Ju.A. Teoriya modelirovaniya dvizheniya sudna v sploshnom ledjanom pole. Sovremennye voprosy ledokolostroeniya / Ju.A. Shimanskij . – L.: Gidrometeoizdat, 1960. 89 s.
- [4] Sazonov K.E. Metody korrekcii jeksperimental'nyh dannyh po ledovoj hodkosti sudna v model'nyh i naturnyh usloviyah // Poljarnaja mehanika, №3, 2016. S.406-416.
- [5] Beljakov V.B. Jeksperimental'nye issledovaniya ledoprohodimosti sudov v novej modeli l'da // Proektirovanie sredstv prodleniya navigacii: Mezhvuz. Sb. Gor'kov. Politehn. In-ta. Gor'ki1, 1986. S. 79-84.
- [6] Ionov B.P., Gramuzov E.M. Ledovaja hodkost' sudna.: -SPb.: Sudostroenie, 2001. – 512 s.
- [7] Enkvist E. Ice model tests as a ship design tool/ Proceeding of the IAHR Ice Symposium. 1990.Vol.1. P.15-45. Espoo, Finland.
- [8] Timco G.W. EG/AD/S/F new type of model ice for refrigerated towing tanks // Cold Regions Science and Technology, Vol. 2, 1986. P. 175-195.
- [9] Zuev V. A., Moskvicheva Ju. A. Prognozirovanie soprotivleniya okruzhajushhej sredy pri proektirovanii ledokol'nyh platform na vozdušnoy podushke. Sudostroenie №4, SPb, 2017. S. 11 – 13.
- [10] Demeshko G.F. Proektirovanie sudov. Amfibijnye suda na vozdušnoy podushke. T.1. SPb.: Sudostroenie, 1992. – 329 s.
- [11] Zuev V.A., Gramuzov E.M. Novye podhody k modelirovaniyu ledovoj sredy pri model'nyh ispytaniyah sudov // Poljarnaja mehanika, №3, 2016. S.31-42.
- [12] Moskvicheva Ju.A. Vlijanie bitogo l'da na soprotivlenie vody pri dvizhenii sudov ledovogo plavaniya // Transportnye sistemy. 2017. № 2 (5). S. 10-15.

Статья поступила в редакцию 22.04.2019 г.

УДК 629

Зяблов Олег Константинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: zya_blov_ok@mail.ru

Кочнев Юрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: tmn_koch@mail.ru

Кочнева Ирина Борисовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: iringre@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЁТА ПО ДЕФЕКТАЦИИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОРПУСА

Ключевые слова: судоремонт, дефектация судна, расчёт общей прочности, AutoCAD, Microsoft Office

Аннотация. В статье рассматривается модель, позволяющая автоматизированную передачу информации из графических и табличных процессоров в окончательный электронный текстовый документ и выполнение расчётных процедур на основе интеграции средств Microsoft Office и разработанных авторами дополнительных модулей (надстроек) Autodesk AutoCAD. Предложены структуры таких надстроек, автоматизирующие процесс разработки ремонтной документации в области дефектации и расчёта общей прочности корпуса судна и представления отчётной документации в форме рекомендуемой классификационным обществом (Регистром), и их реализация, выполненная на языках Visual Basic for Application и Visual Lisp. Разработанные авторами блок-схемы позволяют наглядно продемонстрировать, на каких этапах возможна полная автоматизация, а где необходимо применение знаний и опыта инженера-конструктора-технолога. Разработанная модель позволяет снизить трудоемкость подготовки документации по дефектации корпуса судна.

Одним из этапов слипования и ремонта судна, выполняемого в ходе освидетельствования Российским Речным Регистром (РРР), является выполнение дефектации судна с последующим расчётом фактической общей прочности [14, 15] и анализ требуемого объема работ по смене листов наружной обшивки, внутренних бортов, второго дна, переборок, настила палубы, балок судового набора и т.д.

Перечисленные работы имеют невысокую инженерную сложность и хорошую методическую базу, но отличаются существенной трудоемкостью. Применение различных средств автоматизации [8, 9, 10, 11] на предприятии в ряде случаев проблематично из-за требования РРР об обязательном их признании. Покупка одобренного программного обеспечения (ПО) или разработка собственного с последующим освидетельствованием оправдана и экономически выгодна только относительно крупным организациям, выполняющим большой объём заказов. Для мелких предприятий, у которых проведение дефектации не поставлено на поток, то есть не является основной их коммерческой деятельностью, для снижения издержек приходится использовать «ручной» метод докомпьютерной эпохи, что, конечно, не запрещается Регистром.

На кафедре проектирования и технологии постройки судов (ПиТПС) Волжского государственного университета водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), разрабатывается автоматизированная система подготовки ремонтной документации (АПРД), в состав которой входят модули формирования растяжки наружной обшивки, отчёта по дефектации судна, расчёта общей прочности. Авторы также поставили перед собой задачу обеспечить для ПО, по возможности, отсутствие необходимости одобрения Регистра. На наш взгляд, этого возможно добиться:

- автоматизируя вычислительные процедуры, явно показывая их в отчете, что достигается применением электронных таблиц (Microsoft Excel) и языка программирования VBA в текстовом редакторе (Microsoft Word) [12];
- автоматизируя передачу полученной информации в графический редактор и обратно (Autodesk AutoCAD);
- используя средства программирования, доработку чертежей, также в автоматизированном режиме, то есть обеспечивая отслеживание четкой взаимосвязи между используемым ПО аналогично обычному «ручному» расчёту и отсутствие скрытых во внутреннем «коде» элементов, влияющих на результат вычислений.

В общем виде выполнение поставленной задачи описывается блок схемой, приведённой на рисунке 1. Каждый из приведённых семи блоков, автоматически выполняет операции аналогично тому, как это делается при «ручном» расчёте.

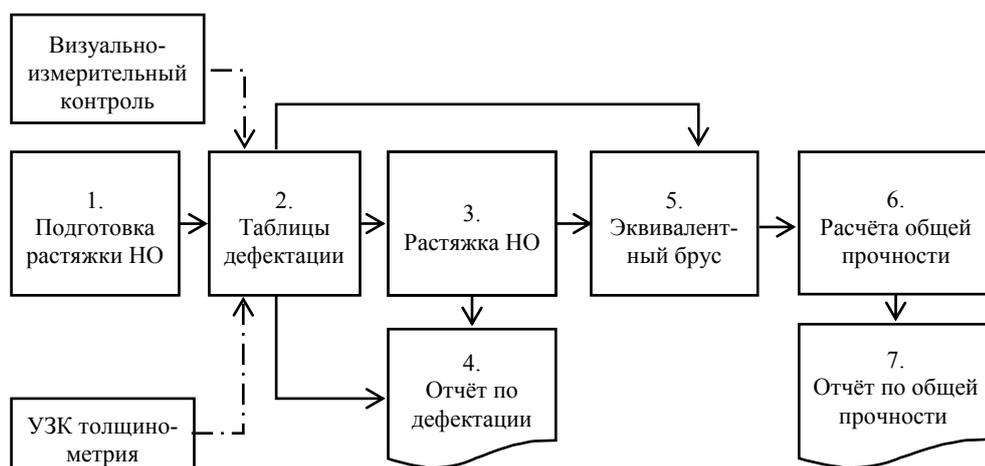


Рис. 1. Схема работ при дефектации и расчёте общей прочности судна

Блок 1 представляет собой переработку растяжки наружной обшивки, созданную на основе методов, описанных в [1] от двумерного обезличенного набора линий к некоторой графо-математической модели корпуса судна. Блок 2 на основе разработанной растяжки формирует требуемый набор таблиц для дефектации судна и позволяет их заполнить. Далее данные вновь передаются на растяжку наружной обшивки с указанием на ней всех износов и дефектов (блок 3). По данным блоков 2 и 3 формируется окончательный отчёт по дефектации (блок 4) и схема эквивалентного бруса (блок 5). В блоке 6, по результатам дефектации и рекомендуемого объёма ремонта выполняется расчёт фактической общей прочности судна, который окончательно формируется в отчёт в блоке 7. Каждый из предложенных блоков имеет собственную внутреннюю структуру и процедуры.

Этап «Подготовка растяжки наружной обшивки», реализуется в среде Autodesk AutoCAD с применением средства автоматизации AutoLisp и Visual Lisp. Его внутренняя структура приведена на рисунке 2.

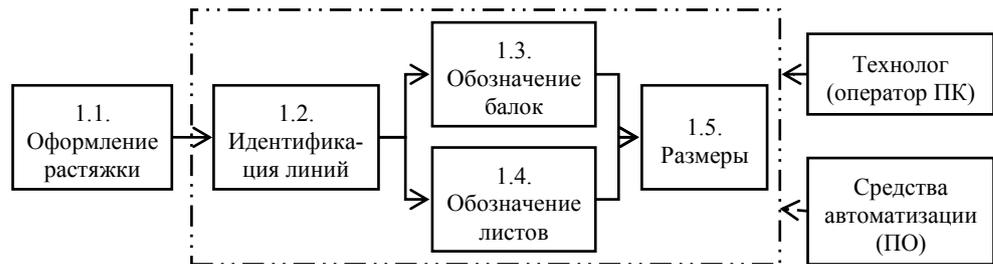


Рис. 2. Схема блока «Подготовка растяжки наружной обшивки»

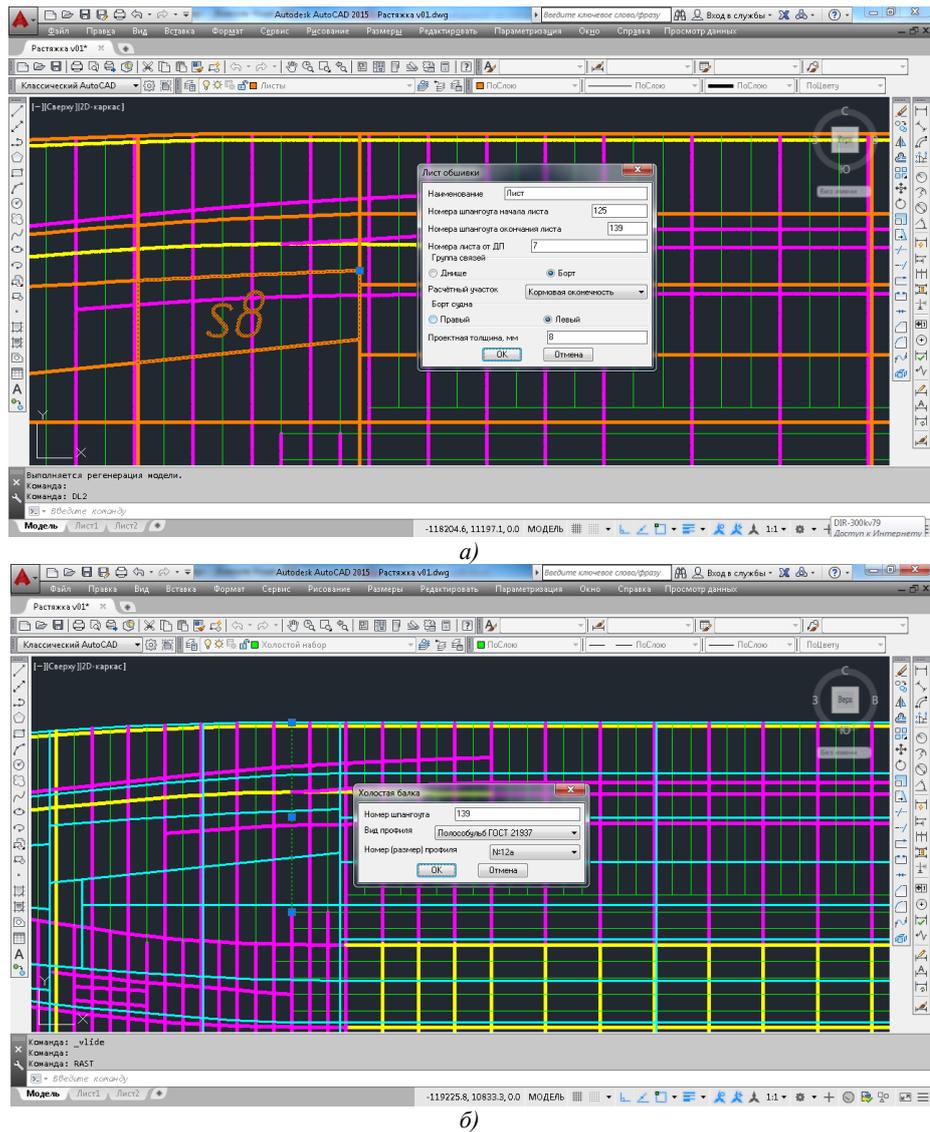


Рис. 3. Растяжка наружной обшивки: а – характеристики листа обшивки, б – характеристики холостой балки

В блоке 1.1 все линии растяжки наружной обшивки корпуса судна, настила второго дна, палуб, вторых бортов, переборок и т.д. должны быть разнесены по следующим слоям: листы обшивки, рамный набор, холостой набор, переборки (в данный слой 64

должны быть включены в том числе и линии притыкания вторых бортов), ДП, дополнительный. При этом одна балка набора (паз, стык, переборка), состоящая из прямолинейных и криволинейных элементов, должна быть представлена в виде единой полилинии, что позволит в зависимости от ориентации и расположения, в блоке 1.2 позиционировать её как конкретный элемент судовой конструкции. Блоки 1.3 и 1.4 присваивают конкретным балкам набора и листам обшивки обозначения по системе нумерации судна в виде X-записей (в виде словарей при применении технологий ActiveX), которые средствами AutoLisp (рисунок 4) добавляются или к самому чертежу, или непосредственно к каждому элементу (линии), и могут содержать численную (толщины, величины износа и т.д.) и текстовую (наименование листов, балок и т.д.) информацию [5, 6, 13].

```

di2: dialog{label="лист обшивки";
:edit_box{label="наименование";key="d_t0";value="лист";}
:edit_box{label="номера шпангоута начала листа";key="d_t1";}
:edit_box{label="номера шпангоута окончания листа";key="d_t2";}
:edit_box{label="номера листа от ДП";key="d_t3";}
:radio_row{label="группа связей";
:radio_button{label="дноще";key="d_b11";value="0";}
:radio_button{label="Борт";key="d_b12";value="1";}
}
:popup_list{label="Расчётный участок";
key="d_sp1";list="кормовая оконечность\пПереходная зона (нос)\пПереходная зона
(корма)\псредняя часть\пносвая оконечность";}
:radio_row{label="Борт судна";
:radio_button{label="правый";key="d_b1";value="0";}
:radio_button{label="левый";key="d_b2";value="1";}
}
:edit_box{label="проектная толщина, мм";key="d_t4";}
ok_cancel;
}

```

Рис. 4. Фрагмент кода в Lisp для диалогового окна

На этапе «таблицы дефектации» (рисунок 5) по адаптированным линиям растяжки наружной обшивки в MS Excel создаётся полный набор таблиц (блок 2.1) для заполнения результатов дефектации судна (блок 2.2), которые заносятся вручную (результаты визуального контроля) и импортируются из памяти используемого толщиномера, имеющего встроенное запоминающее устройство. С помощью внутреннего решателя MS Excel рассчитываются остаточные толщины листов (блок 2.3), на основе которых инженер-технолог выдает рекомендации по требуемым объемам ремонта.

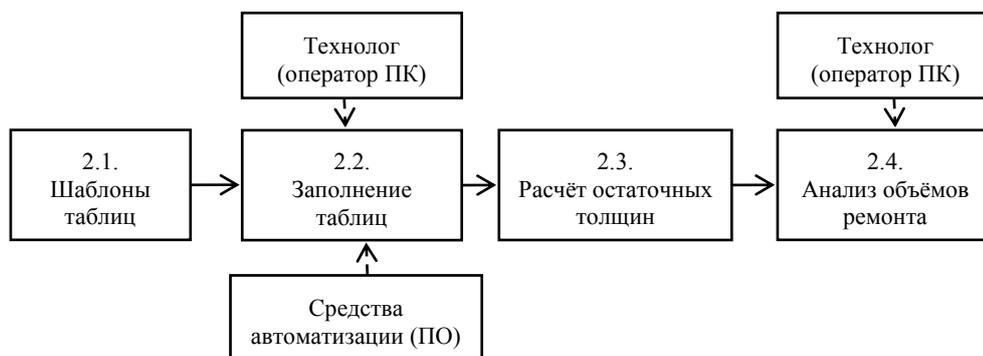


Рис. 5. Схема блока «Таблицы дефектации»

Этап 3 выполняет обратный перенос данных об остаточных толщинах и дефектах корпуса из таблиц Excel на чертёж растяжки наружной обшивки в AutoCAD [2]. Аналогичные работы проводятся по всем группам связей. На основе рассчитанных таблиц и чертежа, на этапе 4 формируется окончательный отчёт по дефектации корпуса судна.

Этап «Эквивалентный брус», схема которого приведена на рисунке 6, представляет собой переработку информации о геометрии и фактическом состоянии корпуса

судна к виду, используемому при проверке общей прочности судна. На нем, в соответствии с принятыми в строительной механике корабля правилами, выбираются опасные сечения и формируется схема эквивалентного бруса (ЭБ), с обозначением всех конструктивных элементов, участвующих в продольном изгибе: пластины, рамные и холостые балки. Их позиционирование внутри системы осуществляется, так же как и на этапе 1 в блоке 1.1, на основе размещения в различных слоях AutoCAD.

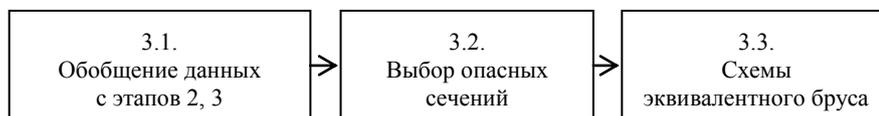


Рис. 6. Схема блока «Эквивалентный брус»

Выполнение расчётов по общей продольной прочности корпуса судна выполняется на этапе 6 (рисунок 7). Включает в себя заполнение таблиц с информацией по размерам связей, на основе разработанной схемы ЭБ. Для каждого выбранного опасного сечения этап 6 содержит расчёт, в первом приближении, при отсутствии редуцирования гибких связей, и выполнение приближений, когда связи начинают терять устойчивость.

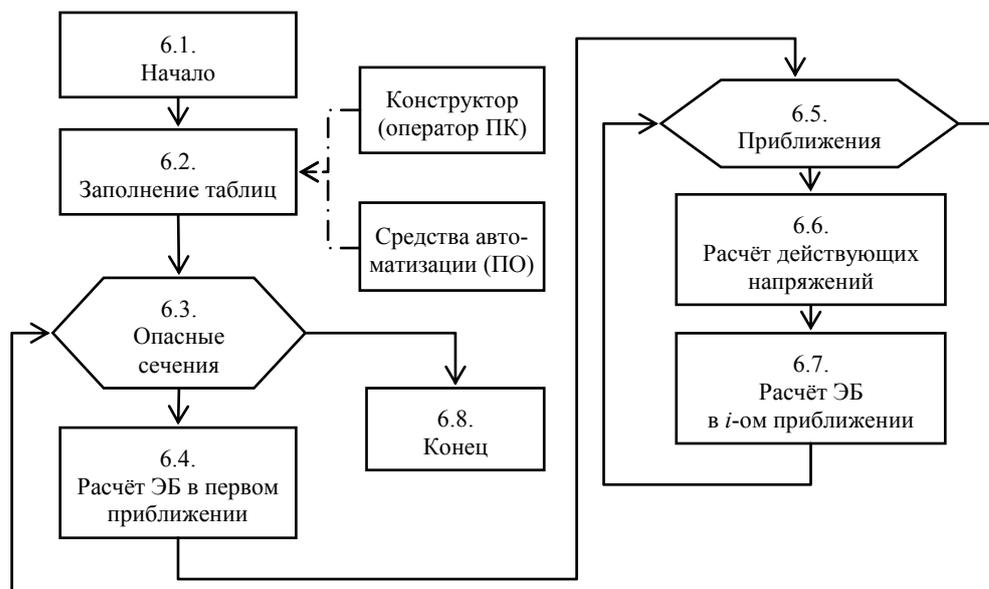


Рис. 7. Схема этапа «Расчёт общей прочности»

Следует обратить внимание на блок 6.6, в котором рассчитываются действующие напряжения в балках и листах обшивки. Данный расчёт хоть и выполняется в автоматизированном режиме, но отчёт по нему формируется таким образом, что содержит все расчётные формулы и принятые коэффициенты в соответствии с [3], как это было бы сделано в неавтоматизированном режиме. Таким образом можно отследить прямую взаимосвязь между исходными данными и конечным результатом, проверить правильность выбранных коэффициентов и расчётных методик, поэтому данный отчёт не требует предъявления Регистру документов об использовании одобренного ПО. Расчёт в блоках 6.4 и 6.7 выполняется в табличной форме по разработанным методикам [4].

Изгибающий момент может быть принят по результатам предыдущего расчёта, если не изменялась нагрузка судна, рассчитан на основе отдельно разработанного модуля, использующего графические возможности AutoCAD для построения масштаба Бонжана и таблицы MS Excel для удифферентовки судна, или, если это допускают Правила, найден по одной из приближённых методик [7].

Выполненная проверка общей прочности корпуса судна формируется, на этапе 7 в итоговый отчёт по общей прочности, который может содержать ремонтные рекомендации, дополнительные к отчёту по дефектации.

Полная схема использования средств Autodesk AutoCAD и Microsoft Office приведена на рисунке 8, она явно показывает, что для полноценного функционирования системы достаточно имеющегося на любом предприятии, программного обеспечения.

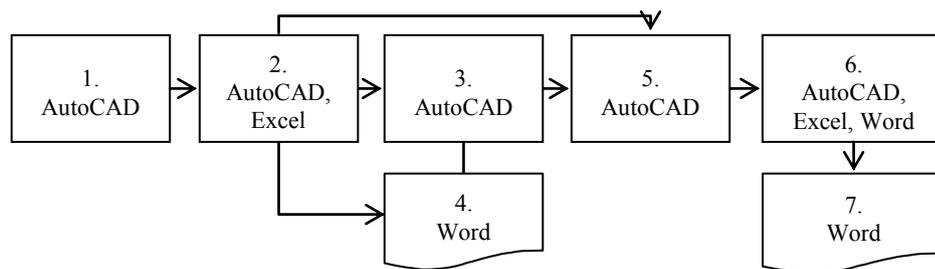


Рис. 8. Программное обеспечение, используемое на различных этапах подготовки ремонтной документации

Предлагаемая модель подготовки и оформления документации, в общем случае, универсальна и может быть использована после доработки не только для корпусной части. Она существенно сократит трудоёмкость выполнения рассматриваемых работ. К тому же система обладает достаточной гибкостью и легко может быть адаптирована под изменения требований Правил Регистра.

Применение широко используемого ПО позволяет внедрить систему на предприятии без существенных затрат как финансовых средств, так и времени на обучение персонала, что также является неоспоримым преимуществом.

Список литературы:

- [1] Зяблов О.К. Восстановление и подготовка графической документации при освидетельствовании судов / О.К. Зяблов, Ю.А. Кочнев // Труды 18-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2016». Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. Интернет журнал широкой научной тематики. Выпуск 5, 2016 г.
- [2] Зяблов О.К. Интеграция графических моделей объектов ремонта в систему автоматизированной подготовки ремонтной документации / О.К. Зяблов, Е.В. Фунтикова, Ю.А. Кочнев // Труды 16-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2014». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Том 1. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ» – 2014 – с. 297-300
- [3] Российский Речной Регистр. Правила. М., 2018 – 1885 с. URL: <https://www.rivreg.ru/assets/Uploads/rules2015/rules062018.pdf>
- [4] Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания / Давыдов В.В., Маттес Н.В., Сиверцев И.Н. изд. 2-ое, перераб. и доп. М.: Речной транспорт, 1958 – 755 с.
- [5] Полещук Н.Н. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD. / Н.Н. Полещук, П.В. Лоскутов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006 – 960с.
- [6] Rod R. Rawls, Mark A. Hagen AutoLISP programming: principles and techniques – Goodheart-Willcox Co., 1996 – 575p.

- [7] Ertekin Bayraktarkatal, Yalçın Ünsan An approximate method for the calculation of shear force and bending moment loading in tankers and bulk carriers // First international conference on marine industrial (MARIND'96)– Varna, Bulgaria, 1996 – pp 107-117
- [8] Renard P., Weiss, P. Automation of the ship condition assessment process for accidents prevention, 5th Int. Conf. Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest, 2006 – pp.403-408
- [9] S. G. Kalhatgi C. Serratella J. B. Hagan. Hull Inspection and Maintenance Systems // ABS technical papers, – 2009 pp 1-9.
- [10] Jaramillo D., Cabos C. Computer support for hull condition monitoring with PEGASUS, 5th Int. Conf. Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest/Netherlands, 2006 – pp. 228-236
- [11] Jaramillo D., Cabos C., Renard P. Efficient data management for hull condition assessment, 12th Int. Conf. on Computer Applications in Shipbuilding ICCAS, Busan/Korea, 2005
- [12] Bill Jelen, Tracy Syrstad VBA and Macros: Microsoft Excel. Indianapolis: Que Publishing, 2010 – 653 p.
- [13] Swiszcowski S. AutoLisp. – Warszawa: MIKOM, 2001 – 272 p.
- [14]. Красюк А.Б., Чистов В.Б. Методологические основы дефектации стальных корпусов судов / С.-Петербург: Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. Выпуск 3, 2013 – с. 87–93.
- [15] Чистов В.Б. Перспективы автоматизации процесса дефектации судов: сб. науч. тр. СПГУВК / В.Б. Чистов, А.Б. Гурьянов. – СПб.: САПУВК, 1999.

AUTOMATED GENERATION OF THE SHIP FAULT DETECTION REPORT BY USING THE GRAPHICAL-MATHEMATICAL MODEL OF THE HULL

Zyablov Oleg K., *Candidate of Engineering sciences, Associate Professor
of the Department of Design and Technology of Ship Construction
Volga State University of Water Transport*

Kochnev Yuri A., *Candidate of Engineering sciences, Associate Professor
of the Department of Design and Technology of Ship Construction
Volga State University of Water Transport*

Kochneva Irina B., *Candidate of Engineering sciences, Associate Professor
of the Environmental Protection and Industrial Safety
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: ship repair, ship fault detection, total strength calculation, AutoCAD, Microsoft Office

Annotation. The article considers a model allowing automated information transfer from graphics and tabular processors to the final text document and calculation procedures execution based on the integration of Microsoft Office tools and developed by the authors additional modules (add-ons) Autodesk AutoCAD. The structures of add-ons made in Visual Basic for Application and Visual Lisp languages, automating the process of repair documentation development in the field of fault detection and calculation of the overall strength of the hull, are proposed. The flowcharts developed by the authors allow to demonstrate clearly at what stages full automation is possible, and where it is necessary to apply the knowledge and experience of the design engineer-technologist. The developed model can significantly reduce the labor input cost in the preparation of the ship hull fault detection documentation.

References:

- [1] Zyablov O.K. Vosstanovlenie i podgotovka graficheskoy dokumentatsii pri osvidetel'stvovanii sudov / O.K. Zyablov, Yu.A. Kochnev // Trudy 18-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki-2016». Problemy ispol'zovaniya i innovatsionnogo razvitiya vnutrennikh

vodnykh putey v basseynakh velikikh rek. Internet zhurnal shirokoy nauchnoy tematiki. Vypusk 5, 2016 g.

[2] Zyablov O.K. Integratsiya graficheskikh modeley ob"ektov remonta v sistemu avtomatizirovannoy podgotovki remontnoy dokumentatsii / O.K. Zyablov, E.V. Funtikova, Yu.A. Kochnev // Trudy 16-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki – 2014». Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, spetsialistov i studentov «Problemy ispol'zovaniya i innovatsionnogo raz- vitiya vnutrennikh vodnykh putey v basseynakh velikikh rek». Tom 1. – N. Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGAVT» – 2014 – s. 297–300

[3] Rossiyskiy Rechnoy Registr. Pravila. M., 2018 – 1885 s. URL: <https://www.rivreg.ru/assets/Uploads/rules2015/rules062018.pdf>

[4] Uchebnyy spravochnik po prochnosti sudov vnutrennego plavaniya / Davydov V.V., Mattes N.V., Sivertsev I.N. izd. 2-oe, pererab. i dop. M.: Rechnoy transport, 1958 – 755 s.

[5] Poleshchuk N.N. AutoLISP i Visual LISP v srede AutoCAD. / N.N. Poleshchuk, P.V. Loskutov. – SPb.: BKhV-Peterburg, 2006 – 960s.

[6] Rod R. Rawls, Mark A. Hagen AutoLISP programming: principles and techniques – Goodheart-Willcox Co., 1996 – 575p.

[7] Ertekin Bayraktarkatal, Yalçın Ünsan An approximate method for the calculation of shear force and bending moment loading in tankers and bulk carriers.// Fist international conference on marine industrial (MARIND'96)– Varna, Bulgaria, 1996 – pp 107-117

[8] Renard P., Weiss, P. Automation of the ship condition assessment process for accidents prevention, 5th Int. Conf. Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest, 2006 – pp.403-408

[9] S. G. Kalghatgi C. Serratella J. B. Hagan. Hull Inspection and Maintenance Systems // ABS technical papers, – 2009 pp 1-9.

[10] Jaramillo D., Cabos C. Computer support for hull condition monitoring with PEGASUS, 5th Int. Conf. Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest/Netherlands, 2006 – pp. 228-236

[11] Jaramillo D., Cabos C., Renard P. Efficient data management for hull condition assessment, 12th Int. Conf. on Computer Applications in Shipbuilding ICCAS, Busan/Korea, 2005

[12] Bill Jelen, Tracy Syrstad VBA and Macros: Microsoft Excel. Indianapolis: Que Publishing, 2010 – 653 p.

[13] Swiszcowski S. AutoLisp. – Warszawa: MIKOM, 2001 – 272 p.

[14] Krasnyuk A.B., Chistov V.B. Metodologicheskie osnovy defektatsii stal'nykh korpusov sudov / S.-Peterburg: Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. Vypusk 3, 2013 – s. 87-93

[15] Chistov V.B. Perspektivy avtomatizatsii protsessa defektatsii sudov: sb. nauch. tr. SPGUVK / V.B. Chistov, A.B. Gur'yanov. – SPb.: SAPGUVK, 1999

Статья поступила в редакцию 28.08.2019 г.

УДК 006:629.6:629.042//047

Степанова Анастасия Алексеевна, магистрант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: destiny1995@yandex.ru

Михеева Татьяна Александровна, доцент, к.т.н., доцент кафедры
проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: MiheevaTA@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИЗОЛЯЦИОННО-ЗАЩИТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПЛАВУЧЕГО РЕСТОРАНА КЛАССА «Р»

Ключевые слова: изоляционно-защиточные материалы, безопасность, пожарная безопасность, звукоизоляция, теплоизоляция, плавучий ресторан, комфорт, отечественные компании, зарубежные компании.

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема выбора и применения изоляционно-защиточных материалов для помещений плавучего ресторана класса «Р». В связи с тем, что ресторан будет эксплуатироваться на реке Темзе, Лондон, были рассмотрены не только Российские правила по безопасности [1] и отечественные изоляционно-защиточные материалы, но и европейские [2]. На основе рассмотренных материалов были подобраны наиболее подходящие для данного судна. В современном судостроении к безопасности и комфорту судов предъявляются крайне высокие требования. Во многом параметры этих требований зависят от того, какие изоляционные материалы применяются на борту судна. Например, от качества изоляционных материалов и конструкций зависит пожарная безопасность судна. Кроме того, теплоизоляционные материалы, используемые в судостроении, должны сохранять свою эффективность в различных климатических условиях [3].

Опыт эксплуатации судов показывает, что одним из основных неблагоприятных факторов их обитаемости являются повышенные уровни шума и вибрации. Шум на судах от работы судового оборудования – это акустические колебания в широком частотном спектре, включая инфразвуковой и ультразвуковой диапазоны. Шум от источников судовых механизмов распространяется, в основном, по воздуху и в виде звуковой вибрации по корпусным конструкциям судна. В первом случае он называется воздушным, во втором структурным [4].

Воздушный шум является определяющим, в основном, для судовых помещений, где размещены его источники. В жилые и служебные помещения он может проникать через переборки, палубы, подволоки, люки, иллюминаторы, по вентиляционным каналам и др. [5].

Структурный шум распространяется от механизмов и устройств через фундаменты или всевозможные нежесткие конструкции (трубопроводы, тяги крепления и др.). При этом передача акустической энергии по корпусу судна происходит с очень малыми потерями. Возникающая звуковая вибрация этих конструкций вызывает упругие колебания воздуха, которые воспринимаются как воздушный шум. Структурная вибрация обуславливает шумность жилых и служебных судовых помещений, смежных с энергетическим отделением.

Использование на судах разнообразных механизмов и машин, увеличение их мощности и габаритов ухудшают акустическую обстановку на рабочих местах. Так

как рассматриваемое судно является несамходным (стоечным) судном, рестораном, шум от судового оборудования сведен к минимуму. Для гарантии комфорта пассажиров (клиентов) и экипажа необходима надежная звукоизоляция судовых помещений.

В процессе выбора или установки теплоизоляции судна особое внимание уделяется палубам, каютам, машинному отделению. Теплоизоляцией оснащаются вентиляционные каналы, двери и панели зашивки, алюминиевые конструкции. В качестве теплоизоляции на судах применяются неорганические материалы, обладающие низким коэффициентом теплопроводности и гарантирующие высокий уровень пожарной безопасности.

На судах изоляционно-зашивочные материалы выполняют функцию конструктивной противопожарной защиты, которая является одной из мер обеспечения противопожарной безопасности судна, включающей в себя также системы пожаротушения и пожарной сигнализации. Конструктивная противопожарная защита представляет собой комплекс пассивных средств, выполняющих три функции: предотвращение возникновения пожара; ограничение распространения огня и дыма при возникновении пожара; создание условий для безопасной эвакуации людей из судовых помещений и для успешного тушения пожара.

Изоляционные материалы во всех судовых помещениях, исключая грузовые помещения и охлаждаемые кладовые, должны быть негорючими [6]. Палубы камбузов и пекарен должны быть покрыты керамическими плитками или равноценным покрытием из негорючего материала.

Для принятия решений при выборе проводят проверку судовой изоляции на соответствие стандартам [7], [8] IMO (International Maritime Organisation) и MED (Marine Equipment Directive) [9]. Судовая изоляция должна также удовлетворять требованиям классификационных обществ, включая Российский Морской Регистр Судоходства [1].

Основные функции судовой изоляции заключаются в следующем:

- обеспечивать противопожарную защиту конструкций;
- сокращать расходы на отопление;
- обеспечивать теплоизоляцию охлаждаемых объемов;
- обеспечивать звукоизоляцию конструкций и оборудования;
- облегчать очистку открытых изолированных поверхностей с различными поверхностями.

Декоративное покрытие (зашивка) внутренних судовых помещений (переборок, подволоков) и его обрешетник должны быть целиком изготовлены из негорючих материалов.

Основными требованиями к элементам зашивки (отделки) и оборудованию судовых помещений являются:

- негорючесть применяемых материалов, значительная часть которых являются неметаллическими;
- эксплуатационная надёжность в течение срока службы судна;
- экологическая безопасность;
- высокая межпроектная унификация элементов (из-за этого в последние годы в мировом судостроении применяются модульные методы отделки и оборудования судовых обитаемых помещений);
- высокая технологичность элементов отделки и оборудования в процессах их изготовления и последующего монтажа в судовых помещениях различных типов.

В настоящее время в качестве изоляционно-зашивочных применяют как отечественные, так и зарубежные материалы. Рассмотрим наиболее используемые материалы на сегодняшний день и проведем их сравнительную оценку.

Наиболее популярные на сегодняшний день компании, предлагающие изоляционно-зашивочные материалы, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Компании, предлагающие изоляционно-зашивочные материалы

Изоляционные материалы	
Отечественные	Зарубежные
TIZOL-FLOT [13]	Paroc – Финляндия [4]
Isotec	Rockwool – Дания [10]
Mustovo [15]	Евротерм – Финляндия
Зашивочные материалы	
Отечественные	Зарубежные
«МАКСИПЛАСТ-ПМ»	Rockwool – Дания

У данных компаний есть сертификаты типового одобрения РМРС, кодекса IMO и соответствуют кодексу ПИО [10].

Сравнительная характеристика каждой марки отечественного и зарубежного производства в зависимости от предложений компаний данной марки, характерных преимуществ, класса огнестойкости, стоимости и отличительных характеристик материала представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики изоляционно-зашивочных материалов

Марка	Предложение	Название материала (тип)	Толщина материала, мм	Плотность материала, кг/м ³	Класс огнестойкости	Цена руб/м ³	Примечания	Преимущества
Изоляционные материалы								
TIZOL-FLOT [13]	На выбор две конструкции переборок и стальные палубы.	Теплоизоляционные плиты TIZOL-FLOT Fire (переборка)	50	100	A-60	8573	Размеры 500×1000 мм. Изделия, применяемые в качестве огнезащитных, выдерживают разовые максимальные температуры углеводородных пожаров до 1250 °С. При погрузке, разгрузке, транспортировании и хранении плит должны быть приняты меры, обеспечивающие предохранение их от увлажнения и механических повреждений.	TIZOL-FLOT Fire относится к группе негорючих материалов, согласно Части 1 Приложения 1 Международного кодекса по применению процедур испытаний на огнестойкость (Резолюция IMO MSC.61(67)). Гарантийный срок хранения плит – 12 месяцев. Гарантийный срок эксплуатации более 50 лет.
		Теплоизоляционные плиты TIZOL-FLOT Fire (переборка)	40	100	A-60	8375		
		Тепловая изоляция TIZOL-FLOT Fire (палуба)	50	50	A-30	3406		
		Тепловая изоляция TIZOL-FLOT Fire (палуба)	50	100	A-60	8573		
Mustovo [15]	Применение пенополиуретана. Система используется для получения	Компонент А марки Изолан А 110/2 С-М. Смесь полиэфиров и специальных добавок.	-	40	-	За 0,05 м – 1700 руб/м ²	Температура эксплуатации от -50 до +100 °С. Содержание закрытых ячеек % - 90	Способ нанесения теплоизоляции методом напыления пенополиуретана имеет значительные преимущества

Марка	Предложение	Название материала (тип)	Толщина материала, мм	Плотность материала, кг/м ³	Класс огнестойкости	Цена руб/м ³	Примечания	Преимущества
	теплоизоляционных пенополиуретановых покрытий методом напыления, предназначенным для теплоизоляции судовых конструкций.	Компонент Б: Полимерный дифенилметандиизоцианат.	-	40	-		Коэффициент теплопроводности Вт/м*К - 0,022 Прочность при сжатии (10%) кПа – 200 Судовая теплоизоляция Mustovo выгодно отличается от аналогов меньшим весом (40 кг/м.куб), долговечностью и быстрым временем старта (8 сек).	перед изоляцией из плит минеральной ваты. Теплоизоляция проводится методом напыления, что позволяет избежать зазоров и технологических швов. Пенополиуретан в процессе нанесения заполняет все пустоты. Толщина наносимого слоя контролируется мастером. Благодаря высокой технологичности работ, скорость нанесения составляет до 600 м.кв. за одну смену
Isotec	Противопожарная изоляция и специализированная теплоизоляция для палуб, дверей и т.д. (маты).	Прошивной мат (фольгированный) U Marine Wired Mat 66 Alu1	30-100	66	КМ0/КМ1	6600	Материалы Изотек из минеральной ваты отличаются высокими звуко- и теплоизолирующими характеристиками и могут применяться в качестве огнезащиты. Кроме того, еще одной положительной чертой этих материалов является простота в монтаже	Прекрасные теплоизоляционные характеристики; высокие характеристики по звукоизоляции; экологически чистые материалы; малый удельный вес; экономия при транспортировке, в связи с тем, что при упаковке на заводе в пачки, достигается высокая степень сжатия материала. Отличные характеристики по паре цена-качество
		U MPA/A Плита (+двустороннее покрытие из фольги)	30-100	24; 36; 48; 66	КМ0/КМ1	3300-6600		
		U MPV Плита (+ покрытие из стеклохолста)	30-100	24; 36; 48; 66	КМ0/КМ1	3300-6600		
Paroc [4]	Применение плит и матов с различной плотностью с дополнительным	PAROC Wired Mat	50-100	28	КМ0/КМ1	1985-3000	Негорючий прошивной мат и плита на основе каменной ваты. Применяется для тепло-, звукоизоляции, огнезащиты плоских,	Мат имеет одностороннюю обкладку из неармированной алюминиевой фольги, служащей для снижения тепловых потоков из-
		PAROC Fire slab 60	30-100	60	КМ0/КМ1	2750-5200		
		PAROC Fire slab VL (+ALU)	20-120	100	КМ0/КМ1	3000-8000		

Марка	Предложения	Название материала (тип)	Толщина материала, мм	Плотность материала, кг/м ³	Класс огнестойкости	Цена руб/м ³	Примечания	Преимущества
	защитным покрытием и без.	PAROC Wired Mat 100	30-120	100	КМ0/КМ1	3000-8000	цилиндрических и фасонный поверхностей инженерного и промышленного оборудования.	лучением и стальной оцинкованной сетки, существенно облегчающей монтаж. Изоляция не дает усадку и не теряет своих свойств в процессе эксплуатации.
Rockwool [10]	Применение плит и матов с различной плотностью с дополнительным защитным покрытием и без.	Marine Wired Mat 80/90/105 Гибкий мат, покрытый стеклотканью и проволоочной сеткой с внешней стороны.	30-90	100	КМ0/КМ1	3000-7600	Для изоляционных материалов, используемых в области судостроения и изоляции нефтедобывающих платформ, существуют жесткие требования. Изоляция Rockwool Marine & Offshore производится из каменной ваты, которая обладает превосходными свойствами в этих различных областях.	Для обеспечения безопасности и, одновременно с этим, функциональности, особенно высокое значение приобретает наличие у продукции хороших показателей в отношении огнезащитной эффективности, водоотталкивающих свойств и звукоизоляционных характеристик.
		Marine Batts 32 Полужесткая плита для изоляции, обеспечивающий комфорт.	50,75, 100	100	КМ0/КМ1	4000-8000		
		Marine Slab 200 Прочные и жесткие плиты для, например, плавящихся палуб или для раскройки на ламели и используется для производства сэндвич-панелей.	30,50, 60	100	КМ0/КМ1	4100-8000		
Защиточные материалы								
Rockwool	Потолочные панели (минеральная вата) и алюминиевые сотовые потолочные панели	ASCP - T30A/D ASCP - T25A/D (минеральные)	30 25	150	B-15/ B-0		Коэффициент шумоподавления 30-31 Дб; Коэффициент теплового пропускания 1.10 - 1.14 ккал/м ² -ч °С	Хорошие показатели огнезащитной эффективности, водоотталкивающих свойств и звукоизоляционных характеристик.
		ASCP(AH) - T30A/D ASCP(AH) - T25A/D (алюминиевые)	30 25	-	B-0			

Марка	Предложение	Название материала (тип)	Толщина материала, мм	Плотность материала, кг/м ³	Класс огнестойкости	Цена руб/м ³	Примечания	Преимущества
«МАКСИПЛАСТ-ПМ»	Изготовление переборок, выгородок, зашивки и отделки судовых помещений.	Наружные слои – декоративный бумажно-слоистый пластик. Средний слой – негорючие вермикулито-силикатные плиты.	25-30	640	В-15/ В-0		Плотность при сжатии, не менее – 4,0 МПа. Плотность при изгибе, не менее – 20,0 МПа. Адгезионная прочность: (при отрыве, не менее – 0,5 МПа; при сдвиге, не менее – 0,5 МПа).	Освоен серийный выпуск – объем выпуска, не менее 10000 м ² в год. Прекрасные характеристики по звукоизоляции и водоотталкивающим свойствам.

В результате сравнения можно заключить, что отечественные марки не уступают европейским маркам. В настоящее время появляются новые способы производства изоляции, например, такая марка, как «**Mustovo**», предлагает нанесение теплоизоляции методом напыления пенополиуретана, который также активно применяется в зарубежном судостроении и судоремонте.

Из зарубежных – наиболее используемые марки – «**Paroc**» и «**Rockwool**». «Rockwool» сертифицирован в соответствии с последней директивой MED. Благодаря своим уникальным свойствам и специально разработанным продуктам, изоляция может использоваться повсюду. Это относится, например, к конструкциям переборок и палуб, машинным отделениям, трубопроводам и воздуховодам, дверям и панелям, плавающим полам и подводным трубопроводам. Данные марки обладают высоким классом пожаростойкости.

Для изоляции и отделки судовых помещений, в зависимости от их назначения, применяются следующие изоляционно-зашивочные материалы, классификация которых представлена в табл. 3.

Подводя итог, следует сказать, что большое разнообразие изоляционных видов покрытий позволяет подобрать наиболее подходящий тип изоляции для каждой конструкции судна.

Важным свойством изоляционных матов и плит является их полная невосприимчивость к огню. Применяемый в них наполнитель не воспламеняется, не горит, не подвержен гниению, и, при создании хорошей гидро- и пароизолирующей прослойки, прослужит долгие годы. Плиты являются экологически чистыми, не несут угрозы здоровью, жизни человека, а также не влияют негативно на окружающую среду. Их можно оштукатуривать, проводить другую облицовку или покраску.

Панели в отделке кают и коридоров имеют множество преимуществ: во-первых, сухой монтаж, во-вторых, система крепления позволяет оперативно, без каких-либо усилий, заменить поврежденную панель на новую, в-третьих, антивандальное покрытие защищает от механических повреждений, в-четвертых, загрязнения, возникающие при масштабных банкетах, легко удаляются влажной уборкой.

На судне-ресторане предусмотрена тепловая изоляция, исходя из условий нормальной обитаемости при температуре наружного воздуха от 0 °С до плюс 25 °С, что предохраняет помещения от отпотевания.

Тепловая изоляция в жилых, общественных и хозяйственных помещениях выполняется теплоизоляционными матами марки «Rockwool», покрытыми стеклотканью и проволочной сеткой с внешней стороны толщиной 60 мм (в два слоя). Маты крепятся к металлическим поверхностям с помощью клея, шпаклевок и шайб. В ячейки металлического обрешетника коридоров маты ставятся с уплотнением в 1,5 раза.

Классификация изоляционно-зашивочных материалов

Назначение	Марки и тип	Горючесть	Теплопроводность	Водопоглощение	Токсичность	Разновидность сырья	Паропроницаемость
Изоляция							
Конструкция переборок	TIZOL-FLOT тепло-изоляционные плиты	Негорючие	0,035/0,038	1,0	нет	Расплав горных пород	0,32
	Mustovo - Изолан	Горючие при температуре выше 1000С	0,022	1,0	нет	Пенополиуретан	-
	Isotec – плиты	Негорючие	0,038/0,046	0,4/0,5	нет	Минеральная вата	0,30
	Paroc – маты и плиты	Негорючие	0,033/0,048	0,6	нет	Каменная вата	0,32
	Rockwool – плиты	Негорючие	0,034/0,060	1,0	нет	Каменная вата	0,32
Палуба	TIZOL-FLOT - маты	Негорючие	0,038/0,040	1,0	нет	Расплав горных пород	0,32
	Mustovo - Изолан	Горючие при температуре выше 1000С	0,022	1,0	-	Пенополиуретан	-
	Isotec – маты	Негорючие	0,036/0,038	0,6	нет	Минеральная вата	0,32
	Paroc – маты и плиты	Негорючие	0,035/0,06	0,6	нет	Каменная вата	0,32
	Rockwool – плиты и маты	Негорючие	0,035/0,06	1,0	нет	Каменная вата	0,32
Пол	TIZOL-FLOT – плиты и маты	Негорючие	0,037/0,040	1,0	нет	Расплав горных пород	0,32
	Mustovo - Изолан	Горючие при температуре выше 1000С	0,022	1,0	-	Пенополиуретан	-
	Isotec – плиты и маты	Негорючие	0,037/0,046	0,5/0,6	нет	Минеральная вата	0,30
	Paroc – маты и плиты	Негорючие	0,035/0,045	0,6	нет	Каменная вата	0,32
	Rockwool – плиты и маты	Негорючие	0,038/0,060	1,0	нет	Каменная вата	0,32
Зашивка							
Поголок и стены	Rockwool - панели	Негорючие	0,055	1,0	нет	Минеральная вата и алюминий сотовый	-
	«МАКСИПЛАСТ-ПМ» - панели	Горючие при температуре выше 1000С	0,023	1,0	нет	Декоративный бумажно-слоистый пластик. Средний слой – негорючие вермикулито-силикатные плиты	-

Звукопоглощающая изоляция устанавливается в машинном отделении (МО) и в техническом отсеке. С этой целью используются маты из звукопоглощающего материала марки «Rockwool» толщиной 50 мм, а в МО – маты из негорючего материала, обернутого в негорючую конструкционную ткань (в качестве гидрозащиты) с последующей отделкой листами нержавеющей стали с перфорацией.

В целях исключения повреждений, применяемая изоляция имеет гидрозащитное покрытие фольгой. Прочные и жесткие, звукопоглощающие плиты марки «Rockwool» устанавливаются в щитах настила пола помещений. Отделка стен, салонов и коридоров выполняется алюминиевыми сотовыми панелями со шпоном ценных пород дерева в различных цветовых решениях. Отделка помещений камбуза выполняется листами нержавеющей стали, которые монтируются на металлический каркас.

В санитарно-гигиенических помещениях стены отделаны ламинированными легко моющимися панелями «Максипласт-ПМ» светлых тонов.

Во всех общественных помещениях подволоки выполняются подвесными, из негорючих минеральных плит марки «Isotec» ячейкой 600×600 мм на металлическом каркасе (согласно дизайн проекта), а в камбузе – из полированных панелей марки «Rockwool». В общественных санблоках подволоки выполняются из матированных панелей (для отражения бликов).

При обосновании выбора изоляционно-зашивочных материалов были учтены стандарты ИМО (International Maritime Organisation), MED (Marine Equipment Directive) и требования классификационных зарубежных обществ, включая Российский Морской Регистр Судоходства.

Список литературы:

- [1] Правила РМРС - Санкт-Петербург, 2019. – 5000 с.
- [2] Lloyd's Register Group Limited. <https://www.lr.org/en/>
- [3] Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость (Резолюция MSC.61(67) ИМО) - Санкт – Петербург; ФГУП «ЦНИИТС», 2005 – 92 с.; ISBN: 5-8072-0024-1.
- [4] Современные изоляционные материалы. Комплексные энергоэффективные решения. <http://www.euroterm.ru/index.php/construction/sudostroenie>
- [5] Шум на судах морского и речного флота. <https://ugtt.ru/spec-ocenka-2/shum-na-sudah/>
- [6] Ship insulation Paroc. <https://www.paroc.ru/resheniya-paroc/marine-and-offshore>
- [7] Изоляция для судостроения. http://professorltd.com/katalog/tehnicheskaya_teplo_zvukoizolyatsiya/izolyatsiya_dlya_sudostroeniya
- [8] Type approval according to marine equipment directive fire safety - standard for certification № 2.9., DNV. – 2013.
- [9] Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 года (кодекс ПИО 2010). International code for application of fire test procedures, 2010 (2010 FTP code). IMO resolution MSC.307(88)). – Санкт – Петербург, «ЦНИИМФ», 2011 – 560 с.
- [10] Rockwool. <https://www.rockwool.ru/>
- [11] SOLAS-74 - International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974
- [12] ISM CODE - International Safety Management Code
- [13] TIZOL-FLOT. <http://тизол-флот.рф/catalog/>
- [14] Боголепов И.И., Авференок Э.И. Звукоизоляция на судах. – Санкт – Петербург; «Судостроение», 1970 – 192 с.
- [15] Mustovo. <http://www.mustovo.ru/>

THE RATIONALE OF INSULATION-SEWING MATERIALS SELECTION WITH REFERENCE TO THE GRADE «R» FLOATING RESTAURANT SPACES

*Stepanova Anastasia A., undergraduate student of
Volga State University of Water Transport*

Mikheeva Tatyana A., Associate Professor, Candidate of Engineering sciences,

*Associate Professor of the Department of Design and Technology of Building Vessels
Volga State University of Water Transport
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Volga State University of Water Transport»
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Key words: *insulation-sewing materials, safety, fire safety, sound insulation, heat insulation, floating restaurant, comfort, domestic companies, foreign companies.*

Annotation. This article deals with the problem of choosing and applying insulation-sewing materials for the grade «R» floating restaurant spaces. Due to the fact that the restaurant will be operated on the river Thames, London, not only Russian safety rules [1] and insulation-sewing materials, but also European ones [2] were considered. On the basis of the considered materials the most suitable for this ship were selected. In modern shipbuilding extremely high requirements are put to ships' safety and comfort. In many ways, these requirements parameters depend on the insulation materials used on board a ship. For example, the fire safety of a ship depends on insulation materials quality and structures. In addition, heat insulation materials used in shipbuilding should maintain their efficiency in different climatic conditions [3].

Reference

- [1] Pravila RMRS - Sankt-Peterburg, 2019. – 5000 s.
- [2] Lloyd's Register Group Limited. <https://www.lr.org/en/>
- [3] Mezhdunarodnyj kodeks po primeneniju protsedur ispytaniya na ognestojkost' (Rezoljutsija MSC.61(67) IMO) - Sankt – Peterburg; FGUP «TsNIITS», 2005 – 92 s.; ISBN: 5-8072-0024-1.
- [4] Sovremennye izoljatsionnye materialy. Kompleksnye `energo`effektivnye re-sheniya. <http://www.euroterm.ru/index.php/construction/sudostroenie>
- [5] Shum na sudah morskogo i rechnogo flota. <https://ugtt.ru/spec-ocenka-2/shum-na-sudah/>
- [6] Ship insulation Paroc. <https://www.paroc.ru/resheniya-paroc/marine-and-offshore>
- [7] Izoljatsija dlja sudostroenija. http://professorltd.com/katalog/tehnicheskaya_teplo_zvukoizolyatsiya/izolyatsiya_dlya_sudostroenija
- [8] Type approval according to marine equipment directive fire safety - standard for certification № 2.9., DNV. – 2013.
- [9] Mezhdunarodnyj kodeks po primeneniju protsedur ispytaniya na ognestojkost' 2010 goda (kodeks PIO 2010). International code for application of fire test procedures, 2010 (2010 FTP code). IMO resolution MSC.307(88). – Sankt – Peterburg, «TsNIIMF», 2011 – 560 s.
- [10] Rockwool. <https://www.rockwool.ru/>
- [11] SOLAS-74 - International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974
- [12] ISM CODE - International Safety Management Code
- [13] TIZOL-FLOT. <http://tizol-flot.rf/catalog/>
- [14] Bogolepov I.I., Avferonok `E.I. Zvukoizoljatsija na sudah. – Sankt – Peterburg; «Sudostroenie», 1970 – 192 s.
- [15] Mustovo. <http://www.mustovo.ru/>

Статья поступила в редакцию 26.04.2019 г.

УДК 502.7: 556.18

Чебан Егор Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
e-mail: egor.cheban.2@gmail.com

Мартемьянова Ольга Вадимовна, аспирант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
e-mail: dovnn@yandex.ru

Гачев Сергей Владимирович, магистрант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
e-mail: ser_gach@mail.ru

Мухина Алина Андреевна, магистрант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
e-mail: alinatmuhina@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ КАТЕРА ТИПА «RIB» НА ЕГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, CFD, RIB, глиссирование, скоростное судно, дельфинирование, буксировочные испытания, NUMECA FINE/Marine™

Аннотация. Катера типа «RIB» в силу многих преимуществ, являются достаточно популярным видом маломерных судов у потребителей. Проектирование таких катеров требует учета совокупности сложных гидродинамических процессов, возникающих из-за особенностей обтекания корпуса, которые имеют сложную форму. Однако существующие методы проектирования глиссирующих судов не позволяют в полной мере учесть одновременное влияние продольных, поперечных реданов и цилиндрических поплавков на их гидродинамические характеристики. В представленной работе выполнена оценка гидродинамических характеристик катера типа «RIB» с помощью методов вычислительной гидродинамики программного комплекса NUMECA/FineMarine™. По результатам анализа полученных в ходе численного моделирования полей скоростей и давлений, как на поверхности корпуса катера, так и в потоке жидкости, были предложены изменения в конструкцию катера, позволяющие снизить его сопротивление и уменьшить «дельфинирование».

Введение

Одним из популярных типов маломерных судов является «RIB» – Rigid Inflatable Boat, или «жесткая надувная лодка», которые отличаются от обычных надувных лодок из ПВХ наличием жесткого алюминиевого или пластикового дна. К преимуществам такого типа маломерных судов следует отнести большие, чем у лодок из ПВХ грузоподъемность, надежность и износостойкость, обеспеченные конструкцией корпуса и прочностью материалов, из которых изготовлены борта и днище. Надувные борта повышают непотопляемость и остойчивость лодки, а также позволяют смягчить удары волн. По сравнению с лодками из ПВХ, суда данного типа из-за жесткого килевого днища, позволяют достигать больших скоростей в режиме глиссирования.

Движение глиссирующего судна по поверхности воды представляет собой совокупность множества гидродинамических явлений: перераспределение давлений по поверхности корпуса, брызгообразование и т.д., которые с учетом разнообразия форм

корпусов таких судов (продольные и поперечные реданы, килеватость и т.д.), делают разработку точной теории глиссирования сложной задачей.

Изначально исследования гидродинамики глиссирующих поверхностей были направлены на разработку гидросамолетов и, в меньшей степени, на улучшение характеристик глиссирующих маломерных судов. Развитие скоростного гражданского флота позволило направить исследования на оптимизацию форм корпусов глиссирующих катеров и судов на подводных крыльях.

Исследованию призматических глиссирующих поверхностей были посвящены работы Baker [1] в 1910, первые комплексные экспериментальные исследования были выполнены Зотторфом [2]. В последующих работах Shoemaker [3], Sambraus [4], Седова [5] и Locke [6] приведен большой объем экспериментальных данных, описывающих гидродинамические характеристики (ГДХ) призматической глиссирующей пластины с постоянной килеватостью при фиксированных дифференте, смоченной длине и скорости [22]. Позднее были выполнены теоретические исследования и анализ экспериментальных данных явления глиссирования, в результате которых были получены закономерности, которые описывали всплытие глиссирующей поверхности, сопротивление, смоченную поверхность, распределение давления, воздействующие силы, форму кильватерного следа, формирование брызг, динамическую остойчивость, в том числе и для параллельно глиссирующих пластин [22].

В 1949 Корвин-Кроковский и Савитский [7] опубликовали исследование глиссирования, посвященное определению сопротивления и подъемной силы глиссирующей поверхности. На основе этих результатов Мюррэй [8] разработал расчетную процедуру, позволяющую оценить эффективность глиссирования. Савитски и Нейдингером [9] в 1954 году был разработан набор эмпирических уравнений для расчета параметров глиссирования. Исследованию обтекания реданных корпусов посвящены работы Е. Клемента [10]. Вопросами гидродинамики глиссирующих судов занимались такие ученые как С.А. Чаплыгин, Г.Е. Павленко, Н.А. Соколов, Н.С. Володин, А.М. Ваганов, К.П. Харитонов, Я.И. Войткунский, в работах которых разработаны основы современной теории глиссирования, методы расчета сопротивления и ГДХ глиссирующих судов [22].

Анализ литературы показывает, что такие особенности конструкции корпуса катера типа «RIB» как цилиндрические надувные борта, совмещенные с жестким днищем, оснащенным продольными реданами, могут оказывать существенное влияние на ГДХ катера. Учет подобных особенностей при проектировании судов такого типа возможен лишь на основании модельных или натурных испытаний, а также численного моделирования.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния формы корпуса катера типа «RIB» на его ГДХ численными методами и разработка на их основе основных проектно-технических решений по созданию скоростного глиссирующего катера.

1. Исследование гидродинамических характеристики катера с помощью программного комплекса NUMECA/FineMarine™

Использование коммерческих расчетных комплексов вычислительной гидродинамики (CFD) для определения ГДХ судов в ходе их проектирования является в настоящее время общеупотребительным, что обусловлено достаточно высоким качеством определения ГДХ. Для исследования ГДХ корпуса катера типа «RIB» использовался программный комплекс NUMECA/FineMarine™, основанный на подходе RANS, и предназначенный для решения специализированных задач корабельной гидродинамики, включая определение сопротивления движению судна, расчет маневренных качеств, моделирование кавитации и работы движителей [11–18, 22].

Выполненные ранее в программном комплексе NUMECA/FineMarine™ исследования буксировочного сопротивления судов в условиях ходовых испытаний, а также сравнение с результатами натурных испытаний моделей глиссирующих судов, показали хорошее соответствие численных и экспериментальных результатов [13–18, 21].

Численное моделирование ГДХ судов с использованием программного комплекса NUMECA/FineMarine™ включает следующие этапы:

1. Разработка и импорт твердотельной геометрии, построение расчетного домена;
2. Построение расчетной сетки;
2. Задание начальных и граничных условий, динамических параметров судна;
3. Визуализация и анализ результатов.

Для определения ГДХ и возможности возникновения «дельфинирования» на высоких скоростях корпуса катера типа «RIB» на первом этапе было выполнено численное моделирование исходной геометрии корпуса катера. Для упрощения расчета гибкое надувное ограждение было представлено жесткой конструкцией. Геометрия корпуса показана на рис. 1.

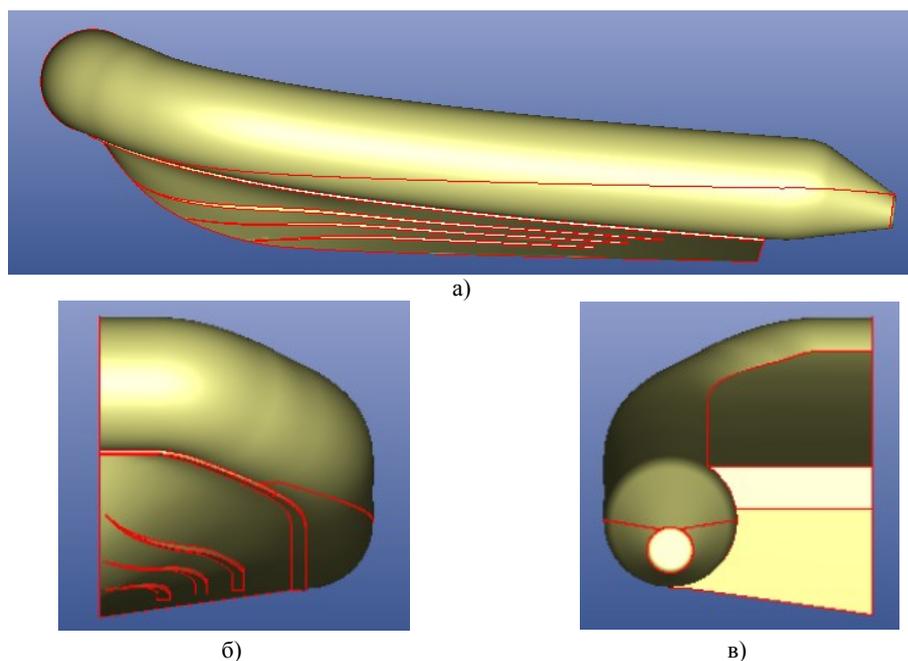


Рис. 1. Исходная геометрия «катер 1». а) вид сбоку, б) вид с носа, в) вид с кормы

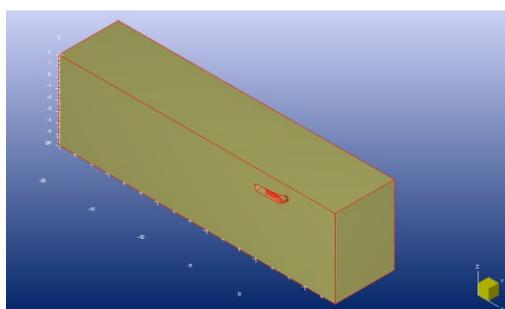


Рис. 2. Расчетный домен

Исходная геометрия импортировалась в модуль HEXPRESS™ для создания расчетной области (домена) и построения сетки. Размеры домена выбирались на основании рекомендаций [10,11] исходя из размеров катера ($L=3,9$ м, $B=1,9$, угол килеватости $13,4^\circ$) для случая глиссирования, т.е. размер расчетной области был увеличен в кормовую часть на три длины корпуса катера. Это позволяет более детально рассчи-

тать волновую систему и поле скоростей в кильватерной струе при движении катера [11,12]. Общий вид расчетной области показан на рис. 2.

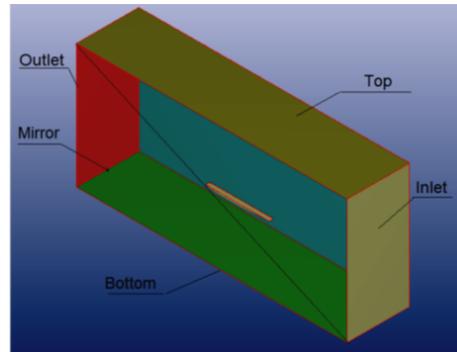


Рис. 3. Схема расчетного домена и расположение граничных условий

Использовалась неструктурированная расчетная сетка с начальным размером ($x=14$, $y=4$, $z=6$ ячеек), плотность которой была повышена на транцах, продольных реданах, глиссирующих поверхностях (днище, продольные реданы, нижняя часть поплавков), на свободной поверхности и в зоне кильватерного следа (рис. 4).

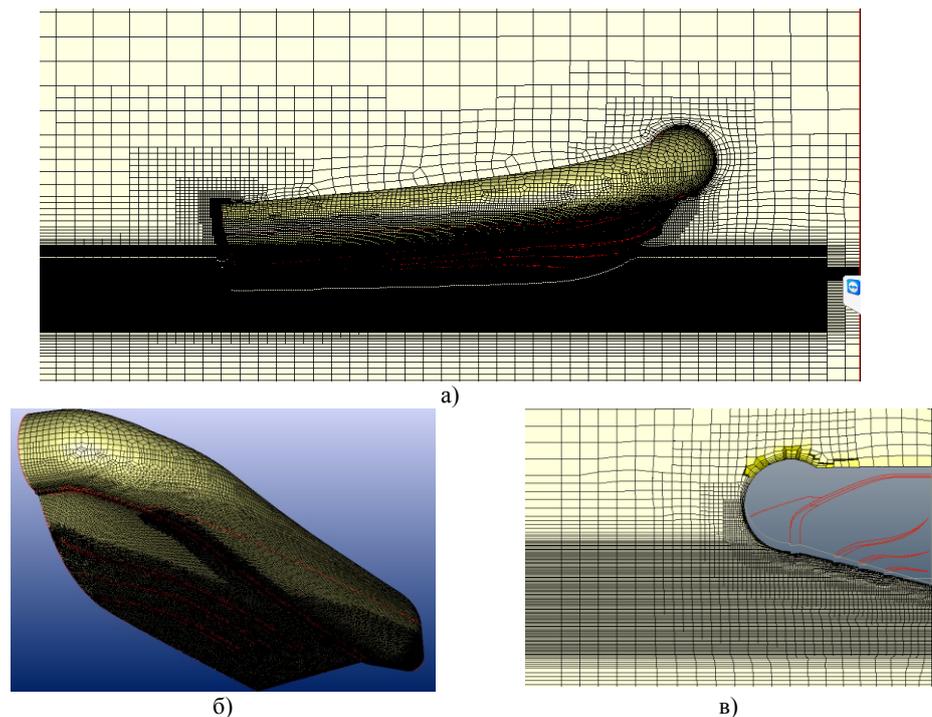


Рис. 4. Вид расчетной сетки на поверхностях катера и свободной поверхности жидкости

Повышение плотности сетки на глиссирующих поверхностях позволяет более точно рассчитать брызговой поток и соответственно брызговое сопротивление. Вследствие минимального влияния силы трения в общем сопротивлении, адаптация пограничного слоя устанавливалась при $y^+=30$. Общее количество ячеек сетки средней плотности [21] составило 2 201 557 ячеек.

Для численного моделирования были использованы следующие параметры расчета:

- нестационарный режим расчета по времени (обеспечивается решения уравнений для расчета динамики судна, в том числе выход на глиссирование). При моделировании обеспечивалось три степени свободы катера: движение вперед, всплытие и изменение дифферента.

- температура воды и воздуха – 15 градусов Цельсия;

- модель турбулентности «К- ω SST»;

- определяющий размер – длина катера.

- стандартная комбинация граничных условий (рис. 3). Ввиду симметричности задачи, использовалась только половина модели катера по плоскости симметрии.

- задача решалась в прямой постановке, т.е. катер движется в неподвижной жидкости. Задавалось физическое время разгона катера до скоростей движения 5,7,9,11 и 14 м/с с законом изменения скорости по времени $\frac{1}{4}$ синусоиды.

- использовался увеличенный шаг по времени, а также дополнительные математические модели, компенсирующие численные ошибки при моделировании гидродинамики глиссирующих судов.

По результатам моделирования варианта корпуса «катер 1» и исследования потока жидкости при его движении (рис. 6 и 7), в исходный корпус были внесены существенные изменения. Во-первых, из результатов моделирования видно, что носовая часть продольных реданов при движении катера погружена в воду, что создает дополнительное сопротивление. Во-вторых, поток с бортового продольного редана вызывает дополнительное брызгообразование в корме, которое наряду с затупленной частью надувного баллона, приводит к повышению уровня волновой поверхности в корме, что может привести к заливанию корпуса. Было предложено направить продольные реданы в соответствии с теоретическими соображениями вдоль потока [19-20], а их носовую часть сделать приближенной к «санному» типу корпуса. Для обеспечения более плавного схода потока, была изменена форма законцовок надувных баллонов. Кроме того, удлинение баллонов должно снижать вероятность дельфинирования за счет смещения центра давлений. Геометрия корпуса «катер 2» показана на рис 5.

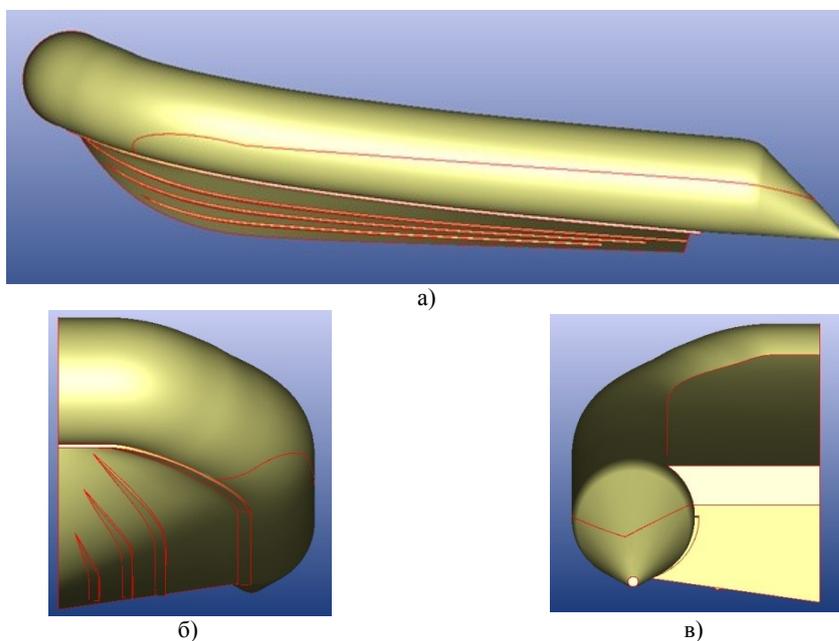


Рис. 5. Исправленная геометрия «катер 2».

а) вид сбоку, б) вид с носа, в) вид с кормы

Моделирование корпуса «катер 2» выполнялось аналогично описанному выше с неизменными параметрами сетки, начальными и граничными условиями.

2. Обсуждение результатов

Результаты численного моделирования приведены в табл. 1 и на рис. 6 и 7.

Сравнивая высоты волн, образующихся при движении катера (рис. 6а и 7а), можно увидеть, что у корпуса «катер 2» высота волны в кормовой части ниже, чем у «катер 1». В то же время и площадь смоченной поверхности, как видно из таблицы 1, для «катера 2» уменьшается, что согласуется с данными по сопротивлению. По результатам численного моделирования, сопротивление «катера 2» составило величину 788Н вместо 908Н у «катер 1», что в первую очередь связано с изменением формы корпуса, а именно формы носовых частей продольных реданов, которые в «катер 1» увеличивали сопротивление, т.к. находились ниже уровня ватерлинии в носовой части при движении судна.

Таблица 1

Результаты численного моделирования

Наименование корпуса катера	Катер 1	Катер 2	Катер 1	Катер 2	Катер 1	Катер 2	Катер 1	Катер 2	Катер 1	Катер 2
Скорость, км/ч	18		25,2		32,4		39,6		50,4	
Скорость, м/с	5		7		9		11		14	
Число Фруда	0,612	0,795	0,857	1,11	1,1	1,43	1,346	1,75	1,71	2,226
Осадка, м	0,118	0,09	0,094	0,082	0,098	0,08	0,092	0,078	0,091	0,072
Угол дифферента, град	3,55	5,14	1,3	2,04	0,235	0,65	0,82	0,004	1,3	0,19
Сопротивление, R_x , Н	534,6	527,4	532/600	475	652	521,4	740	629,6	908	788
Площадь смоченной поверхности, m^2	1,852	1,427	1,425	1,32	1,320	1,234	1,287	1,14	1,18	0,937
Наличие дельфинирования	нет	Слабое, амплитуда колебаний около 1 см	Слабое, амплитуда колебаний около 2 см.	Слабое, колебания затухают	Амплитуда колебаний около 3 см	Слабое, колебания затухают	нет	Нет, колебания затухают	нет	Нет, колебания затухают

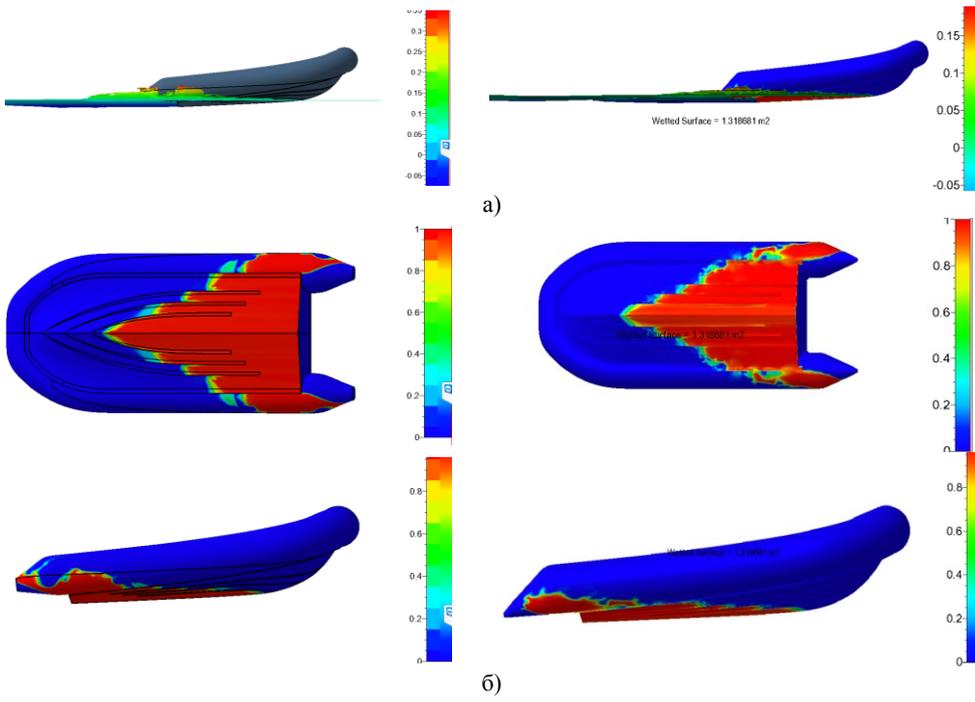


Рис. 6. Волновая (а) и смоченная (б) поверхности для двух вариантов корпуса катера при скорости 7 м/с

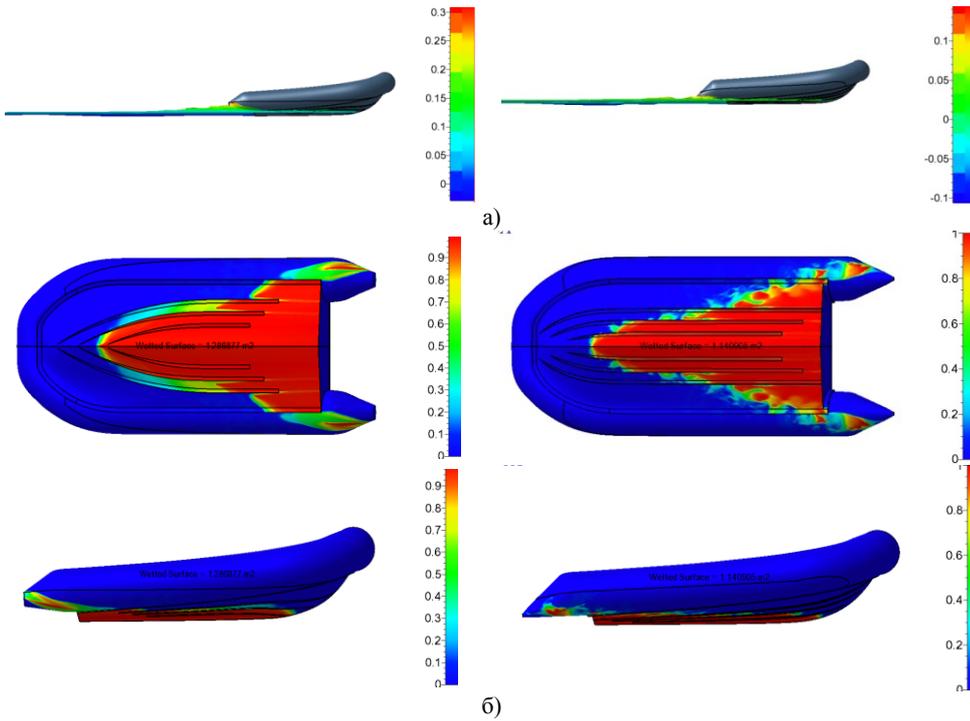


Рис. 7. Волновая (а) и смоченная (б) поверхности для двух вариантов корпуса катера при скорости 11 м/с

Необходимо отметить, что движение обоих вариантов корпуса катера происходит в переходном режиме, т.к. значение числа Фруда, которое для режима глиссирования должно находиться в диапазоне от 3 до 5, не достигается (рис. 8). При удлинении катера, удастся увеличить число Фруда для варианта «катер 2» для зоны более уверенного глиссирования.

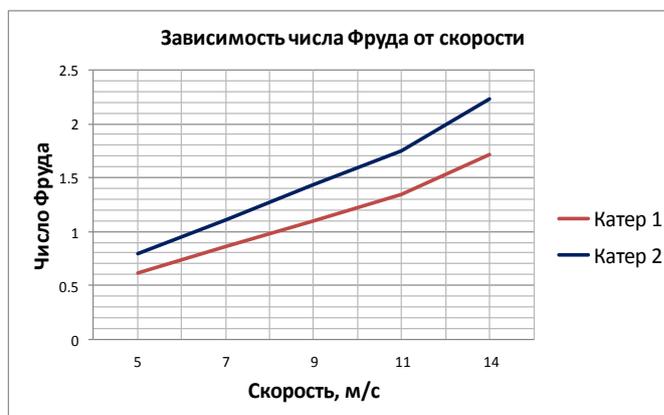


Рис. 8. График изменения числа Фруда

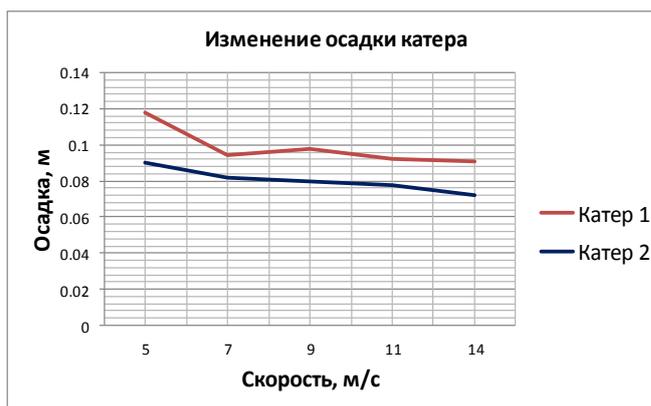


Рис. 9. График изменения осадки двух вариантов корпуса катера

Анализ графиков изменения осадки и дифферента показывает, что судно выходит на переходный и близкий к глиссированию режим (при скорости 14 м/с) с характерной для судов такого типа посадкой. При этом следует заметить, что осадка «катера 2» меньше, чем по варианту 1. Излом графика на рис. 9 соответствует случаю, когда однозначно определить угол дифферента не представлялось возможным из-за дельфинирования.

В то же время движение «катера 2» при скоростях от 5 до 9 м/с происходит с большим углом дифферента, чем «катер 1», что обусловлено, в том числе увеличением длины продольных реданов (рис. 10).



Рис. 10. Изменение угла дифферента двух вариантов корпуса катера

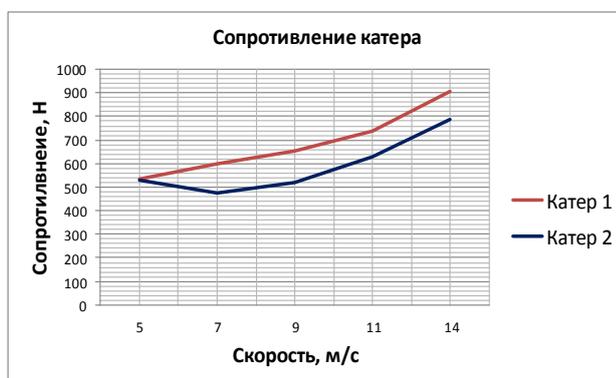


Рис. 11. График изменения сопротивления двух вариантов корпуса катера

Необходимо отметить, что при заданных значениях положения ЦТ и скоростях 7–11 м/с наблюдаются колебания обоих вариантов корпуса катера. Как показали пробные расчеты, причиной появления таких колебаний является положение ЦТ по длине корпуса катера, т.к. при его смещении в нос колебания пропадают. Кроме того, катеру целесообразно обеспечить ходовой дифферент в корму, который для варианта «катер 2» является недостаточным, что также зависит от совместного расположения ЦД и ЦТ. В то же время исследованию влияния положения ЦТ на ходкость катера типа «RIB» должно быть посвящено отдельное исследование.

3. Заключение

Выполнено численное исследование влияния формы катера типа «RIB» на его гидродинамические характеристики с помощью программного комплекса NUMECA/FineMarine™. В результате выполненного численного моделирования определены основные ГДХ катера и выявлены конструктивные особенности, приводящие к ухудшению ГДХ. Предложены мероприятия по изменению формы корпуса катера, обеспечивающие снижение сопротивления и повышение ГДХ катера типа «RIB». Полученные результаты нашли практическое применение, в том числе на этапе эскизного проекта катера.

Благодарности

Авторы статьи благодарят д.т.н., проректора по научной работе ФГБОУ ВО «СПБГМТУ» Д.В. Никущенко за возможность выполнения исследований.

Список литературы:

- [1] Baker G.S. Some Experiments in Connection with the Design of Floats for Hydro-Aeroplanes, ARC (British) R & M, № 70, 1912.
- [2] Sottorf W. Experiments With Planing Surfaces, NACA TM 661, 1932 and NACA TM 739, 1934.
- [3] Shoemaker J.M. Tank Tests of Flat and Vee-Bottom Planing Surfaces, NACA TN 509, November 1934.
- [4] Sambraus A. Planing Surface Tests at Large Froude Numbers-Airfoil Comparison, NACA TM № 848, February 1938.
- [5] 38. L.I. Sedov, «Scale Effect and Optimum Relation for Sea Surface Planing», NACA TM № 1097, February 1947.
- [6] Locke Jr., F.W.S. Tests of a Flat Bottom Planing Surface to Determine the Inception of Planing, Navy Department, BuAer, [Research Division Report No. 1096], December 1948.
- [7] Korvin-Kroukovsky B.V., Savitsky D., Lehman W. Wetted Area and Center of Pressure of Planing Surfaces, Stevens Institute of Technology, Davidson Laboratory Report №. 360, August 1949.
- [8] Murray A.B. The Hydrodynamics of Planing Hulls, [Meeting of the New England Section of SNAME, February 1950], 1950.
- [9] Savitsky D., Neiclinger J.W. Wetted Area and Center of Pressure of Planing Surfaces at Very Low Speed Coefficients, Stevens Institute of Technology, [Davidson Laboratory Report №. 498], July 1954.
- [10] Clement E.P. A configuration for a stepped planning boat having minimum drag (dynaplane boat). Monograph. Second edition. 2005 (published by author), 76p.
- [11] Theoretical Manual ISIS-CFD v3.1 Equipe Modélisation Numérique, Laboratoire de Mécanique des Fluides, CNRS-UMR 6598, Ecole Centrale de Nantes, B.P. 92101, 44321 Nantes Cedex 3, France.
- [12] User Manual FINE™/Marine v7.1, Documentation v7.1a NUMECA International, 187-189, Chaussee de la Hulpe 1170 Brussels, Belgium.
- [13] Visonneau M., Queutey P., Deng Gan Bo, Wackers J., Guilmineau E., Leroyer A., Mallol B. Computation of Free-Surface Viscous Flows around Self-Propelled Ships with the Help of Sliding Grids, [COMPIT-2012], 2012.
- [14] Visonneau M., Queutey P., Deng Gan Bo, Wackers J., Mallol B. Anisotropic Grid Adaptation for Rans Simulation of a Fast Manoeuvring Catamaran, [4th High Performance Yacht Design Conference], 2012.
- [15] Garo R., Imas L. Hydrodynamic Performance of a Submerged Lifting Surface Operating at High Speed, [4th High Performance Yacht Design Conference], 2012.
- [16] Wackers J., Ait Said K., Deng Gan Bo, Queutey P., Visonneau M., Mizine I. Adaptive Grid Refinement Applied to RANS Ship Flow Computation, [28th Symposium on Naval Hydrodynamics], 2010.
- [17] Wackers J., Ait Said K., Deng GB, Queutey P, Visonneau M, Mizine I. Adaptive grid refinement applied to RANS ship flow computation. In: [28th Symposium on naval hydrodynamics] Pasadena, California; 2010.
- [18] Mizine I., Karafiath G., Queutey P., Visonneau M. Interference Phenomenon in Design of Trimaran Ship, [FAST 2009], 2009
- [19] Ваганов А.М. Проектирование скоростных судов. – Л.: Изд-во «Судостроение», 1978 – 280с.
- [20] Мартынов А.И. Глиссеры. – М.: Речиздат, 1940. – 382с.
- [21] Даняев А. Гидродинамика и «рюшечки» // «Катера и яхты», 2 (224), 2010, С. 44–49.
- [22] Чебан Е.Ю., Никущенко Д.В. Исследование влияния некоторых особенностей формы корпусов глиссирующих судов на их сопротивление численными методами // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2017. – №48/49. – С. 59–69.

**A STUDY OF THE «RIB» BOAT'S HULL FORM EFFECT
ON THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS
BY NUMERICAL METHODS**

*Cheban Yegor Y., Candidate of engineering Sciences , associate professor Hydrodynamics,
ship theory and ship's ecological safety department,
Volga State University of Water Transport
Martemianova Olga V., post graduate student Hydrodynamics,*

ship theory and ship's ecological safety department,
Volga State University of Water Transport

Gachev Sergey V., master student Hydrodynamics,
ship theory and ship's ecological safety department,
Volga State University of Water Transport

Mukhina Alina A., master student Hydrodynamics,
ship theory and ship's ecological safety department,
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951

Key words: computer fluid dynamics (CFD), RIB, planing, high-speed boat, porpoising stability, towing test, NUMECA FINE /Marine™

Abstract. Boats of the «RIB» type due to many advantages are a quite popular type of small vessels among consumers. The design of such boats requires taking into account a set of complex hydrodynamic processes arising from the hull flow features having a complex shape. However, existing methods of planing vessels design do not allow to fully take into account the simultaneous effect of the longitudinal, transverse steps and cylindrical floats on their hydrodynamic characteristics. In the presented study the hydrodynamic characteristics estimation for the RIB boat by means of CFD methods of the software complex NUMECA/FineMarine™ was completed. Based on the results of the analysis of the velocity and pressure fields obtained in the course of numerical modeling, both on the surface of the boat hull and in the fluid flow, changes in the boat design were proposed to reduce its resistance and reduce porpoising stability.

References:

- [1] Baker G.S. Some Experiments in Connection with the Design of Floats for Hydro-Aeroplanes, ARC (British) R & M, № 70, 1912.
- [2] Sottorf W. Experiments With Planing Surfaces, NACA TM 661, 1932 and NACA TM 739, 1934.
- [3] Shoemaker J.M. Tank Tests of Flat and Vee-Bottom Planing Surfaces, NACA TN 509, November 1934.
- [4] Sambraus A. Planing Surface Tests at Large Froude Numbers-Airfoil Comparison, NACA TM №. 848, February 1938.
- [5] 38. L.I. Sedov, «Scale Effect and Optimum Relation for Sea Surface Planing», NACA TM № 1097, February 1947.
- [6] Locke Jr., F.W.S. Tests of a Flat Bottom Planing Surface to Determine the Inception of Planing, Navy Department, BuAer, [Research Division Report No. 1096], December 1948.
- [7] Korvin-Kroukovsky B.V., Savitsky D., Lehman W. Wetted Area and Center of Pressure of Planing Surfaces, Stevens Institute of Technology, Davidson Laboratory Report №. 360, August 1949.
- [8] Murray A.B. The Hydrodynamics of Planing Hulls, [Meeting of the New England Section of SNAME, February 1950], 1950.
- [9] Savitsky D., Neiclinger J.W. Wetted Area and Center of Pressure of Planing Surfaces at Very Low Speed Coefficients, Stevens Institute of Technology, [Davidson Laboratory Report №. 498], July 1954.
- [10] Clement E.P. A configuration for a stepped planning boat having minimum drag (dynaplane boat). Monograph. Second edition. 2005 (published by author), 76p.
- [11] Theoretical Manual ISIS-CFD v3.1 Equipe Modélisation Numérique, Laboratoire de Méca-nique des Fluides, CNRS-UMR 6598, Ecole Centrale de Nantes, B.P. 92101, 44321 Nantes Cedex 3, France.
- [12] User Manual FINE™/Marine v7.1, Documentation v7.1a NUMECA International, 187-189, Chaussée de la Hulpe 1170 Brussels, Belgium.
- [13] Visonneau M., Queutey P., Deng Gan Bo, Wackers J., Guilmineau E., Leroyer A., Mallol B. Computation of Free-Surface Viscous Flows around Self-Propelled Ships with the Help of Sliding Grids, [COMPIT-2012], 2012.
- [14] Visonneau M., Queutey P., Deng Gan Bo, Wackers J., Mallol B. Anisotropic Grid Adaptation for Rans Simulation of a Fast Manoeuvring Catamaran, [4th High Performance Yacht Design Conference], 2012.

- [15] Garo R., Imas L. Hydrodynamic Performance of a Submerged Lifting Surface Operating at High Speed, [4th High Performance Yacht Design Conference], 2012.
- [16] Wackers J., Ait Said K., Deng Gan Bo, Queutey P., Visonneau M., Mizine I. Adaptive Grid Refinement Applied to RANS Ship Flow Computation, [28th Symposium on Naval Hydrodynamics], 2010.
- [17] Wackers J, Ait Said K, Deng GB, Queutey P, Visonneau M, Mizine I. Adaptive grid refinement applied to RANS ship flow computation. In: [28th Symposium on naval hydrodynamics] Pasadena, California; 2010.
- [18] Mizine I., Karafiath G., Queutey P., Visonneau M. Interference Phenomenon in Design of Trimaran Ship, [FAST 2009], 2009
- [19] Vaganov A.M. Proektirovanie skorostnyh sudov. – L.: Izd-vo «Sudostroenie», 1978 – 280s.
- [20] Martynov A.I. Glissery. – M.: Rechizdat, 1940. – 382s.
- [21] Danjaev A. Gidrodinamika i «rjushechki» // «Katera i jahty», 2 (224), 2010, S. 44-49.
- [22] Cheban Ye.Yu., Nikushhenko D.V. Study the effects of the planning boat's form hull on the water resistance by numerical methods // Research bulletin by Russian maritime register of shipping. – 2017. – №48/49. – p. 59-69.

Статья поступила в редакцию 26.03.2019 г.

Раздел III

**Финансовые и учетно-аналитические
проблемы современной экономики**



Section III

***Financial and accounting-analytical
problems of the modern economy***



УДК 658.14/17

Мосинцев Алексей Васильевич, кандидат экономических наук,
старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАЛОГОВЫХ ПЛАТЕЖЕЙ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РАСХОДОВ КОМПАНИИ

Ключевые слова: *расходы, оптимизация, налоговые платежи, оценка, кадастровая стоимость, проектный офис, собственник имущества, судебный процесс*

Аннотация. Данная работа посвящена решению проблемы снижения расходов компании, являющейся собственником имущества и земельных участков, путём оптимизации налоговых платежей. Целью работы является определение направлений работы предприятия при анализе существующих налоговых выплат. На сегодняшний день налоговые платежи по земельному налогу и налогу на имущество (по ряду объектов) определяются от размера их кадастровой стоимости, которая, в ряде случаев, превышает реальную рыночную в 10 раз. В работе предложено отработать вопрос исключения из налогооблагаемой базы объектов, которые включены в неё по формальному признаку – названию. Необходимо создание на постоянной основе в компании проектного офиса по оптимизации налогового бремени. Реализация данных предложений на Горьковской железной дороге позволила оптимизировать более 111 млн. рублей.

Расходы являются неотъемлемой частью любого бизнеса, без которых невозможно осуществлять оперативную и коммерческую деятельность, приглашать высококвалифицированных специалистов и так далее. Однако для обеспечения рентабельности работы организации требуется, чтобы расходы были эффективными и вложенные финансовые средства приносили прибыль. Руководитель и сотрудники предприятия должны на постоянной основе анализировать существующие издержки для поиска мероприятий по их оптимизации.

Немаловажной составляющей частью расходов предприятия являются налоговые платежи.

Отечественная система налогообложения дифференцирует налог на две большие группы:

- прямые;
- косвенные;

Прямой налоговый платеж характеризуется отсутствием каких-либо посредников в установлении налоговых платежей. При прямом способе изъятия налогов объём платежа устанавливается пропорционально размеру объекта обложения. К примеру, такой распространенный взнос, как налог на прибыль, устанавливается соразмерно полученной прибыли за определенный период.

Совсем иная структура у косвенной системы изъятия. Косвенный налог в отличие от прямого заранее включается в стоимость товара или услуги, и потребитель вместе с приобретением предмета уплачивает и налог. Ярким примером косвенного взноса является НДС.

Учитывая, что размеры ставок по косвенным налогам (НДС, акцизы) являются фиксированными и сумма уплаченных налоговых взносов будет зависеть только от объёмов реализованной (приобретаемой) продукции, в своей статье хочу остановиться на оптимизации налоговых платежей по прямым налогам.

В соответствии с действующим налоговым законодательством для юридических лиц установлены следующие виды прямых налогов:

- налог на доходы физических лиц;
- на транспортные средства;
- на прибыль компании;
- на водные ресурсы;
- на активы (землю и имущество);
- на добычу полезных ископаемых;
- на игорный бизнес.

Рассмотрим варианты и способы оптимизации налоговых платежей путём применения законодательно определённых льгот, выгод, преимуществ для налогоплательщиков по земельному налогу, налогу на имущество, с учётом тенденций судебной практики, оценивая риски принятия решений, направленных на экономию налоговых платежей

1. Оптимизация платежей по земельному налогу

В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации (Федеральный закон от 5.08.2000 г. № 117-ФЗ) [1] налоговая база по налогу на землю определяется как кадастровая стоимость земельных участков, являющихся объектом налогообложения. Для её определения осуществляется государственная кадастровая оценка земель, и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации утверждают средний уровень кадастровой стоимости по муниципальному району (городскому округу).

Учитывая, что земельный налог относится к местным налогам, государственные органы заинтересованы в установлении максимально обоснованной кадастровой стоимости земельных участков.

Однако, согласно п. 3 ст. 66 Налогового кодекса, когда предприятие определяет рыночную стоимость земельного участка, его кадастровая стоимость устанавливается в размере рыночной. И это даёт возможность собственникам земельных участков проводить анализ объективности установления их кадастровой стоимости и при взаимодействии с оценочными организациями определять возможность проведения работ по её оспариванию.

Как пример, земельный участок с кадастровым номером 18:26:041704:0012 площадью 49425 кв.м. по состоянию на 01.01.2013 года имел кадастровую стоимость 787 031 тыс. рублей. Сумма налоговых платежей в год составляла 9 444 тыс. рублей. После проведения в 2013 году работы по оспариванию кадастровой стоимости рыночная стоимость земельного участка была установлена в размере 87 333 тыс. рублей, а сумма налоговых платежей за год снизилась до 1 048 тыс. рублей.

По результатам оценки рыночной стоимости согласно ст. 24.18 Федерального закона «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29 июля 1998 г. №135-ФЗ [2] собственнику земельного участка необходимо направить заявление об установлении кадастровой стоимости земельных участков в размере рыночной стоимости в соответствующие комиссии. Данные органы по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости созданы в каждом субъекте Российской Федерации. В случае вынесения комиссией решения об отказе в удовлетворении соответствующего заявления собственника возможны следующие варианты:

- направляется повторное заявление в комиссию после устранения замечаний к отчёту об оценке рыночной стоимости;
- административное исковое заявление подаётся в арбитражный суд.

Корректировка кадастровой стоимости земельного участка из-за исправления ошибок, которые сформировались при оценке его кадастровой стоимости, устанавливается при определении налоговой базы налогового периода, в котором учитывалась ошибочно применяемая кадастровая стоимость (ст. 391 Налогового кодекса) [1] То есть, если собственник земельного участка направил в комиссию документы в декаб-

ре 2018 года, а кадастровая стоимость установлена с 1.01.2018 г., то в случае принятия положительного решения о её пересмотре (на комиссии или в арбитражном суде), налоговая база будет пересмотрена и откорректирована с 1.01.2018 г.

Таким образом, собственник земельного участка, анализируя кадастровую стоимость земельного участка, имеет возможность реально снизить налоговую нагрузку на предприятие.

Так, например, с 2013 года по 2018 год экономия платежей по земельному налогу в связи с проведением работы по оспариванию кадастровой стоимости земельных участков по полигону Горьковской железной дороги (за вычетом расходов на оценку и оплату государственной пошлины при подаче исковых заявлений в суд) составила 86,3 млн. рублей.

2. Оптимизация платежей по налогу на имущество

В соответствии со статьёй 375 Налогового кодекса [1] налоговая база по налогу на имущество определяется как среднегодовая величина имущества – по его остаточной стоимости, установленной согласно утверждённым правилам ведения бухгалтерского учёта, утвержденным в учётной политике организации.

Однако, начиная с 2016 года, на основании ст. 378.2 Налогового кодекса налоговая база определяется как кадастровая стоимость имущества в отношении таких видов объектов, как:

- 1) административно-деловые центры и торговые центры (комплексы) и помещения в них;
- 2) нежилые помещения, запроектированные в соответствии с документами или фактически используемые (не менее 20 % площади) для размещения торговых объектов, офисных помещений, объектов бытового обслуживания и общепита.

Таким образом, ряд объектов, имеющих наименование «административное здание», «служебное здание», «бытовой корпус», «товарная контора», «столовая», «гостиница» и т.п., включены уполномоченными органами власти субъектов Российской Федерации в перечни объектов, по которым налог на имущество исчисляется на основе кадастровой стоимости. С формальной точки зрения данные объекты соответствуют параметрам, определённым ст. 378.2 НК РФ, т.е. предполагают размещение офисных помещений (оборудованы компьютерной техникой, офисной мебелью) либо предназначены для общественного питания, бытового обслуживания.

Между тем, в судебной практике сформировался подход, согласно которому административные здания, используемые для размещения работников предприятия и тем самым обеспечения его производственной деятельности, не соответствуют признакам, определённым ст. 378.2 НК РФ и подлежат исключению из соответствующего перечня объектов имущества, по которым налог исчисляется на основе кадастровой стоимости.

Учитывая данную тенденцию, на Горьковской железной дороге организована работа по исключению объектов имущества ОАО «РЖД», у которых кадастровая стоимость превышает остаточную, из утверждённых субъектами Российской Федерации перечней объектов, по которым налог на имущество исчисляется на основе кадастровой стоимости.

Благодаря инициативе специалистов Горьковской железной дороги впервые в Российской Федерации сформирована судебная практика, предусматривающая исключение из перечней объектов имущества, по которым налог на имущество исчисляется на основе кадастровой стоимости, столовых, гостиниц, банных комплексов, расположенных на территориях санаториев, детских оздоровительных лагерей и т.д.

Процесс оспаривания осуществляется по следующему алгоритму:

– подготовка правоустанавливающих документов на объект, в том числе, при наличии проектной и строительной документации;

– организация осмотра объектов компетентными представителями министерств имущественных отношений субъектов Российской Федерации, во время которых по каждому помещению показывается, как оно используется в организации перевозочного процесса;

– оформление соответствующих актов по итогам осмотров;

– участие в заседаниях комиссии по рассмотрению объектов имущества, по которым налог исчисляется на основе кадастровой стоимости;

– направление документов в суд (при получении отрицательного заключения).

Всего же с 2016 года по 2018 год экономия платежей по налогу на имущество в результате указанной работы составила более 25 млн. рублей.

Из вышесказанного мы видим, что при проведении тщательного анализа учитываемых на балансе предприятия объектов недвижимого имущества, изучения законодательной базы, можно достигнуть значительного снижения расходов предприятия. На примере Горьковской железной дороги общая сумма экономии налогового бремени по земельному налогу и по налогу на имущество составила более 111,3 млн. рублей.

Для успешного внедрения на предприятии системы анализа налоговых платежей предлагаем создать Проектный офис по оптимизации налоговых нагрузок, на заседаниях которого рассматривать вопросы:

– оптимизация налоговых платежей путём применения законодательно определённых льгот, выгод, преимуществ для налогоплательщиков по земельному налогу, налогу на имущество, с учётом тенденций судебной практики;

– оценка рисков принятия решений, направленных на экономию налоговых платежей;

– взаимодействие с оценочными организациями, налоговыми инспекциями и так далее.

Для повышения эффективности работы проектного офиса, повышения заинтересованности его участников в конечном результате, предлагаю внедрить систему мотивации специалистов с получением установленных процентов от реально полученной экономии налоговых платежей.

Список литературы:

- [1] Karen L. Higgins. Economic Growth and Sustainability. Academic Press, 2015, p. 228/
- [2] Mattia Anesa, Nicole Gillespie, A. Paul Spee, Kerrie Sadiq. The legitimization of corporate tax minimization. Accounting, Organizations and Society, In press, corrected proof, Available online 3, November 2018.
- [3] Peter Y. Burke. Budgets. Technical Career Survival Handbook, 2017, p.191-193.
- [4] Pieter Klaassen, Idzard van Eeghen, Economic capital. How It Works and What Every Manager Needs to Know. Elsevier Science, 2009, p. 304.
- [5] Rajesh Kumar. Principles of cash flow estimation. Valuation, 2016, p. 119-143.
- [6] Qamar Uz Zaman, M. Kabir Hassan, Waheed Akhter, M. A. Meraj. From interest tax shield to dividend tax shield: A corporate financing policy for equitable and sustainable wealth creation. Pacific-Basin Finance Journal, Volume 52, December 2018, p. 144-162.
- [7] Yaniv Reingewertz. Corporate taxes and vertical tax externalities: Evidence from narrative federal tax shocks. Regional Science and Urban Economics, Volume 68, January 2018. p. 84 – 97.
- [8] Иванова Е. В. Методика и методы оптимизации налогообложения как способа снижения налоговой нагрузки предприятия // Вестник СИБИТа.– 2016. – № 3 (19).
- [9] Измайлова М. А. Налоговая нагрузка хозяйствующих субъектов и условия её определяющие // Universum: экономика и юриспруденция. – 2015.– № 8 (19).
- [10] Налоговые методы повышения эффективности инвестиционных проектов: монография/Л. И. Гончаренко и др.; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. – Москва : РУСАЙНС, 2016. – 171 с.
- [11] Новиков В. В. Возможности снижения налоговой нагрузки для промышленных предприятий / В. В. Новиков, Л. С. Шаховская // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 35 (386).

- [12] Ордынская Е. В. Трансформация налоговой системы в период кризиса: российский и зарубежный опыт: монография/ Е. В. Ордынская. – Москва : Проспект, 2017. – 110 с.
- [13] Пименов Н. А. Налоговый менеджмент: учебник для академического бакалавриата: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям и специальностям/Н. А. Пименов, Д. Г. Родионов ; под ред. Н.А. Пименова; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. – Москва: Юрайт, 2017. – 305 с.
- [14] Федеральный закон от 5.08.2000 № 117-ФЗ «О введении в действие части второй Налогового кодекса Российской Федерации и внесении изменений в некоторые законодательные акты российской федерации о налогах»
- [15] Федеральный закон от 29.07.1998 № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации».

TAX PAYMENTS OPTIMIZATION AS A WAY OF REDUCING COMPANY EXPENSES

*Mosintsev Alexey V., Candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer
of the Department of Economics and Management
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: expenses, optimization, tax payments, assessment, cadastral value, project office, property owner, litigation

Annotation. This work is devoted to solving the problem of reducing the expenses of a company, being a property and land owner, by optimizing tax payments. The paper's purpose is to determine the enterprise operation directions with the analysis of existing tax payments. For the present land tax and property tax (for a number of objects) payments are determined by their cadastral value, which, in some cases, exceeds the real market value up to 10 times. The authors propose to work out the issue of exclusion from the tax base the objects included in it on such a formal basis as the name. It is necessary to create a permanent project office in the company to optimize the tax burden. The implementation of these proposals in the Gorky railway company made it possible to optimize more than 111 million rubles.

References:

- [1] Karen L. Higgins. Economic Growth and Sustainability. Academic Press, 2015, p. 228/
[2] Mattia Anesa, Nicole Gillespie, A. Paul Spee, Kerrie Sadiq. The legitimation of corporate tax minimization. Accounting, Organizations and Society, In press, corrected proof, Available online 3, November 2018.
[3] Peter Y. Burke. Budgets. Technical Career Survival Handbook, 2017, p.191-193.
[4] Pieter Klaassen, Idzard van Eeghen, Economic capital. How It Works and What Every Manager Needs to Know. Elsevier Science, 2009, p. 304.
[5] Rajesh Kumar. Principles of cash flow estimation. Valuation, 2016, p. 119-143.
[6] Qamar Uz Zaman, M. Kabir Hassan, Waheed Akhter, M. A. Meraj. From interest tax shield to dividend tax shield: A corporate financing policy for equitable and sustainable wealth creation. Pacific-Basin Finance Journal, Volume 52, December 2018, p. 144-162.
[7] Yaniv Reingewertz. Corporate taxes and vertical tax externalities: Evidence from narrative federal tax shocks. Regional Science and Urban Economics, Volume 68, January 2018, p. 84 – 97.
[8] Ivanova Ye. V. Methodology and methods for optimizing taxation as a way to reduce the tax burden of an enterprise // Vestnik SIBITa. – 2016. – № 3 (19).
[9] Izmailova MA. The tax burden of business entities and its conditions determine // Universum: Economics and Law. – 2015.– № 8 (19).
[10] Tax methods to improve the efficiency of investment projects: monograph / L. I. Goncharenko and others; Financial University under the Government of the Russian Federation. – Moscow: RUSAINS, 2016. – 171 p.
[11] Novikov V. V. Possibilities of reducing the tax burden for industrial enterprises / V. V. Novikov, L. S. Shakhovskaya // Economic Analysis: Theory and Practice. – 2014. – No. 35 (386).

[12] Ordynskaya, Ye.V. Transformation of the tax system in times of crisis: Russian and foreign experience: monograph / E. V. Ordynskaya. – Moscow: Prospect, 2017. – 110 p.

[13] Pimenov N. A. Tax management: a textbook for academic undergraduate education: for university students enrolled in economic fields and specialties / N. A. Pimenov, D. G. Rodionov; by ed. ON. Pimenov; Financial University under the Government of the Russian Federation. – Moscow: Yurayt, 2017. – 305 p.

[14] Federal law of 5.08.2000 № 117-FL «On the introduction of part two of the Tax code of the Russian Federation and amendments to some legislative acts of the Russian Federation on taxes».

[15] Federal law of 29.07.1998 № 135-FL «On valuation activities in the Russian Federation».

Статья поступила в редакцию 08.04.2019 г.

Раздел III

**Экономика, логистика, управление
на транспорте**



Section III

***Economics, logistics and transport
management***



УДК 656.073.51+ 339.543.66: 658.811

*Байгалиева Айгерим Нурбулатовна, магистрант, факультет инженерно-экономических наук, Казахстано-Немецкий Университет, e-mail: abaigaliyeva@gmail.com
Казахстано-Немецкий Университет
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Пушкина, 111*

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАСШИРЕНИЮ СПИСКА ДЕЙСТВИЙ ПО КИТАЙСКОЙ ИНИЦИАТИВЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ «ОДИН ПОЯС – ОДИН ПУТЬ» ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ ПРОЦЕДУР ТОРГОВЛИ В КАЗАХСТАНЕ

Ключевые слова: торговля, инициатива «Один пояс и один путь», таможня, ВТАМО, уполномоченный экономический оператор (УЭО)

Аннотация. Данная статья представляет собой список сформированных предложений для Правительства Республики Казахстан по упрощению процедур торговли на внутреннем и внешнем рынках. Цель исследования состоит в определении конкретных действий, необходимых для повышения показателей товарооборота в Казахстане. Актуальность работы заключается в том, что в соответствии с принятым в 2010 г. проектом «Экономического пояса Шёлкового пути» рассматривается создание трех трансевразийских экономических коридоров, один из которых проходит по территории Казахстана (Китай – Центральная Азия – Россия – Европа). Во исполнение целей данного проекта правительство Республики Казахстан ведет активную работу по поиску новых механизмов экономического развития и углубления рыночной интеграции. Гипотеза исследования состоит в том, что инициативы по упрощению процедур торговли в Казахстане могут быть выработаны на основе рекомендаций ЕЭК ООН и ВТАМО. При подготовке данной работы использовались методы теоретического анализа, систематизация фактов и индукция. Результатами данного исследования являются выработанные предложения по упрощению процедур торговли в виде упрощенного порядка выдачи свидетельств УЭО для доверенных лиц, предоставления отсрочки по уплате НДС при импорте товаров из третьих стран, а также подключения представителей МСБ Казахстана к электронной площадке сбыта товара Virtual Market Places. Область применения результатов исследования обширна – данные предложения могут быть использованы бизнес-сообществом как обоснование для получения льгот и технологических возможностей, как основы для введения новых дисциплин в университетах и научных организациях, как материалы для СМИ.

Введение

Необходимость увеличения казахстанских показателей товарооборота и продвижение национальных интересов не раз были отмечены Президентом Казахстана в распоряжениях Правительству как неотложные меры для достижения целей вхождения в тридцатку самых развитых стран мира, а также реализации планов участия в инициативе КНР «Один пояс – один путь», включающей проект «Экономический пояс Шелкового пути» [1] Во исполнение данных мер государственные органы обращают свой взор на международные некоммерческие организации, главным направлением деятельности и приоритетом которых являются укрепление сотрудничества и устойчивое развитие всех стран мира. Такими организациями являются специализированные учреждения ООН – Европейская экономическая комиссия (ЕЭК ООН) и Всемирная таможенная организация (ВТАМО) [2]

В условиях данной ситуации возникает вопрос – могут ли действия Правительст-

ва Казахстана по китайской инициативе экономической интеграции «Один пояс – один путь» быть разработаны на основе рекомендаций специализированных учреждений ООН.

Актуальность работы заключается в том, что в соответствии с принятым в 2010 г. проектом «Экономического пояса Шёлкового пути» рассматривается создание трех трансевразийских экономических коридоров, один из которых проходит по территории Казахстана (Китай – Центральная Азия – Россия – Европа). Во исполнение целей данного проекта правительства двух стран – Китая и Казахстана – ведут активную работу по поиску новых механизмов экономического развития и углубления рыночной интеграции.

Гипотеза исследования состоит в том, что инициативы по упрощению процедур торговли в Казахстане могут быть выработаны на основе рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО.

Цель исследования состоит в определении конкретных действий, необходимых для повышения показателей товарооборота в Казахстане.

Задачи работы:

- выявить наличие рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО по упрощению процедур торговли в законодательных нормативно-правовых актах, действующих на территории Казахстана;
- провести анализ эффективности применения рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО по упрощению процедур торговли заинтересованными сторонами (бизнес-сообществом, государственными учреждениями и т.д.);
- разработать предложения по расширению списка действий по китайскому проекту экономической интеграции «Один пояс – один путь» для упрощения процедур торговли в Казахстане.

1. Нормативно-правовые акты, регулирующие торговую деятельность в Казахстане

В Таможенном кодексе Казахстана [3] Глава 6 посвящена Уполномоченному экономическому оператору (УЭО), определенному в Рамочных стандартах безопасности ВТамО [4] как любое юридическое лицо, вовлеченное в международное движение товаров и признанное национальным таможенным органом или от его имени как соответствующее стандартам безопасности ВТамО. Данная рекомендация ВТамО была законодательно принята в Казахстане в 2010 г. и определяет основные условия присвоения статуса оператора, специальные упрощения при осуществлении торговой деятельности, в частности таможенных операций, процедуру присвоения лицензии уполномоченного экономического оператора. На данный момент, по данным Комитета государственных доходов Министерства финансов РК [5], в реестре УЭО числится 7 казахстанских компаний.

В Постановлении Правительства Казахстана [6] определена Концепция создания интеграционной информационной системы «Единое окно по экспортно-импортным операциям» (ИС «Единое окно»), которая разработана на основе Рекомендации №33 ЕЭК ООН [7] и предназначена для улучшения эффективного обмена информацией между торговыми организациями и государственными органами. Работа по внедрению механизма «Единого окна» в Казахстане на данный момент ведется представителями Евразийской экономической комиссии (ЕЭК).

Следовательно, на основании анализа законодательных актов, действующих в Казахстане и рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО по упрощению процедур торговли был сделан вывод, что указанные рекомендации применялись при разработке ключевых документов, регламентирующих торговую деятельность в Казахстане, а также стали основой для внедрения инновационных механизмов обмена информацией.

2. Применение рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО казахстанскими компаниями

Как было отмечено в разделе 1, на текущий день в Комитете государственных доходов зарегистрировано 7 казахстанских компаний, имеющих лицензию УЭО. В их число входят 5 крупнейших отечественных производителей – АО «Рахат», ТОО СП «Кока-Кола Алматы Боттлерс, АО «Евразиян Фудс», АО «Евразиян Фудс Корпорэйшн, ТОО «RG Brands Kazakhstan», а также 2 логистических оператора национального уровня – ТОО «Экспортно-импортная компания Азия Логистика» и ТОО «KTZ Express». По данным руководства компании ТОО «Экспортно-импортная компания Азия Логистика» [8] после получения лицензии УЭО в марте 2017 г. объемы перевозимых грузов только за период апрель – май 2017 увеличились в пять раз (рисунок 1), а сумма уплаченных платежей и налогов в государственный бюджет увеличилась практически втрое (рисунок 2).

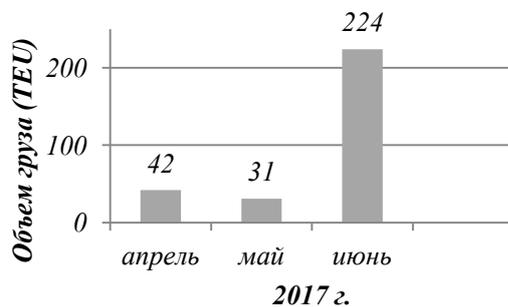


Рис. 1. Динамика роста объема перевезенного груза (TEU) УЭО Азия Логистика за период апрель – июнь 2017 г.

Примечание: составлено автором по источнику [8]

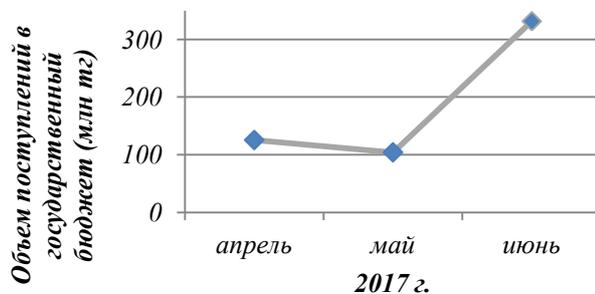


Рис. 2. Динамика роста объемов поступлений в бюджет УЭО Азия Логистика (млн тг) за период апрель – июнь 2017 г.

Примечание: составлено автором по источнику [8]

Указанный рост объясняется наличием специальных упрощений, доступных УЭО как доверенному участнику внешнеэкономической деятельности (ВЭД). Упрощения включают в себя:

- 1) временное хранение товаров в помещениях, на открытых площадках и иных территориях уполномоченного экономического оператора;
- 2) при осуществлении процедуры таможенного транзита таможенные органы не требуют предоставления обеспечения уплаты таможенных пошлин и налогов;

3) первоочередной порядок совершения таможенных операций, предшествующих подаче таможенной декларации, и помещения под таможенную процедуру [3]

В сентябре 2016 г. одна из дочерних компаний национального оператора KZ Express – Специальная экономическая зона (СЭЗ) «Хоргос – Восточные ворота» анонсировала внедрение новой информационной системы «Номад», [9] которая включает в себя 5 подсистем управления зоной, одной из которых является подсистема «Единое окно». В списке нормативных актов, использованных при разработке схемы безопасного обмена информацией между торговыми организациями и государственными органами подсистемы, указана Рекомендация № 33 ЕЭК ООН [7].

Анализируя работу казахстанских компаний в статусе УЭО и использующих механизм «Единое окно», можно прийти к выводу, что факт применения рекомендаций специализированных учреждений ООН носит не только нормативно – законодательный, но и практический характер, который благотворно влияет на показатели сборов таможенных и налоговых платежей в бюджет страны.

3. Предложения по расширению списка действий Правительства Казахстана по китайскому проекту экономической интеграции «Один пояс – один путь» для упрощения процедур торговли

Описанная в разделе 2 ситуация увеличения объемов перевозки на примере одной компании УЭО наводит на мысль о предоставлении большему числу участников ВЭД статуса УЭО. В соответствии с Кодексом [3] существуют определенные требования, которые должны быть соблюдены заявителем для принятия заявки на получение лицензии УЭО. Одной из них является наличие генерального обеспечения в размере 1 млн. евро в виде «живых» денег или банковских гарантий, которые государство использует в случае неуплаты компанией УЭО необходимых таможенных платежей и налогов. Предоставление указанного обеспечения даже для крупных компаний не всегда может быть подъемным условием, так как размер указанной суммы достаточно высок и применяется для всех компаний, независимо от стажа работы на рынке ВЭД. Таким образом, предлагается внести корректировки в условия присвоения статуса УЭО в виде ранжирования суммы генерального обеспечения в сторону понижения для лиц, осуществляющих ВЭД большее количество лет, в случае отсутствия нарушений обязанностей, определенных Кодексом [3] для УЭО и своевременной уплаты всех необходимых платежей и налогов.

Дополнительным шагом на пути развития института УЭО в Казахстане для упрощения процедур торговли может стать внедрение механизма оплаты НДС оператором при импорте товаров из третьих стран. Для реализации этого механизма необходимо разрешить оператору УЭО применять отсрочку по уплате НДС при импорте на срок до 180 календарных дней, при этом разрешив не уплачивать НДС в случае подтвержденного экспорта из РК в страны Таможенного союза. Подтверждением экспорта будет являться «Заявление о ввозе товара и уплате косвенных налогов» с отметкой налоговых органов страны союза, в которую осуществлен экспорт из Казахстана. Данный механизм позволит сократить издержки участников рынка, высвободив таким образом 12% от оборота, которые фактически замораживаются на счетах органов Государственных доходов на неопределенное время. При этом государство снижает риск неуплаты Оператором НДС на импорт, так как все риски перекрываются его генеральным обеспечением по уплате таможенных платежей и налогов. Эта мера позволит привлечь в страну транспортные потоки товаров большого числа законопослушных российских компаний, которые на данный момент предпочитают морские перевозки, либо дальневосточное направление России из-за необходимости оплачивать НДС на импорт и в России, и в Казахстане. Таким образом, увеличится доля грузов в транзитном потоке из КНР в Россию и Европу через Казахстан с обработкой их внутри нашей страны, что в итоге даст мультипликативный эффект смежным отраслям по пути следования товара.

Мир находится на грани следующей технологической революции. Она обещает быть многогранной, а её последствия – трансформационными. Цифровизация уже сейчас создаёт уникальные возможности роста для предприятий, а также приносит огромные выгоды клиентам. Результат от применения инновационных методов продвижения товара будет зависеть от политики, проводимой как на национальном, так и на международном уровнях. Несмотря на ограничения в предоставлении поддержки участию малому и среднему бизнесу в некоторых цепочках создания стоимости, глобальные онлайн-платформы становятся все более важными. Прямые продажи определенных видов товаров на международных рынках могут быть более жизнеспособными, особенно когда они дифференцируются или выходят на добавленную стоимость.

Ранние исследования [10] в развивающихся странах показали, что при использовании платформ электронной торговли для экспорта товаров некоторые фирмы сталкиваются с проблемами из-за трудностей с оценкой надежности и качества фирм, производственного процесса и продуктов, негибких платежных решений и слабо интегрированных систем. Более новые поколения таких платформ предлагают больше возможностей для экспорта для небольших фирм. Они включают в себя более сложные рейтинги, более жизнеспособные способы оплаты и гарантий, которые могут обеспечить надежную защиту как для покупателей, так и для продавцов, тем самым помогая преодолеть «дефицит доверия». Одной из таких платформ является Virtual Market Places (далее – VMP), разработанная Центром международной торговли International trade center (далее – ИТС), дочерней организацией ЮНКТАД и ВТамО [11] Проект «Развитие экспорта через виртуальные рынки» – это инновационный проект, целью которого является открытие неиспользованного потенциала экономического роста малого и среднего бизнеса (далее – МСБ) в регионе Ближнего Востока и Северной Африки с целью обеспечения занятости и более широкого социального и экономического развития. Проект был подготовлен в контексте Довильского партнерства и управляется Всемирным банком при технической поддержке ИТС [10] В соответствии с проектом между производителями продукции и конечным потребителем должно быть как можно меньше посредников и случайных людей, они должны общаться и торговать напрямую. Производитель продукции должен иметь возможность сосредоточиться на создании и качественном описании своего уникального товара либо услуги, а торговая платформа должна помочь в единых для всех поставщиков функциях продвижения, проведении платежей и организации доставки. На данный момент позитивный эффект от подключения к данной платформе в странах Ближнего Востока и Северной Африке очевиден [11]

Проблемы, препятствующие развитию экспортного потенциала казахстанских предприятий и ведению внешнеторговой деятельности за рубежом, стали еще острее ощущаться в связи с вступлением Казахстана во Всемирную Торговую организацию (ВТО) в 2015 году [12] В Казахстане законодательно закреплено понятие «электронная торговля» и «участник электронной торговли», регламентирован порядок осуществления электронной торговли, внесены нормы об обязанностях продавца при осуществлении электронной торговли и нормы о защите прав потребителей. Необходимо отметить, что в Казахстане действует 20 различных институтов по поддержке предпринимателей, однако процент осведомленности об их деятельности самого МСБ все еще оставляет желать лучшего [13] Ещё в январе 2017 года в Астане состоялась презентация Открытой цифровой платформы для малого и среднего бизнеса. Открытая цифровая платформа, создаваемая по инициативе АО «Казахтелеком» совместно с Национальной палатой предпринимателей «Атамекен», на которую планировалось привлечь 370 тыс. предпринимателей и интегрировать ее с зарубежными торговыми площадками для экспорта товаров отечественных товаропроизводителей [14] Но, к сожалению, на текущий момент в Казахстане отсутствует полноценный процесс электронного сопровождения процесса импорта товаров. То есть, фактически отечественные произ-

водители лишены доступа в мировой рынок сбыта, не говоря уже о многомиллионном рынке производителей стран ЕАЭС.

Прямые продажи определенных видов товаров на международных рынках могут быть более жизнеспособными, особенно когда они дифференцируются или выходят на добавленную стоимость. Проект «Развитие экспорта через виртуальные рынки» – это инновационный проект, целью которого является открытие неиспользованного потенциала экономического роста малого и среднего бизнеса.

Заключение

На основании анализа законодательных актов, действующих в Казахстане, рекомендаций ЕЭК ООН и ВТамО по упрощению процедур торговли можно сделать вывод, что указанные рекомендации применялись при разработке ключевых документов, регламентирующих торговую деятельность в Казахстане, а также стали основой для внедрения инновационных механизмов обмена информацией.

Анализируя работу казахстанских компаний в статусе УЭО [10] и использующих механизм «Единое окно», можно прийти к выводу, что факт применения рекомендаций специализированных учреждений ООН носит не только нормативно-законодательный, но и практический характер, который благотворно влияет на показатели сборов таможенных и налоговых платежей в бюджет страны.

Таким образом, указанные ниже предложения могут пополнить список действий Правительства Казахстана по китайскому проекту экономической интеграции «Один пояс – один путь» для упрощения процедур торговли:

– Ранжировать сумму генерального обеспечения для заявителя на получение статуса УЭО в сторону понижения для лиц, осуществляющих ВЭД большее количество лет, в случае отсутствия нарушений обязанностей, определенных Кодексом [3] для УЭО, и своевременной уплаты всех необходимых платежей и налогов.

– Внедрить механизм оплаты НДС оператором в виде предоставления отсрочки по уплате НДС при импорте товаров из третьих стран на срок до 180 календарных дней, при этом разрешив не уплачивать НДС в случае подтвержденного экспорта из Казахстана в страны Таможенного союза.

– Предоставить МСБ Казахстана электронную площадку сбыта отечественного товара путем подключения к платформе Virtual Market Places Центра международной торговли International trade center ЮНКТАД и ВТамО ООН.

Список литературы:

- [1] Акижанов С. Президент РК примет участие в открытии Форума «Один пояс, один путь», Kazinform, 2017, 14 мая. http://www.kazinform.kz/ru/prezident-rk-primet-uchastie-v-otkrytii-foruma-odin-poyas-odin-put_a3026055 (был доступен 14 декабря 2018 года)
- [2] Mission The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2006. Available at: <http://www.unece.org/mission.html> (accessed 14 December 2018)
- [3] Кодекс Республики Казахстан «О таможенном деле в Республике Казахстан», «Параграф» информационные системы, 2010, 30 июня https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30776062 (был доступен 14 декабря 2018 года)
- [4] Safe framework of standards, 2012, 39 p. Available at: <http://www.wcoomd.org/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/tools/safe-package/safe-framework-of-standards.pdf?la=en> (accessed 14 December 2018)
- [5] Реестр уполномоченных экономических операторов, Комитет Государственных доходов Министерства финансов Республики Казахстан, 2016, 5 февраля. <http://kgd.gov.kz/ru/content/geestr-upolnomochennyh-ekonomicheskikh-operatorov-1> (был доступен 14 декабря 2018 года)
- [6] Правительство Республики Казахстан. Постановление от 3 июля 2011 года № 771 О Концепции создания интеграционной информационной системы «Единое окно по экспортно-импортным операциям» и утверждении Плана по реализации Концепции создания интеграционной информационной системы «Единое окно по экспортно-импортным операциям» в Республике Казахстан на 2011–2013 годы, «Параграф» информационные системы, 2011, 3 июля.

https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31029502#pos=0;0&sdoc_params=text%3D%25d0%25b5%25d0%25b4%25d0%25b8%25d0%25bd%25d0%25be%25d0%25b5%2520%25d0%25be%25d0%25ba%25d0%25bd%25d0%25be%26mode%3Dindoc%26topic_id%3D31029502%26spos%3D1%26tS unonym%3D1%26tShort%3D1%26tSuffix%3D1&sdoc_pos=0 (был доступен 14 декабря 2018 г.)

[7] Recommendation and Guidelines on establishing a Single Window, Recommendation No. 33. Economic commission for Europe United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT), 6-32 pp. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/cefact/recommendations/rec33/rec33_trd352r.pdf (accessed 14 December 2018)

[8] ТОО «Экспортно-импортная компания Азия Логистика», Аудиторский отчет о деятельности, 2016–2017 гг. <https://asialogistics.kz/asia-logistica/> (был доступен 14 декабря 2018 года)

[9] Амерханов С. Как в СЭЗ «Хоргос – Восточные ворота» бросили вызов времени, Forbes Kazakhstan, 2016, 6 декабря https://forbes.kz/finances/integration/kak_v_sez_horgos_vostochnye_vorota_brosili_vyzov_vremeni (был доступен 14 декабря 2018 года)

[10] A.Molly, R.Heeks. Exploring E-Commerce Benefits for Businesses in a Developing Country – Journal The Information Society, An International Journal, Volume 23, 2007 – Issue 2

[11] International Trade Centre UNCTAD/WTO 1994 – 2015. Publications // <http://www.intracen.org/itc/publications/publications-catalogue/> (accessed 14 December 2018)

[12] Болевые точки экспорта товаров из РК, цифры и факты. Журнал «Успех» – 2017. – 23 июня. <http://success.kz/archive/2011/84-bolevye-tochki-eksporta-tovarov-iz-rk-cifry-i-fakty.html> (был доступен 14 декабря 2018 года)

[13] International Trade Centre UNCTAD/WTO 1994 – 2015. <http://www.intracen.org/itc/about/working-with-itc/> (accessed 14 December 2018)

[14] Otkrytaya tsifrovaya platforma dlya MSB sozdana v Kazakhstane. Tsentr delovoy informatsii Kapital.kz – 2017. – 28 yanvarya. <https://kapital.kz/business/57089/otkrytaya-cifrovaya-platforma-dlya-msb-sozdana-v-kazakhstan.html> (byl dostupen 14 dekabrya 2018 goda)

[15] Development of trusted trader and green channels programs, Mission Report Tajikistan, Uzbekistan, Kazakhstan. October, 2017. pp 11-13.

OFFERS TO EXPAND THE LIST OF ACTIONS AIMED TO EASE THE TRADE PROCEDURES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN ORDER TO IMPLEMENT THE CHINESE ECONOMIC INTEGRATION INITIATIVE «ONE BELT ONE ROAD»

Baigaliyeva Aigerim N., Master student, Faculty of Engineering and Economic Sciences, Kazakh-German University
111, Pushkin, Almaty, 050010, The Republic of Kazakhstan

Keywords: trade, initiative «One Belt and One Road», customs, WCO, Authorized economical operator (AEO).

Annotation. *The need to increase Kazakhstan's trade turnover and promote national interests has been repeatedly noted by the President of Kazakhstan in the orders to the Government as urgent measures to achieve the goals of joining the thirty most developed countries of the world, as well as the implementation of the plans for participation in the PRC «One belt – One road» «Economic belt of the Silk Road». [1] In the implementation of these measures, state bodies turn their attention to international non-profit organizations, the main activity and priority of which are cooperation strengthening and sustainable development in all countries of the world. Such organizations are the specialized agencies of the United Nations – the Economic Commission for Europe (UNECE) and the World Customs Organization (WCO). [2] In the circumstances of this situation, the question arises: can the actions of the Government of Kazakhstan on the Chinese initiative of economic integration «One belt – one road» be developed on the basis of the recommendations of the specialized agencies of the United Nations. The urgency of the work is that, in accordance with the draft of the Economic Belt of the Silk Road adopted in 2010, the creation of three trans-Eurasian economic corridors is being considered, one of which runs through Kazakhstan (China-Central Asia-Russia-Europe). In pursuance of this project objectives the governments of the two countries*

– China and Kazakhstan – are actively working to find new mechanisms for economic development and deepening market integration. The study hypothesis is that initiatives to manage trade procedures in Kazakhstan can be developed based on the UNECE recommendations and WCO. The aim of the study is to determine the specific actions needed to improve the trade turnover in Kazakhstan.

References:

- [1] Akizhanov S. President RK primet uchastie v otkrytii Foruma «Odin poyas, odin put» Kazinform, 2017, May 14th. http://www.kazinform.kz/ru/prezident-rk-primet-uchastie-v-otkrytii-foruma-odin-poyas-odin-put_a3026055 (accessed 14 December 2018)
- [2] Mission The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2006. Available at: <http://www.unece.org/mission.html> (accessed 14 December 2018)
- [3] Kodeks Respubliki Kazakhstan «O tamozhennom dele v Respublike Kazakhstan», «Paragraf» informatsionnyye sistemy, 2010, 30 iyunya https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30776062 (accessed 14 December 2018)
- [4] SAFE FRAMEWORK OF STANDARDS, 2012, 39 p. Available at: <http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/tools/safe-package/safe-framework-of-standards.pdf?la=en> (accessed 14 December 2018)
- [5] Reestr upolnomochennykh ekonomicheskikh operatorov, Komitet Gosudarstvennykh dokhodov Ministerstva finansov Respubliki Kazakhstan, 2016, 5 fevralya <http://kgd.gov.kz/ru/content/reestr-upolnomochennykh-ekonomicheskikh-operatorov-1> (accessed 14 December 2018)
- [6] Pravitel'stvo Respubliki Kazakhstan. Postanovleniye ot 3 iyulya 2011 goda № 771 O Kontseptsii sozdaniya integratsionnoy informatsionnoy sistemy «Yedinoye okno po eksportno-importnym operatsiyam» i utverzhenii Plana po realizatsii Kontseptsii sozdaniya integratsionnoy informatsionnoy sistemy «Yedinoye okno po eksportno-importnym operatsiyam» v Respublike Kazakhstan na 2011-2013 gody», «Paragraf» informatsionnyye sistemy, 2011, 3 iyulya. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31029502#pos=0;0&sdoc_params=text%3D%25d0%25b5%25d0%25b4%25d0%25b8%25d0%25bd%25d0%25be%25d0%25b5%2520%25d0%25be%25d0%25ba%25d0%25bd%25d0%25be%26mode%3Dindoc%26topic_id%3D31029502%26spos%3D1%26tSynonym%3D1%26tShort%3D1%26tSuffix%3D1&sdoc_pos=0 (accessed 14 December 2018)
- [7] Recommendation and Guidelines on establishing a Single Window, Recommendation No. 33. Economic Commission for Europe United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT), 6-32 pp. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/cefact/recommendations/rec33/rec33_trd352r.pdf (accessed 14 December 2018)
- [8] TOO «Eksportno – importnaya kompaniya Aziya Logistika», Auditorskiy otchet o deyatelnosti, 2016 – 2017 gg. <https://asialogistics.kz/asia-logistica/> (accessed 14 December 2018)
- [9] TOO «Eksportno-importnaya kompaniya Aziya Logistika», Auditorskiy otchet o deyatelnosti, 2016 – 2017 gg. https://forbes.kz/finances/integration/kak_v_sez_horgos_vostochnyie_vorota_brosili_vyizov_vremeni (accessed 14 December 2018)
- [10] A.Molly, R.Heeks. Exploring E-Commerce Benefits for Businesses in a Developing Country – Journal The Information Society, An International Journal, Volume 23, 2007 – Issue 2
- [11] International Trade Centre UNCTAD/WTO 1994 – 2015. Publications // <http://www.intracen.org/ite/publications/publications-catalogue/> (accessed 14 December 2018)
- [12] Bolevyeye tochki eksporta tovarov iz RK, tsifry i fakty. Zhurnal «Uspekhi» – 2017. – 23 iyunya. <http://success.kz/archive/2011/84-bolevye-tochki-eksporta-tovarov-iz-rk-cifry-i-fakty.html> (byl dostupen 14 dekabrya 2018 goda)
- [13] International Trade Centre UNCTAD/WTO 1994 – 2015. <http://www.intracen.org/ite/about/working-with-ite/> (accessed 14 December 2018)
- [14] Otkrytaya tsifrovaya platforma dlya MSB sozdana v Kazakhstane. Tsentr delovoy informatsii Kapital.kz – 2017. – 28 yanvarya. <https://kapital.kz/business/57089/otkrytaya-tsifrovaya-platforma-dlya-msb-sozdana-v-kazahstane.htm> (byl dostupen 14 dekabrya 2018 goda)
- [15] Development of trusted trader and green channels programs, Mission Report Tajikistan, Uzbekistan, Kazakhstan. October, 2017. pp 11-13.

Статья поступила в редакцию 28.03.2019 г.

УДК 338.242

Жмачинский Виктор Иванович, профессор кафедры экономики и менеджмента
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,

e-mail: econotcaff@vgavt-nn.ru

Ильющенко Илья Геннадьевич, доцент кафедры экономики и менеджмента
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,

e-mail: econotcaff@vgavt-nn.ru

Сяньюй У, аспирант кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
e-mail: ytmikasa@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ (ТЛЦ) В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Ключевые слова: *организационно-экономическое проектирование, Арктическая зона РФ, Северный морской путь (СМП), размещение объектов, Государственно-частное партнерство (ГЧП).*

Аннотация: *В статье на основе исследования организационных и экономических предпосылок ускоренного развития Арктической зоны РФ (наличие природных ресурсов, отставание в социальной сфере, «регионализация» управления и др.) рассматриваются основные положения организационно-экономического проектирования сети транспортно-логистических центров. Дается социально-экономическая и территориальная характеристика районов Арктической зоны РФ и основные направления их стратегического развития. Сеть ТЛЦ рассматривается в качестве организационно-экономического каркаса развития Арктического макрорегиона. Предложена методическая схема определения количественного состава ТЛЦ и их размещение на основе компенсации дополнительных транспортных издержек за счёт сбережений, полученных в результате концентрации производства. С учетом территориальной и отраслевой специфики макрорегиона предложена схема поэтапного формирования сети ТЛЦ макрорегиона.*

В результате выполненных расчетов в работе приведена карта географического расположения ТЛЦ в границах Чукотского макрорайона.

Современный этап развития экономики определяется, прежде всего, темпами инновационных изменений в производстве и сфере обращения, прорывом в интеграционное пространство, динамикой рыночных отношений – с одной стороны, и экономическим кризисом, нестабильностью международных отношений – с другой.

Следует отметить и новые тенденции пространственной организации бизнес-процессов, которые свидетельствуют о переходе от «отраслевых» принципов управления экономикой к «территориальным», что связано с формированием принципов «регионализации» экономики. Именно это обстоятельство предопределяет активное развитие распределительной функции регионов на основе транспортно-логистического подхода.

В связи с этим для успешного функционирования и более полного удовлетворения потребностей народного хозяйства страны необходима реструктуризация организационно-экономических взаимосвязей субъектов потребительского рынка и трансформация региональных систем товародвижения. Значительные изменения и рост объемов товародвижения и, как следствие, интенсификация грузовых перевозок по-

требуют нового подхода к организации межтерриториальных систем и формирования хозяйственных структур нового типа на основе принципов интеграции, корпоративности, изменения материальных потоков с минимальными временными и финансовыми расходами [1–3]

Известно, что одной из современных моделей межотраслевой и межрегиональной интеграции, взаимодействия органов власти и бизнеса является сетевая форма организационного построения экономических структур.

Суть сетевой модели состоит в интеграции предприятий различных отраслей, которые являются самостоятельными структурами и рассматриваются как субъекты хозяйственных связей и партнеры в системе взаимодействующих организаций, каждая из которых выполняет свою специальную роль.

Практика использования сетевых моделей свидетельствует о том, что в сетевых образованиях акцент смещается с предприятия, формирующего свою стратегию развития на основе соответствия внутренних ресурсов и состояния внешней среды к системе взаимодействующих фирм как единого рыночного образования. В интересах развития сети предприятия совместно используют свои ресурсы, встраиваясь в сеть, которая определяется как целостное образование [9–16]

Анализ особенностей сетевых организаций, сфер их применения и недостатков показывает, что:

во-первых, сетевые структуры способствуют использованию активов предприятий или организаций участников сети, вне зависимости от отрасли фирмы или их территориального расположения;

во-вторых, ориентация сетевых структур на рыночные механизмы управления потоками ресурсов, способствует обмену информацией и кооперированию участников сети;

в-третьих, добровольное и активное поведение участников вновь создаваемых сетевых структур значительно улучшает конечные результаты их деятельности и способствует инновационному развитию предприятий, прежде всего, за счет более активной роли и заинтересованности участников в достижении общих целей.

в-четвертых, по существу сетевые структуры являются объединением предприятий или организаций, в основе функционирования которых лежит кооперация и взаимное владение активами участников процесса производства, а именно – поставщиков, производителей, потребителей и посредников.

Под влиянием развития новых организационных форм в различных экономических системах и выдвижения новых задач территориального размещения производства в последнее время сложился ряд предпосылок организационного и экономического характера, определяющих формирование и развитие сетевых структур.

В качестве одного из приоритетных направлений перспективного развития территорий предлагается рассмотреть возможности формирования сети транспортно-логистических структур в рамках Арктической зоны РФ [1–3].

Арктика имеет большое стратегическое значение для развития Севера и Дальнего Востока России. На рис. 1 приведена схема районирования Севера РФ, которая показывает, какое огромное территориальное и экономическое пространство можно использовать для перспективного развития России.

Социально-экономическая характеристика Арктики в сравнении с другими арктическими странами показана в табл. 1.

Не случайно в 2014 году в России был принят Закон РФ по социально-экономическому развитию Арктической зоны, который положил начало активной организационной и законодательной работе на период до 2020 года. Отличительная особенность программы развития Арктики состояла в том, что кроме конкретных мер она носила аналитический характер и задавала основные направления освоения и развития Северной зоны РФ.

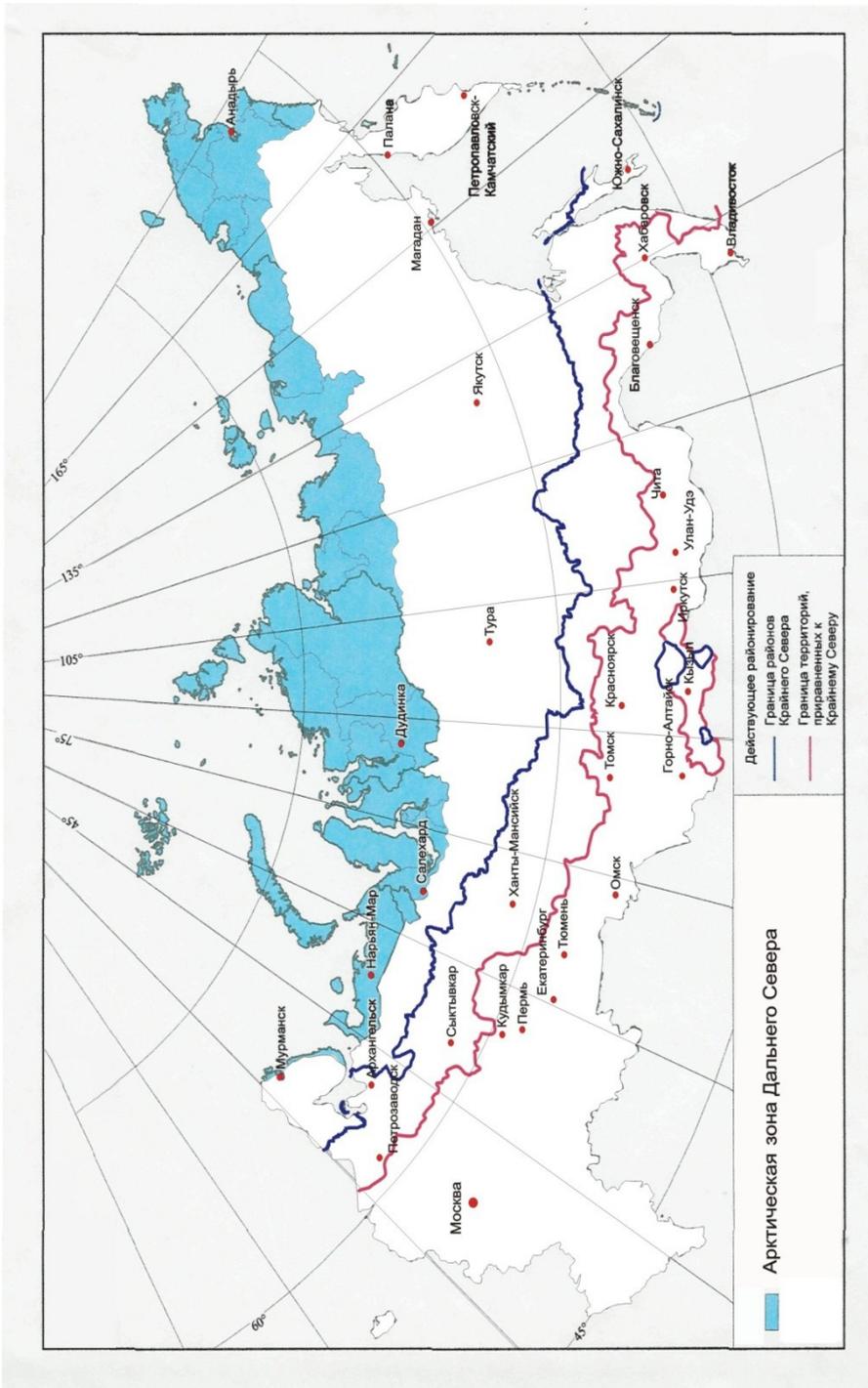


Рис. 1. Схем районирования Севера РФ

Важно отметить, что успешная реализация организационно-подготовительных мероприятий потребовала обновления и конкретизации основных положений программы – 2020. В 2017 году новая Программа была утверждена на продлённый срок – до 2025 года. Реализация новой программы позволит создать условия для ускоренного социального и экономического развития Арктической зоны РФ и достижения стратегических интересов России в Арктике [1–3].

Таблица 1

Сравнительная характеристика Арктической зоны РФ и других стран

Параметры	Арктическая территория мира	Арктическая территория РФ	Арктическая территория других стран	Доля РФ (%)
Площадь Арктики, тыс. км ²	11 296	4 030	7 266	35,7
Население, тыс. чел.	2 835	1 674	1 161	59,0
Плотность населения, чел./км ²	0,25	0,42	0,16	–
Валовой внутренний продукт (ВВП), млрд. \$	97	45	53	45,8

Решение поставленных в принятых документах задач позволяет реализовать стратегические цели одновременно в нескольких направлениях:

во-первых, освоение богатых природных ресурсов (газ, нефть, уголь, никель, и т. д.), а также производственного потенциала Севера. Сегодня, по оценкам экспертов, освоение только разведанных недр составляет всего около 5 %;

во-вторых, преодоление социально-экономического отставания районов Севера за счёт формирования производственных и инфраструктурных элементов по многофункциональному развитию территорий Арктической зоны РФ;

в-третьих, развитие всех видов транспортно-логистического обслуживания и повышение транспортной доступности территорий Арктики: грузонакопление, грузопереработка, хранение, транспортировка, информационное обеспечение, сервисное обслуживание;

в-четвертых, реализация программных задач по развитию Северного морского пути (СМП), призванного обеспечить вывоз минерального сырья, устойчивый транзитный товарооборот и внутрирегиональные перевозки. По данным Администрации СМП, общий объем перевозок в акватории СМП, с учетом транзитных грузов, по итогам 2017 года составил около 10 млн. т., что на 32,8 % больше, чем в 2016 г. Согласно планам по развитию Арктики предполагается довести к 2020 году объем перевозок до 30–35 млн. т.;

в-пятых, обеспечение национальной безопасности территорий Арктической зоны РФ: экономической, экологической, транспортной, военной, международной.

Используя сложившиеся реальные условия и новые возможности ускоренного развития Арктики, полагаем своевременным и целесообразным рассмотреть основные положения проекта по формированию и развитию сети транспортно-логистических центров (ТЛЦ) в зоне Арктики.

Транспортно-логистический центр – инновационная форма организации, планирования и контроля материальных, финансовых, информационных ресурсов и транспортных процессов на этапах снабжения, производства и сбыта продукции. Единство транспортно-логистических систем достигается во всех сферах воспроизводственного процесса: в технической; технологической; экономической; информационной; правовой [4–5, 7–8].

Сеть ТЛЦ мы рассматриваем не только в качестве совокупности инновационных структур, но и как своеобразного организационного каркаса, обеспечивающего интеграцию регионов.

В силу специфики макрорегиона Арктики, его географического положения, масштабов, отраслевой структуры решение вопросов о количестве ТЛЦ и их размещения в макрорегионе требует особого теоретического подхода. В качестве оптимальной схемы размещения производственных систем авторами принята схема А. Вебера, основанная на понятии «индекса сбережений». Смысл этого понятия состоит в одновременном учёте производственных и транспортных факторов размещения производственных объектов.

Производственная ориентация строится на закономерности снижения удельных производственных издержек при росте объемов производства. Разницу в издержках при концентрации производства А. Вебер и назвал «индексом сбережений».

Исходя из транспортной ориентации, прироста транспортных затрат, обусловленные перемещением производства, увеличиваются с удалением от пункта сбыта продукции. Такие перемещения целесообразны, если издержки транспортировки (отклонение) перекрываются сбережениями в производстве.

К примеру, слияние крупного производства с мелким происходит эффективно согласно А. Веберу, если величина сбережения от слияния предприятия больше (или не меньше) перерасхода транспортных затрат из-за переноса производства, то есть

$$\Delta C \geq QRS, \quad (1)$$

где ΔC – общая величина приращения сбережения производственных затрат получаемая в результате слияния двух предприятий (руб.);

Q – стандартный вес продукции (т);

R – радиус отклонения производства (км);

S – ставка транспортного тарифа (руб. ткм).

Отсюда можно определить величину наибольшего, экономически допустимого, радиуса отклонения:

$$R = \frac{\Delta C}{QS} \quad (2)$$

Приведенная формула концентрации производства включает три фактора, от которых зависит R . В практике территориального размещения производства нередко используется ещё один подход, в основе которого лежит показатель *производственной плотности* (P). Под этим показателем понимается объем продукции, приходящийся на единицу площади с радиусом R . В этом случае вся производственная масса (M), притягиваемая к центру концентрации будет определяться выражением:

$$M = \pi R^2 p \quad (3)$$

Отсюда:

$$R = \sqrt{\frac{M}{\pi p}}. \quad (4)$$

Организационно-экономическое положение Арктического макрорегиона характеризуется следующими параметрами:

- число субъектов РФ (регионов) – 8, муниципальных образований – 15;
- общая площадь макрорегиона – 4030 тыс. км²;
- общая численность населения – 1674 тыс. чел.;
- суммарный валовой региональный продукт (ВРП) – 2229 млрд. руб.;
- плотность населения – 0,42 чел./км².

Исходя из приведенных параметров, были проведены расчёты допустимых расстояний транспортировки грузов при минимизации общих издержек на производство и транспортировку продукции (формула 4). Расчёты показали, что радиус зоны обслуживания (расстояние перевозок) в среднем по макрорегиону находится в пределах 1000–1500 км, что соответствует средней площади, обслуживаемой одним ТЛЦ в 500–600 т. км². В границах территории Арктического макрорегиона (4030 т. км²), таким образом, может быть сформулировано 8 межрегиональных транспортно-логистических центров.

Расположение ТЛЦ проводилось с учетом:

- географического расположения в пределах Чукотского макрорегиона;
- отраслевой принадлежности и производственной специализации территорий;
- существующих экономических связей, наличия договоров и соглашений;
- единства транспортной инфраструктуры, автомобильных и железных дорог, водных магистралей;
- уровня экономического и социального развития, соотношения объёмов производства, занимаемой площади, численности населения.

Используя исходные параметры макрорегиона и признаки распределения территорий, в работе предлагается формирование следующих ТЛЦ:

1. Кольский ТЛЦ.
2. Архангельский ТЛЦ.
3. Ненецкий ТЛЦ.
4. Воркутинский ТЛЦ.
5. Ямало-Ненецкий ТЛЦ.
6. Таймыро-Туруханский ТЛЦ.
7. Северо-Якутский ТЛЦ.
8. Чукотский ТЛЦ.

Более подробная характеристика ТЛЦ Чукотского макрорегиона приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристика транспортно-логистических центров (ТЛЦ)
 Арктического макрорегиона**

Территория размещения ТЛЦ	Параметры							
	Площадь, тыс. км	% от РФ	Население, тыс. чел.	% от РФ	Плотность населения, чел./км ²	ВРП, млрд. руб.	% от РФ	Плотность производства, руб./км ²
Мурманская область	145	0,8	766	0,5	5,28	307	0,6	2,12
Ненецкий автономный округ	177	1,0	43	0,03	0,24	172	0,3	0,97
Ямало-Ненецкий автономный округ	769	4,5	540	0,4	0,7	1373	2,5	1,79
Таймыр	880	5,2	38	0,03	0,04	5	0,01	0,01
Норильск	0,03	–	177	0,1	6772,5	300	0,5	1,0
Якутия	1338	2,8	60	0,04	0,8	25	0,04	0,02
Чукотка	721	4,2	50	0,03	0,07	47	0,1	0,07
Всего	4030	23,6	1674	1,2	–	2229	4,1	5,98

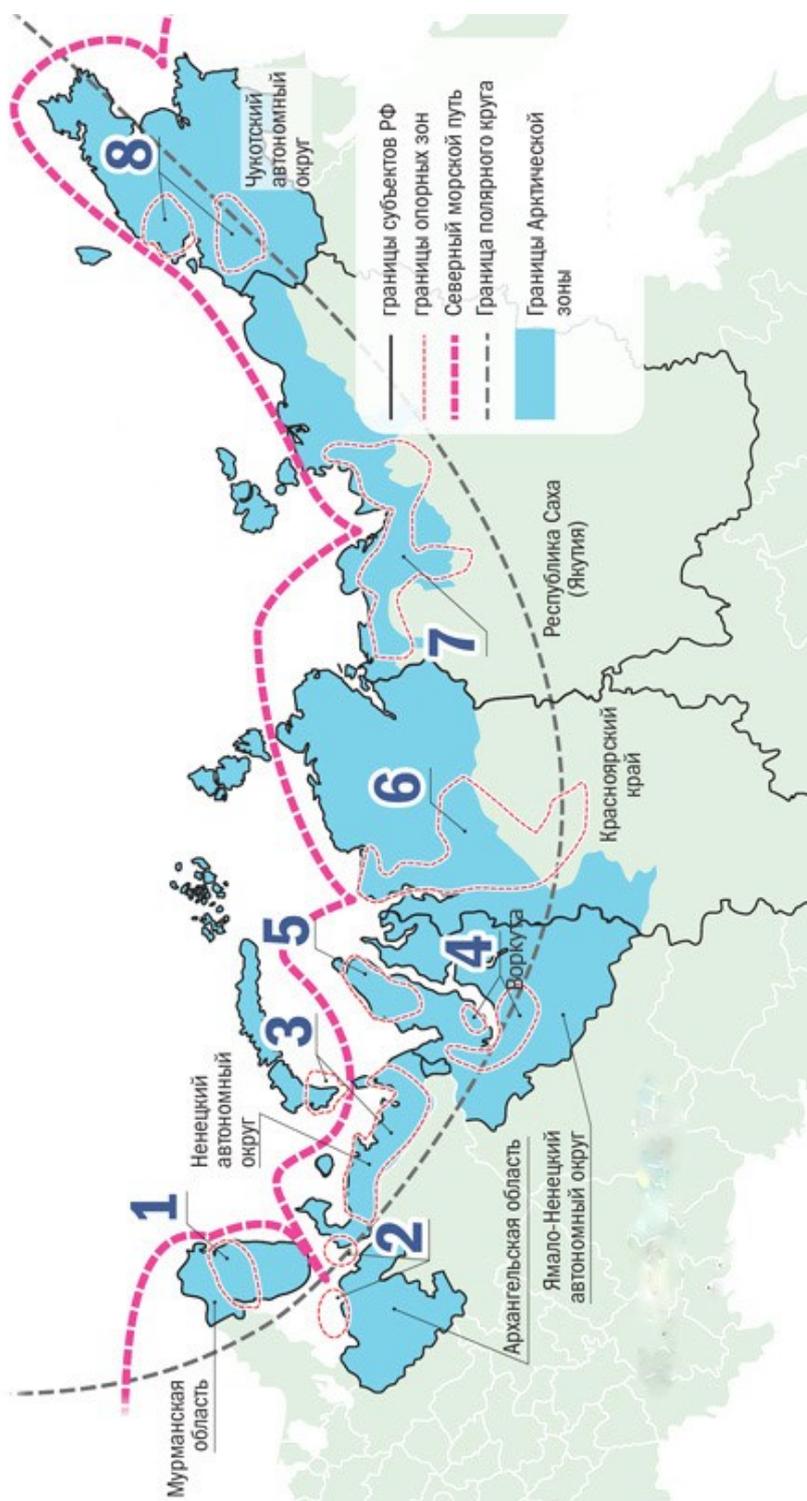


Рис. 2. Карта географического размещения сети ТЛЦ в рамках Чукотского микрорайона

Как видим из данных, приведенных в таблице 2, территориально-экономический потенциал регионов имеет сильные различия. Поэтому решение задачи размещения ТЛЦ рассматривалось с позиций теории «пространственного экономического равновесия» и теории «территориально-отраслевой интеграции».

В качестве основных принципов этих теорий при проектировании сети ТЛЦ были приняты следующие:

- месторасположение каждой организационно обособленной структуры должно обладать максимально возможными преимуществами как для производителей товаров и услуг, так и для их потребителей;
- обеспечение устойчивого экономического равновесия территории за счёт обеспечения транспортной доступности производственных зон макрорегиона;
- рациональное размещение производительных сил регионов и их взаимодействие на межрегиональном уровне;
- территориальное размещение производственных объектов должно строиться на полном использовании природных и экологических ресурсов;
- обеспечение самодостаточности территорий. Поддержание равновесия доходов и расходов населения территории;
- установление сбалансированности интересов территорий, бизнеса и населения;
- размещение производственных и социальных объектов с учетом прогнозных оценок перспективного развития территорий [2–8]

Основываясь на выполненных расчётах и указанных выше принципах организационного проектирования экономических систем, в работе предлагается карта географического размещения сети ТЛЦ в рамках Чукотского макрорегиона (рис. 2).

Территория макрорегиона включает, таким образом, 8 субъектов федерации и 15 муниципальных образований:

1. Мурманская область.
2. Архангельская область, включая муниципальные образования: г. Архангельск; Мезенский район; Новая Земля; г. Новодвинск; Онежский район; Приморский район; г. Северодвинск.
3. Ненецкий автономный округ.
4. Республика Коми.
5. Ямало-Ненецкий автономный округ.
6. Красноярский край, включая муниципальные образования: городской округ г. Норильск; Таймырский район.
7. Республика Саха (Якутия), включая муниципальные образования: Анабарский (Долгано-Эвенкийский) улус; Булунский улус; Усть-Янский улус.
8. Чукотский автономный округ [2–3]

В силу территориальной (полярная зона) и отраслевой (добывающая, транспортная) специфики Чукотского макрорегиона процесс проектирования и формирования сетевой организации в границах Арктики носит специфический характер и включает семь последовательных этапов (см. рис. 3).

Практика создания инновационных структур свидетельствует о том, что современная концепция интеграции всё более и более ориентируется на корпоративный подход, который по существу является синтезом опыта государственного и рыночного хозяйствования. Реализация данного подхода осуществляется на основе интеграции и взаимодействия различных хозяйствующих субъектов в процессе создания и функционирования корпоративных структур.

Субъектами хозяйствования выступают предприятия и организации различных отраслей, территориальные органы управления, финансово-кредитные и страховые организации, контактные аудитории, объединённые на единой платформе хозяйственных отношений. Следует учесть, что территориально-отраслевая интеграция не уничтожает отдельные структуры, а даёт им возможность раскрыться на основе взаимной заинтересованности.

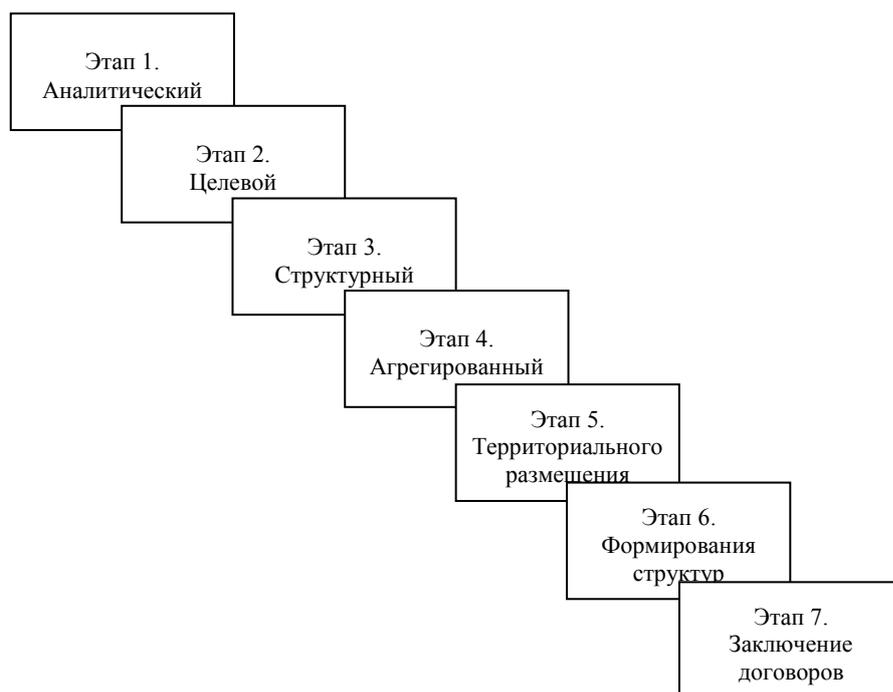


Рис. 3. Схема поэтапного формирования сети транспортно-логистических центров (ТЛЦ) Арктического макрорегиона

При создании и развитии корпоративных структур, как показывает практика, используются различные организационно-правовые формы: промышленно-финансовые группы (ФПГ); экономические зоны хозяйствования (ЭЗХ); объединения холдингового типа, кластеры; государственно-частные партнерства; территориально-отраслевые комплексы и др.

В условиях бюджетного дефицита, с одной стороны, и хронического недостатка в инвестициях бизнеса с другой, реализация крупных объектов и стратегических программ требует от государства использовать бюджетные инвестиции как рычаг привлечения частных вложений, то есть развивать государственно-частное партнерство (ГЧП), которое широко применяется за рубежом и недостаточно развито в России.

Государственно-частное партнерство – новая организационно-правовая форма предприятия, которая создается на основе договора, регулирующего права и обязанности партнеров, порядок возмещения затрат и разделения прибыли, а также сроки деятельности и условия его роспуска. Каждый партнер имеет право на заключение сделок и имеет равный голос в управлении и контроле партнерства.

Полагаем, что в современных условиях при формировании и развитии сети ТЛЦ наиболее целесообразно использовать различные формы государственно-частных партнерств: госконтракт, лизинг (аренда), концессия, контракт «жизненного цикла», объединения и т. д. Перечисленные формы ГЧП отличаются не только правом на собственность, капвложениями, но и степенью распределения ответственности и понесенных потерь. От распределения рисков прямо зависит выбор того или иного соглашения при формировании ГЧП.

Список литературы:

[1] Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р.

- [2] Бандман, М.К. Территориально-производственные комплексы: предплановые исследования / М.К. Бандман, Р.М. Артющкова, Б.Л. Орлов. – Новокузнецк: Наука, 1998. – 270 с.
- [3] Гранберг, А.Г. Основы региональной экономики: Учебник для вузов / А.Г. Гранберг; Гос. ун-т – Высшая школа экономики. – 4-е изд. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. – 495 с.
- [4] Жмачинский, В.И. Формирование и развитие транспортно-логистических центров в Поволжском макрорегионе: Монография / В.И. Жмачинский, С.В. Вселов, М.В. Карташов. – Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2016. – 152 с.
- [5] Коновалова, Т.В. Система оценки эффективности функционирования транспортно-логистического центра / Т.В. Коновалова, М.А. Науменко // Транспорт. Наука, техника, управление. – 2012. – № 3. – С. 62–65.
- [6] Сабаноква, С.Х. Роль транспортной отрасли в экономике России / С.Х. Сабаноква // Современные научные исследования и инновации [Электронный ресурс] URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/10/3230>
- [7] Скрипаль, А.С. Формирование сети транспортно-логистических центров в регионе (на примере Хабаровского края) // Молодой ученый. – 2017. – №50(1). – С. 76–79.
- [8] Хаирова С.М. Выбор концепций логистики транспортными системами России при формировании опорных сетей и интеграции услуг / С.М. Хаирова // Вестник Саратовского государственного технического университета: Научно-технический журнал. – 2014. – №1 (74). – С. 217–223.
- [9] Xin Lao, Xiaoling Zhang, Tiyanshen, Martin Skitmore. Comparing China's city transportation and economic networks // Cities, Volume 53, April 2016, P. 43–50.
- [10] Min-Ho Ha, Zaili Yang, Jasmine Siu Lee Lam. Port performance in container transport logistics: A multi-stakeholder perspective // Transport Policy, Volume 73, January 2019, P. 25–40.
- [11] DraganPamučar, LjubomirGigović, GoranČirović, MiodragRegodić. Transport spatial model for the definition of green routes for city logisticscenters // Environmental Impact Assessment Review, Volume 56, January 2016, P. 72–87.
- [12] RamazanKaynak, İpekKoçoğlu, Ali EkberAkgün. The Role of Reverse Logistics in the Concept of Logistics Centers // Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 109, 8 January 2014, P. 438–442.
- [13] JenniEckhardt, JarkkoRantala. The Role of Intelligent Logistics Centres in a Multimodal and Cost-effective Transport System // Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 48, 2012, P. 612–621.
- [14] ÖzgürKabak, FusunÜlengin, ŞuleÖnselEkici. Connecting logistics performance to export: A scenario-based approach // Research in Transportation Economics // Volume 70, October 2018, P. 69–82.
- [15] Nathália da Silva SenaHermeto, Virgílio José Martins Ferreira Filho, Laura Bahiense. Logistics network planning for offshore air transport of oil rig crews // Computers & Industrial Engineering // Volume 75, September 2014, P. 41–54.
- [16] Paul Larson, Barry Prentice, David Duval, Adolf K. Y. Ng, Changmin Jiang. Transport Networks and Impacts on Transport Nodes // Transport Nodal System, 2018, P. 9–28.

TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS (TLC) NETWORK ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC DESIGNING IN THE RUSSIAN FEDERATION ARCTIC ZONE

*Zhmachinsky Victor I., Professor of the Department of Economics and Management,
Volga State University of Water Transport*

*Ilyushchenko Ilya G., Associate Professor of the Department of Economics
and Management, Volga State University of Water Transport*

*Xiangyu Wu, post-graduate student of the Department of Economy and Management,
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: organizational and economic design, the Arctic zone Russian Federation, Northern Sea Route (NSR), object placement, Public-Private Partnership (PPP).

Annotation. The article based on the organizational and economic prerequisites study for the accelerated the Russian Federation Arctic zone development (natural resources availability, social backwardness, «regionalization» of management, etc.) the main offers concerning the

transport and logistics centers network organizational and economic design. the Russian Federation Arctic zone area socio-economic and territorial characteristics, the basic TLC network strategic development directions are given as well as placing them on the compensation for additional transport costs basis due to savings resulting from the production concentration o. Taking into account the territorial and sectoral macroregion, specificity a scheme for the TLC network phased formation in the macroregion is proposed.

As the calculations result the map shows the TLC boundaries geographical location in the Chukchi macro-regions.

References:

- [1] Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 № 1734-p.
- [2] Bandman, M.K. Territorial'no-proizvodstvennyye komplekсы: predplanovyye issledovaniya / M.K. Bandman, R.M. Artyushkova, B.L. Orlov. – Novokuznetsk: Nauka, 1998. – 270 p.
- [3] Granberg, A.G. Osnovy regional'noy ekonomiki: Uchebnik dlya vuzov / A.G. Granberg; Gos. un-t – Vysshayashkola ekonomiki. – 4-ye izd. – M.: Izd. dom GU VSHE, 2004. – 495 p.
- [4] Zhmachinskiy, V.I. Formirovaniye razvitiyey transportno-logisticheskikh tsentrov v Povolzhskom makroregione: Monografiya / V.I. Zhmachinskiy, S.V. Vselov, M.V. Kartashov. – Astrakhan': Izdatel' Sorokin R.V., 2016. – 152 p.
- [5] Konovalova T.V., Naumenko M.A. Systema otsenki effektivnosti funktsionirovaniya transportno-logisticheskogo tsentra // Transport. Nauka, tekhnika, upravlenie. – 2012. – № 3. – P. 62–65.
- [6] Sabanokova, S.KH. Rol' transportnoy trasli v ekonomiki Rossii / S.KH. Sabanokova // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii [Elektronnyy resurs] URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/10/3230>
- [7] Skripal. A.S. Formirovaniye i razvitiye transportno-logisticheskikh tsentrov v regione (naprimere Khabarovskogo kraya) // Molodoy uchenyiy. – 2017. – № 50(1). – P. 76–79.
- [8] Khairova, S.M. Vybor kontseptsiy logistiki transportnymi sistemami Rossii pri formirovani opornykh setey i integratsii uslug // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: Nauchno-tekhnicheskij zhurnal. – 2014. – № 1 (74). – P. 217–223.
- [9] Xin Lao, Xiaoling Zhang, Tiyan Shen, Martin Skitmore. Comparing China's city transportation and economic networks // Cities, Volume 53, April 2016, P. 43–50.
- [10] Min-Ho Ha, Zaili Yang, Jasmine Siu Lee Lam. Port performance in container transport logistics: A multi-stakeholder perspective // Transport Policy, Volume 73, January 2019, P. 25–40.
- [11] Dragan Pamučar, Ljubomir Gigović, Goran Ćirović, Miodrag Regodić. Transport spatial model for the definition of green routes for city logistics centers // Environmental Impact Assessment Review, Volume 56, January 2016, P. 72–87.
- [12] Ramazan Kaynak, İpek Koçoğlu, Ali Ekber Akgün. The Role of Reverse Logistics in the Concept of Logistics Centers // Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 109, 8 January 2014, P. 438–442.
- [13] Jenni Eckhardt, Jarkko Rantala. The Role of Intelligent Logistics Centres in a Multimodal and Cost-effective Transport System // Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 48, 2012, P. 612–621.
- [14] Özgür Kabak, Füsün Ülengin, Şule Önsel Ekici. Connecting logistics performance to export: A scenario-based approach // Research in Transportation Economics // Volume 70, October 2018, P. 69–82.
- [15] Nathália da Silva Sena Hermeto, Virgílio José Martins Ferreira Filho, Laura Bahiense. Logistics network planning for offshore air transport of oil rig crews // Computers & Industrial Engineering // Volume 75, September 2014, P. 41–54.
- [16] Paul Larson, Barry Prentice, David Duval, Adolf K. Y. Ng, Changmin Jiang. Transport Networks and Impacts on Transport Nodes // Transport Nodal System, 2018, P. 9–28.

Статья поступила в редакцию 17.04.2019 г.

УДК 656.62: 338.12

*Зарецкая Екатерина Владимировна, доцент кафедры управления, логистики и эксплуатации водного транспорта ФГБОУ ВО «МГАВТ»,
e-mail: zarekaterina@yandex.ru*

Жаворонков Никита Андреевич, аспирант кафедры управления, логистики и эксплуатации водного транспорта ФГБОУ ВО «МГАВТ», e-mail: se@rct.ru

*Исаева Анна Андреевна, профессор кафедры «Социально-гуманитарных и экономических дисциплин», ФГБОУ ВО «МГАВТ»,
e-mail: isaeva@russian-shipping.ru*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»,
117105, г. Москва, ул. Новоданиловская набережная, 2 к.1.*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕДОИСПОЛЬЗОВАННОГО ТРАНСПОРТНОГО И ТУРИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ ЗА СЧЁТ НОВЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Ключевые слова: мультимодальные пассажирские перевозки, перевозки пассажиров, в том числе по внутренним водным путям России, пассажирские суда, инновационные мультимодальные транспортные технологии.

Аннотация. Существующую потребность в повышении качества транспортного обслуживания населения невозможно удовлетворить без внедрения мультимодальных технологий, обеспечивающих комфортный проезд несколькими видами транспорта. Вместе с тем недостаточное использование внутренних водных путей для перевозки пассажиров обуславливает целесообразность поиска адекватных технологических решений для интеграции речных участков в пассажирские транспортные схемы. В статье рассматриваются возможные направления развития мультимодальных пассажирских перевозок на внутренних водных путях, в том числе с использованием новых проектов судов, которые позволили бы улучшить транспортное обслуживание населения, снизить нагрузку на улично-дорожную сеть, авто- и железные дороги в период «пиковых» нагрузок, снизить негативное воздействие транспорта на окружающую среду, а также расширить возможности организации туристских путешествий.

Пассажирские перевозки в подавляющем большинстве являются мультимодальными, т.е. осуществляются как минимум двумя видами транспорта, поскольку редко кому удаётся без пересадок добраться от места проживания к месту работы, учёбы, досуга. Следует отметить и большой недооценённый потенциал внутренних водных путей. Недостаточность научных трудов вместе с существующей необходимостью обуславливает актуальность научных изысканий в этой сфере.

В настоящее время ряд транспортных компаний, например, ОАО «Российские железные дороги»¹, ООО «Северречфлот»² предоставляют возможность одновременного приобретения билетов для осуществления мультимодальной пассажирской перевозки. А для туроператоров объединение круиза с доставкой к месту отплытия давно является обычной практикой³.

¹ pass.rzd.ru

² severflot.ru

³ mcruises.ru/

Изменившаяся геополитическая обстановка дала необходимые импульсы для решения давно назревших, как в области возрождения речного пассажирского флота, так и развития внутреннего и въездного туризма, проблем. Государственные структуры, выполняя поручения Президента Российской Федерации, данные по итогам заседаний президиума Государственного совета Российской Федерации 17 августа 2015 и 15 августа 2016 года, нашли приемлемые для бизнеса формы взаимодействия. Результатом чего стали серьёзные инвестиции в модернизацию туристической и транспортной инфраструктуры, разработка новых маршрутов.

Реализация мер государственной поддержки (Федеральный закон от 07.11.2011 № 305-ФЗ о поддержке судостроения и судоходства, Постановление Правительства Российской Федерации от 22.05.2008 № 383, применение механизма Судового утилизационного гранта) позволили судоходным компаниям начать строительство современных пассажирских судов, в том числе смешанного река-море плавания в 2016 году.

Примером является судно проекта PV300, соответствующее требованиям международных конвенций, которое может эксплуатироваться на международных линиях Чёрного, Азовского, Балтийского и Каспийского морей с заходами в порты различных прибрежных государств, а также заходить в речные порты, перемещаясь по внутренним водным путям России. Это не удешевляет стоимость строительства, но расширяет географию и даёт возможность круглогодичной работы, повышая экономическую эффективность проекта.

В настоящее время строятся два судна проекта PV300. Оба четырехпалубных круизных судна имеют пассажироместимость порядка 300 человек, размещение планируется в комфортабельных двухместных каютах площадью от 17 до 30 кв. м., которые будут соответствовать номерному фонду пятизвёздочных отелей. Заказчиками новых судов являются ОАО «Мостурфлот» (входит в группу компаний «Морское речное пароходство») и «Водоходь».

Данный сегмент туристического рынка имеет значительный потенциал – как в части экспорта туристических услуг, так и роста внутреннего спроса. Однако, несмотря на ставшее сегодня возможным лизинговое финансирование под 1% годовых с выделением средств господдержки лизинговой компании и возвратом судовладельцу 2/3 стоимости кредита, а также возможности использования судового утилизационного гранта в размере не менее 15% от стоимости нового судна, строительная стоимость более 3 миллиардов рублей [1] ограничивает предложение.

Учитывая высокую строительную стоимость, в течение ближайших лет компаниями – заказчиками рассматривается приобретение только одного – двух таких теплоходов. В то же время, по экспертным оценкам, рынку необходимы как минимум 10 таких судов в ближайшие 5–10 лет, а в более отдалённой перспективе – десятки речных пассажирских судов, которые заменили бы выбывающий пассажирский флот.

Кроме того, стоимость отдыха на теплоходе «три звезды» сегодня обходится от 2,5 тыс. руб. в сутки, «четыре звезды» – от 4,5 тысяч [2,3], что сдерживает интенсивный рост в данном сегменте на внутреннем рынке. Платёжеспособность большинства российских туристов заставляет искать другие способы знакомства с красотой российских рек и достопримечательностями прибрежных территорий. В то же время, этот сегмент демонстрирует значительную степень лояльности, что подтверждает и анкетирование судоходными компаниями российских туристов, и большое количество возвратных туристов, годами, а иногда и десятилетиями выбирающих отдых на речных судах.

Круизы по российским внутренним водным путям представляют собой яркий пример мультимодальных пассажирских перевозок: пассажиры добираются в порт отправления судна воздушным, железнодорожным, городским общественным и личным транспортом, затем путешествуют на судне, совершая в пунктах остановки экскурсионные поездки с использованием автотранспорта.

Туристические группы, или всё чаще – индивидуальные путешественники, могут путешествовать самостоятельно, наземным, в том числе собственным, или водным

транспортом. Такая схема туристических перевозок с использованием судов на подводных крыльях проекта 340 «Ракета», входила в «Золотое кольцо России» в середине 1970-х годов на маршруте Плес – Кострома – Ярославль и не только. Стоило это совсем недорого (в буквальном смысле – меньше рубля) и времени в пути занимало меньше, а удовольствия от полёта на скорости над водой по сравнению с поездкой в душном пыльном автобусе туристы получали больше [4].

Следует отметить, что установившейся курс рубля по отношению к основным мировым валютам позволяет наблюдать рост туристских прибытий зарубежных граждан на российские внутренние водные пути.

Во всем мире развитие цивилизаций происходило вблизи рек, что объясняет большое количество объектов туристического показа в прибрежных регионах. При этом часть из них доступна только с воды [5]. Сегодня этот сегмент также получил новые импульсы для своего развития. Разрабатываются и реализуются проекты малых скоростных и прогулочных судов для городских, пригородных и междугородних пассажирских перевозок в крупных городах, парализованных интенсивным движением автотранспорта (Москва, Санкт-Петербург, Волгоград, Нижний Новгород и др.) и для регионов с отсутствием альтернативы, например, острова Северной Двины в Архангельске [6].

Малые суда, в том числе строят на небольших восстанавливаемых верфях, а их экономическая эффективность обуславливается востребованностью. Среди интересных решений можно назвать проект 82500 «Мойка» для обслуживания туристов в Санкт-Петербурге, «Грифон» – первый российский пассажирский катамаран из углепластика на 120-150 пассажиров, развивающий скорость 60–65 км в час, претендующий заменить собой «Метеор» на маршрутах в Петергоф, и даже выйти на линию из Петербурга в Хельсинки и Таллин.

Пассажирский катер на подводных крыльях «Валдай 45Р», способный перевозить 45 пассажиров со скоростью до 65 км/час, и «Комета» нового поколения на 120 пассажиров, построенные на судостроительном заводе «Вымпел» в Рыбинске, также могут стать частью привычных маршрутов. Следует также отметить, что в настоящее время проектируются и строятся суда на воздушных подушках и скоростные пассажирские суда глиссирующего (скользящего) типа, способные перевозить до 150 пассажиров в прибрежной морской зоне и по большим рекам со скоростью 70 км в час, суда с колесным двигателем, грузопассажирские паромы нового поколения и пр. [7].

Однако эти интересные и перспективные с точки зрения практического применения решения являются только частью поставленной задачи по организации мультимодального пассажирского сообщения с «бесшовной» пересадкой с одного на другой вид транспорта. Как правило, причалы и пристани расположены таким образом, что требуют от пассажиров дополнительных финансовых и временных затрат на то, чтобы добраться до них. Практически отсутствуют условия для быстрой пересадки пассажиров с речного на другие виды транспорта. Положительным примером является совмещённый речной/автобусный вокзал в городе Ханты-Мансийск. Но пока таких примеров единицы.

В свою очередь, отсутствие продуманных мультимодальных, как городских и пригородных, так и межрегиональных схем пассажирского сообщения обуславливает необходимость использования личного транспорта.

Министром транспорта М.Ю. Соколовым на заседании президиума Государственного совета Российской Федерации 22 сентября 2017 года было отмечено снижение объёмов перевозок транспортом общего пользования в последние годы из-за активной автомобилизации населения (с ежегодными темпами роста 4–6%) и неспособностью городской улично-дорожной сети к пропуску этого автомобильного потока. «Несбалансированность транспортного спроса, поездки на личном автомобиле усугубляются отсутствием комплексного подхода к организации пассажирских перевозок всеми видами транспорта. И одной из основных причин такого несоответствия является недостаточная координация в сфере градостроительства и транспортного планирования» [8].

В этой связи, не такой уж футуристичной и, безусловно, заслуживающей внимания, является концепция организации регулярных грузопассажирских линий с использованием скоростных паромов-катамаранов.

Давно и хорошо зарекомендовавшая себя технология паромного сообщения, традиционно позволявшая грузовому, пассажирскому и личному автотранспорту преодолевать водные преграды вместе с пассажирами, сегодня представлена на новом технологическом уровне, позволяющем перевозить их со скоростью порядка 30 км в час.

Скорость транспортного сообщения влияет на эффективность экономических связей и подвижность населения. Рост скорости доставки грузов и пассажиров даёт ощутимый экономический и социальный эффект. Но не меньшее значение имеет регулярность, ритмичность и отсутствие дискомфорта из-за непредсказуемости и потери времени при пересадке с одного вида транспорта на другой. Освободившееся время люди могут использовать на другие цели.

Важно, что сроки доставки при незначительном, казалось бы, увеличении скорости парома, становятся вполне сопоставимыми с автомобильными. Например, на маршрутах Москва-Набережные Челны и Санкт-Петербург-Набережные Челны, протяжённостью в 1,6 и 2 тыс. км соответственно, время доставки по сравнению с автомобильным транспортом увеличивается всего на 2 суток⁴. При обычной скорости хода 20 км/ч, время таких рейсов было бы на 4 суток дольше по сравнению с движением по автодороге. А на участках Ярославль – Нижний Новгород и Нижний Новгород – Казань паромы имеют даже небольшое преимущество по времени доставки по сравнению с грузовым автотранспортом [9].

Маршруты выбраны неслучайно, так как интенсивность движения на трассах М7 «Волга» и М10 «Россия» показывает, что основная нагрузка приходится на участки М-10 Москва – Тверь – Великий Новгород – Санкт-Петербург 29км (доходит до 95 тысяч автомобилей в сутки, включая 24 тысячи грузоподъёмностью от 5 до 20т и выше) и М7 1038+400км (до 25 тысяч автомобилей в сутки, включая 3,8 тысяч автомобилей грузоподъёмностью от 5 до 20 т и выше) увеличиваясь с мая по октябрь, достигает своих пиковых показателей, имеет тенденцию к дальнейшему росту [10].

Проект рассматриваемого парома-катамарана является доработанной двухпалубной модификацией проекта типа «Транзит», (разработка ОАО «КБ Вымпел»), предназначенного для перевозки 120 грузовых автопоездов и размещения такого же количества пассажиров с достаточной степенью комфорта. Для этого конструкцией судна предусматривается наличие в корпусах катамарана двухместных и четырёхместных кают со встроенными санитарными блоками, а также кафе самообслуживания с зоной отдыха, расположенного в надстройке. Все жилые и общественные помещения судна оборудуются системой кондиционирования воздуха.

Данный проект задумывался в первую очередь для перевозки разнообразных генеральных грузов без выгрузки из автомобилей. В этом случае автомобили, эксплуатирующиеся в настоящее время на наиболее перегруженных трассах, имеющих водных дублёров, могли бы использоваться как укрупнённые транспортные единицы. Такая технология позволяет встраивать водные участки в имеющиеся маршруты автомобильной доставки, превращая её в интермодальную со всеми присущими ей плюсами.

Конструкция судна позволяет использовать значительную площадь корпусов катамарана под пассажирские каюты, которые сначала предназначались только водителям-экспедиторам, следующим с грузом. Ведь вместо двух водителей появляется возможность работать одному, не нарушая установленный трудовой режим, обеспечивая водителю комфортный отдых не прекращая движения. В свою очередь, это позволяет снизить аварийность по сравнению с существующей сегодня практикой работы и повысить сохранность доставки.

Но принимая во внимание, что основные маршруты грузопотоков совпадают с направлениями пассажиропотоков, разработчики проекта указанного катамарана (специалисты ОАО «КБ Вымпел», ФГБОУ ВО «ВГУВТ» и МГАВТ ГУМРФ, работающие

под руководством Л. В. Багрова), пришли к заключению, что это прекрасная возможность для автотуристов. Можно, не простаивая в пробках, не прекращая движения во время отдыха, пусть и не в таких комфортных условиях как на круизном теплоходе, но за гораздо более низкую плату путешествовать вместе со своим автомобилем. Также, полагаем возможным и использование данного судна при перевозках автобусных групп туристов, которые при осуществлении многодневных автобусных туров вынуждены мириться с ночёвками в автобусе в процессе перевозки, а на судне получают возможность комфортного отдыха.

Большое количество портов захода создаёт возможность мобильного изменения маршрута, что особенно важно на водных путях с пока ещё наличествующими участками, ограничивающими пропускную способность.

Таким образом, организация работы парома не поперёк, а вдоль реки в режиме срочной линии, позволит постепенно встраивать водные пути в существующие сегодня схемы, как грузового, так и пассажирского сообщения, оперативно перестраивать маршрут в интересах клиентов.

Разумеется, эта концепция в части эффективности пассажирских перевозок требует серьёзной проработки, в том числе в рамках осуществления электронного бронирования и продажи билетов. Существует множество пока ещё не решённых вопросов. Но если удастся реализовать технологию, позволяющую по цене, немногим превышающую стоимость ночёвки в кемпинге или хостеле, продолжить путешествие вместе с автомобилем, то такого рода предложение, возможно, будет востребовано. Такая услуга, формирующая, по сути, новый уникальный туристический сегмент, будет особенно привлекательной как с туристической, так и с транспортной точки зрения на маршрутах, проходящих вдоль наиболее перегруженных автотрасс, например по Единой глубоководной системе, или при отсутствующей альтернативе, как, например, Западно-Сибирские и Северные реки.

Экономическая целесообразность гостиничного сервиса на грузовой срочной линии, в свою очередь, будет зависеть от соотношения расходов, необходимых на его поддержание, обусловленных стандартами и требованиями к уровню комфорта, и цены, уровень которой будет регулироваться спросом в конкуренции с придорожными кемпингами и городскими хостелами.

Грузопассажирская паромная линия, позволяя всем желающим за небольшую плату, сохраняя мобильность, повысить уровень комфорта во время поездок на собственном транспорте, одновременно разгружая транспортную сеть наземного транспорта, дополнить гостиничную инфраструктуру, является технологической возможностью более активного встраивания внутренних водных путей в мультимодальные схемы перевозки. Рассматриваемый комплексный проект включает организацию грузопассажирского сообщения, создание береговой и водной инфраструктуры, интеграцию с речными перевозками – т.е. полностью соответствует и дополняет задачи Государственных программ развития транспортной и туристической отраслей и Поручениям Президента Российской Федерации [11,12]. И, несмотря на множество трудностей, присущих созданию любой системы, полагаем, может рассматриваться как перспективная технология.

Таким образом, основными требованиями к пассажирским мультимодальным транспортным маршрутам с участием внутреннего водного транспорта, являются доступность по цене, безопасность, ритмичность и регулярность, сокращение времени ожидания в пересадочных узлах, повышение уровня комфорта, как самой поездки, так и сопутствующих сервисов, таких как покупка билета, доступность, вариативность и мобильность. Для их решения необходим системный подход на основе единых технологических решений как в области совершенствования транспортных средств (с сохранением уровня издержек), так и комплекса вопросов организационно-правового и коммерческого характера, учитывающий интересы всех участников системы.

Список литературы:

- [1] Францев М.Э. «Развитие речного туризма в России. Продолжение разговора», М: 2015.
- [2] Сайт «Мотурфлот». mosturflot.ru.
- [3] Сайт «Водоход». gama-nn.ru.
- [4] Материалы третьего Тверского форума «Речной туризм», 7 сентября 2015, Завидово.
- [5] Чугуевская Е.С. «О территориально-пространственных аспектах стратегии пространственного развития Российской Федерации» cyberleninka.ru.
- [6] Исаева А.А., Амирова З.Б. Круиз – уникальный турпродукт. Сборник материалов Международной научно-практической конференции Туризм и современность: состояние, проблемы и прогнозы развития, 12 апреля 2018 года, Москва, Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2018. – 121с.
- [7] Веселов Г.В., Иванов М.В., Минеев В.И., Митрошин С.Г. Обоснование целесообразности дотирования высокоскоростных водных пассажирских перевозок в Приволжском федеральном округе, Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 55. С. 119–124.
- [8] Стенограмма заседания президиума Государственного совета Российской Федерации, 22 сентября 2017 года. government.ru
- [9] Зарецкая Е.В., Митрошин С.Г., Жаворонков Н.А. Паромно-транспортная логистическая система как рациональный способ перевозки грузов, «Речной транспорт (XXI век)» – № 4 М: 2016 (80).
- [10] Статистика «Интенсивность движения автотранспорта» Росстат, 2014–2017 гг.
- [11] Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. № 1032-р). mintrans.ru
- [12] Распоряжение Правительства РФ от 29.02.2016 N 327-р «О Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года». consultant.ru.
- [13] Перечень поручений по итогам заседания президиума Госсовета по вопросу развития внутренних водных путей, состоявшегося 15 августа 2016 года kremlin.ru
- [14] Информационно-аналитические материалы к расширенному заседанию Коллегии Федерального агентства морского и речного транспорта «Об основных итогах деятельности морского и внутреннего водного транспорта в 2017 году, задачах на 2018 год и среднесрочную перспективу до 2020 года», Министерство Транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство морского и речного транспорта, Москва, 27 марта 2018 года. morflot.ru
- [15] Тезисы выступления Исаевой А.А. «Перспективы развития социально-значимых пассажирских перевозок» на Международной научно-практической конференции «Транспортные системы: тенденции развития», секция «Перспективы развития пассажирского комплекса», 27 сентября 2016г., Москва, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» (МИИТ).
- [16] Исаева А.А., Тюрина О.А. «Как и чем привлечь водных путешественников в Россию», «Речной транспорт XXI век» (№4 (75), 2015г., ISSN: 1729-4258).

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNDERUTILIZED TRANSPORT AND TOURIST POTENTIAL OF INLAND WATERWAYS DUE TO NEW MULTIMODAL TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

Zaretskaya Ekaterina V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of management, logistics and operation of water transport Moscow State Academy of Water Transport – branch FGBOU IN «GUMRF behalf of Admiral SO Makarov», and the State University of Maritime and River Fleet Admiral named SO Makarov, 2 bld. 1, Novodanilovskaya embankment, Moscow, 117105

Zhavoronkov Nikita A., Postgraduate student of the Department of management, logistics and operation of water transport Moscow State Academy of Water Transport; Head of Foreign Economic Activity Department in Radiotech-logistic LLC 127015, Moscow, Novodmitrovskaya st, 2

Isaeva Ann A., Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Social humanitarian and economic disciplines Moscow State Academy of Water Transport – branch

*FGBOU IN «GUMRF behalf of Admiral SO Makarov»,
and the State University of Maritime and River Fleet Admiral named SO Makarov
2, Novodanilovskaya embankment, Moscow, 117105*

Keywords: *multimodal passenger transportation, Passenger transportation, including Russia, inland waterways, passenger ships, innovative multimodal transport technology.*

Annotation. *The article examines the possible directions for the multimodal passenger transportation development on inland waterways, including the new ship projects use that would improve transport services for the population, reduce the load on the road network, as well as roads and railways during the «Peak» load period, reduce the negative transport impact on the environment, as well as expand the possibilities for organizing tourist trips. It is impossible to satisfy current people demand in transport quality service increasing without multimodal technologies implementation, providing comfortable travel by several transport modes. At the same time limited inland waterways using for passenger's transportation determines the adequate research technological solutions expediency for river routes integration in passenger transport schemes.*

References:

- [1] Frantsev M.E. «Razvitie rechnogo turizma v Rossii. Prodolzhenie razgovora», M: 2015.
- [2] Sayt «Mosturflot». mosturflot.ru.
- [3] Sayt «Vodokhod». gama-nn.ru.
- [4] Materialy tret'ego Tverskogo foruma «Rechnoy turizm», 7 sentyabrya 2015, Zavidovo.
- [5] Chuguevskaya E.S. «O territorial'no-prostranstvennykh aspektakh strategii prostranstvennogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii» cyberleninka.ru.
- [6] Isaeva A.A., Amirova Z.B. Kruiz – unikal'nyy turprodukt. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Turizm i sovremennost': sostoyanie, problemy i prognozy razvitiya, 12 aprelya 2018 goda, Moskva, Kirov: OOO «Izdatel'stvo «Raduga-PRESS», 2018. – 121s.
- [7] Veselov G.V., Ivanov M.V., Mineev V.I., Mitroshin S.G. Obosnovanie tselesoobraznosti dotirovaniya vysokoskorostnykh vodnykh passazhirskikh perezovok v Privolzhskom federal'nom okruge// Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. – 2018.- №55. – pp.119-124
- [8] Stenogramma zasedaniya prezidiuma Gosudarstvennogo soveta Rossiyskoy Federatsii, 22 sentyabrya 2017 goda. government.ru
- [9] Zaretskaya E.V, Mitroshin S.G., Zhavoronkov N.A. Paromno-transportnaya logisticheskaya sistema kak ratsional'nyy sposob perezovki грузов, «Rechnoy transport (XXI vek)» – № 4 M:2016 (80).
- [10] Statistika «Intensivnost' dvizheniya avtotransporta» Rosstat, 2014-2017gg.
- [11] Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda (v redaktsii rasporyazheniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 11 iyunya 2014 g. № 1032-r). mintrans.ru [12] Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29.02.2016 N 327-r «O Strategii razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda». consultant.ru.
- [13] Perechen' porucheniy po itogam zasedaniya prezidiuma Gossoveta po voprosu razvitiya vnutrennikh vodnykh putey, sostoyavshegosya 15 avgusta 2016 goda kremlin.ru
- [14] Informatsionno-analiticheskie materialy k rasshirennomu zasedaniyu Kollegii Federal'nogo agentstva morskogo i rechnogo transporta «Ob osnovnykh itogakh deyatel'nosti morskogo i vnutrennego vodnogo transporta v 2017 godu, zadachakh na 2018 god i srednesrochnuyu perspektivu do 2020 goda», Ministerstvo Transporta Rossiyskoy Federatsii, Federal'noe agentstvo morskogo i rechnogo transporta, Moskva, 27 marta 2018 goda. morflot.ru
- [15] Tezisy vystupleniya Isaevoy A.A. «Perspektivy razvitiya sotsial'no-znachimyykh passazhirskikh perezovok» na Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transportnye sistemy: tendentsii razvitiya», sektsiya «Perspektivy razvitiya passazhirskogo kompleksa», 27 sentyabrya 2016g., Moskva, FGBOU VO «Moskovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Nikolaya II» (MIIT).
- [16] Isaeva A.A., Tyurina O.A. «Kak i chem privlech' vodnykh puteshestvennikov v Rossiiu», «Rechnoy transport XXI vek» (№4 (75), 2015g., ISSN: 1729-4258).

Статья поступила в редакцию 09.04.2019 г.

УДК 338.46

*Мордовченков Николай Васильевич, профессор, д-р эконом. наук, кафедра товаро-
ведения и управления качеством,*

Институт пищевых технологий и дизайна – филиал ФГБОУ ВО «НГИЭУ»

*Поляков Валерий Михайлович, доцент, канд. педагог. наук, кафедра иностранных
языков,*

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический универси-
тет»,*

606340, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а

Тихомиров Геннадий Александрович, профессор, канд. воен. наук, кафедра ИМиХТ,

Институт пищевых технологий и дизайна – филиал ФГБОУ ВО «НГИЭУ»

*Институт пищевых технологий и дизайна – филиал ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный инженерно-экономический университет» (НГИЭУ),*

603062, г. Нижний Новгород, ул. Горная, 13

РАЗВИТИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСЛУГ НА РЫНКЕ ОСАГО: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

*Ключевые слова: автовладелец, автострахование, инфраструктура, мониторинг, при-
быль, расчет ущерба, рынок ОСАГО, системы автострахования, стандарт ОСАГО,
страховой случай, экономическая эффективность.*

*Аннотация. Статья посвящена проблемам автострахования и развития рынка
ОСАГО. Проведен анализ автострахового рынка России, Германии, США и других
стран. Определена типология эффективности рынка ОСАГО. Определена сущность
страхования ОСАГО как экономической категории, инновационного организационно-
экономического механизма, элемента инфраструктуры рынка страховых услуг. Выяс-
нены проблемы рынка страховых услуг, в т.ч. страхового мошенничества. Предлага-
ются мероприятия по развитию рынка ОСАГО, обозначены сценарии расчета эконо-
мической и социальной эффективности этих мероприятий. Разработана модель
трансформации рынка ОСАГО на мезоуровне. Обосновывается введение стандарта
ОСАГО, а также внедрение организационно-экономических механизмов и инструмен-
тариев (траст, лизинг, мониторинг, контроллинг, концессии, аутсорсинг, комплекс-
ный диагностический анализ и технологический аудит) для повышения качества и
эффективности формирования и функционирования рынка ОСАГО.*

Введение

Развивая рыночные отношения, инфраструктуру рынка, создавая систему ОСАГО, государство преследовало главную цель – обеспечить своим гражданам, пострадавшим в дорожно-транспортном происшествии (далее – ДТП), возмещение причиненного вреда их жизни, здоровью или имуществу. Источником финансирования всех этих компетенций должны быть страховые взносы всех владельцев транспортных средств, которые могут причинить вред третьим лицам – т.е. само государство по сути никаких денег в систему ОСАГО вкладывать не должно [1].

По действующему законодательству каждый автовладелец в России обязан оформить полис ОСАГО – обязательного страхования автогражданской ответственности. Без страховки управлять транспортным средством запрещено. За нарушение закона предусмотрено административное наказание в виде штрафа. В современных условиях развития общества в России страхование является индикатором экономического и социального его благополучия [2]. Рынок страховых услуг является необходимым элементом рыночной инфраструктуры. И по своим функциям рынок страховых услуг

тесно связан с рынками производства потребительских товаров, труда и рабочей силы, рынком капитала и ценных бумаг [3].

Полис ОСАГО относится к обязательному виду страхования. Это предусмотрено законом об ОСАГО [4]. Если автовладелец будет признан виновным в ДТП, то по полису ОСАГО страховая компания поможет финансово только пострадавшей стороне, а виновному придется ремонтировать свой автомобиль за свой счет [5]. Аббревиатура ОСАГО расшифровывается как «Обязательное Страхование Автомобильной Гражданской Ответственности». Добровольный вид страхования представляет собой КАСКО, и никто не вправе заставить автовладельца его оформить. В отличие от ОСАГО, КАСКО защищает от любого ущерба для транспортного средства (пожар, наводнение, угон и др.). Если владелец попадет в ДТП и будет признан виновным, то по полису КАСКО он сможет получить возмещение расходов на восстановление собственного автомобиля [6].

Аббревиатура КАСКО не имеет официальной расшифровки. Она происходит от итальянского слова «casco» («борт»), что вызывает ассоциации с бортом автомобиля, а также с защитными касками мотоциклистов. В испанском языке слово «casco» означает череп; в прошлом водители в Испании наносили через трафарет череп на кузов своего автомобиля, предупреждая пешеходов о его опасности, а первые страховые полисы действительно имели изображения черепа [7]. В настоящее время предпринимаются попытки расшифровывать аббревиатуру КАСКО как: «Комплексное Автомобильное Страхование Кроме Ответственности» [7].

Система страхования автогражданской ответственности в Германии почти аналогична российской. Требования к автострахованию изложены в Законе об обязательном страховании автовладельцев (Gesetz über die Pflichtversicherung für Kraftfahrzeughalter). Страховка (Обязательное страхование автомобилей) аналогичная нашему ОСАГО, предназначена для покрытия ущерба потерпевшей стороне вследствие причинения вреда жизни, здоровью или имуществу при использовании транспортного средства. Эта страховка является обязательной; без нее невозможно получить номерной знак автомобиля и запрещается управлять транспортным средством [8], [9], [10], [11]. В Германии используются также два вида страхования, похожие на нашу систему страхования КАСКО (Kfz-Kaskoversicherung). Частичная каско (Teilkasko) покрывает ущерб от угона или попытки взлома автомобиля, кражи колес и т.п., а также от столкновения с животными. Полная каско (Vollkasko) покрывает ущерб, который не возмещается двумя вышеназванными видами страхования, т.е. Kfz-Haftpflicht и Teilkasko. При этом виде страхования возмещаются также убытки от актов вандализма и ремонт парковочных царапин [12], [13], [14].

В названиях систем страхования англоязычных стран часто присутствует словосочетание third party (*третья сторона*), т.е. лицо, которое не является участником страхового договора. Система обязательного автострахования называется по-английски «compulsory motor third party liability insurance», т.е. обязательное страхование гражданской ответственности [15], [16], [17].

В США отсутствует общенациональная система автострахования, каждый штат самостоятельно формулирует требования к страхованию автомобилей. Существуют два основных вида страхования:

1) ответственность ложится на виновника аварии (по-английски это называется at fault – *при наличии вины*); такая система примерно соответствует ОСАГО, она принята в 38 штатах США;

2) независимо от того, кто виноват (по-английски no fault, т.е. *без вины*), страховая компания возмещает причиненный ущерб. Такой вид страхования аналогичен КАСКО; он используется в 12 штатах [18], [19].

В пяти штатах США наличие страховки вообще не является обязательным [19].

В одной из публикаций утверждается, что наши системы автострахования ОСАГО и КАСКО полностью скопированы с американских [20].

Цена полиса в большинстве стран зависит от водительского стажа (чем меньше стаж, тем дороже полис), класса машины и мощности двигателя. Кстати, в Италии размер автостраховки для женщин может быть меньше, чем для мужчин – итальянцы считают, что женщины являются более аккуратными водителями [21].

Существует страховой полис «Зеленая Карта» (Green Card) для тех, кто едет в страны Европы на своем автомобиле [22], [23]. Это аналог нашего полиса ОСАГО. В России стоимость гринкарты одинакова для всех страховых компаний. В январе-феврале 2019 года на 15 дней она составляла 2830 руб. В систему Зеленой Карты входят 46 стран: все европейские страны (в т.ч. Россия), Израиль, Тунис, Марокко и Иран.

Автострахование в странах с развитой экономикой – это процесс возмещения экономического ущерба лицам, пострадавшим в результате использования своих автомобилей или от их угона. Автострахование возмещает убытки участникам автотранспортного движения, третьим лицам, которые случайно становятся жертвами ДТП. Деятельность любого субъекта хозяйственной деятельности подвержена действию внутренних и внешних факторов, объективных и субъективных подходов (оценок), которые могут привести к значительным убыткам предполагаемого субъекта. Поэтому главной целью услуги автострахования является возмещение ущерба в связи с наступлением страхового случая.

В России количество аварий на дорогах увеличивается пропорционально росту количества транспортных средств (автомобилей). Поэтому своевременно оформленное страхование транспортного средства в случае аварии может оказать эффективную помощь водителям. Автострахование поможет избежать также значительных финансовых потерь за счет страховых выплат в соответствии с существующим законодательством.

Основная часть

Автострахование – это отдельный процесс, который является обязательным в процессе приобретения транспортного средства. Не каждый водитель хочет застраховать свой автомобиль, т.к. это влечет за собой определенные затраты. На современном этапе в условиях рисков и неопределенности на рынке услуг системы «КАСКО» и «ОСАГО» – самые популярные виды автострахования. Каждый из указанных видов страхования активно используется многими автомобилистами, и в то же время каждый из них имеет свои неоспоримые преимущества и недостатки. В настоящее время ОСАГО и его преимущества оценили большинство владельцев автомобилей, так как полис дает гарантию того, что любой ущерб жизни, здоровью или имуществу обязательно будет возмещен. Для оформления автополиса ОСАГО необходимо предоставить паспорт владельца, водительское удостоверение, ПТС. Даже если произойдет несчастный случай, и человек является его виновником, полис ОСАГО позволяет быстро выплатить компенсацию потерпевшей стороне. В условиях развития информационной инфраструктуры имеется возможность оформления полиса ОСАГО через Интернет, что очевидно является преимуществом, потому что в этом случае экономится важнейший компонент эффективности – время. Количество договоров, заключенных таким образом, во много раз превышает количество полисов, оформленных в оффлайне [24].

Авторы считают, что типология эффективности рынка ОСАГО включает в себя нижеследующие показатели (табл. 1).

Типология эффективности рынка ОСАГО

№	Оценка эффективности рынка по показателям ОСАГО	
	По отношению к страховщикам	По отношению к страхователям
1	прибыльность	актуальность полиса online
2	убыточность	доступность
3	спрос	возможность доказательной базы через судебную систему (арбитраж)

Страховой рынок России на современном этапе своего развития представляет собой один из наиболее проблемных и болезненных секторов экономики страны [25]. В то же время, сектор обязательного автострахования выступает в роли крупнейшего открытого рынка страхования России и сосредотачивает в себе значительную часть страховых сборов, которая составляет, по меньшей мере, более 60% от ее общей массы. Рынок ОСАГО переживает этапы подъема и спада, посредством чего возникает экономическая неопределенность и рождается перечень наиболее острых проблем, требующих оперативного и объективного решения. Обязательное страхование гражданской ответственности владельцев транспортных средств (сокр. ОСАГО – обязательное страхование автогражданской ответственности) – вид страхования ответственности, при котором объектом страхования являются имущественные интересы, связанные с риском гражданской ответственности владельца транспортного средства по обязательствам, возникающим вследствие причинения вреда жизни, здоровью или имуществу потерпевших при использовании транспортного средства.

Авторы статьи солидарны в том, что сущность страхования ОСАГО затрагивает не только экономическую категорию финансов, но и полезность формирующегося элемента в институциональной инфраструктуре, включающей в себя анализ информационного ресурса, конкурентоспособность одного из элементов инфраструктуры рынка, связанного с системой ОСАГО и направленного на клиентоориентированность и повышение качества жизни граждан [26].

Комплексный, системный анализ рынка ОСАГО позволяет сделать вывод о его характере: по ряду показателей рынок ОСАГО отстает от других видов страхования. По мнению авторов, наряду с положительной тенденцией мониторинга страховых услуг, проведения различных форумов, конференций, совещаний страховщиков, в составе ассоциаций имеются негативные тенденции, связанные с либерализацией тарифов и развитием гильдии мошенников, недоброкачественных посредников – автоюристов, извлекающих коммерческую прибыль из казны государства и/или государственно-частного партнерства, снижая уровень экономической и социальной безопасности на различных уровнях управления.

В условиях формирования и трансформации инфраструктуры рынка деятельность страховщиков становится все более востребованной. Это налагает на них все большие обязательства предоставлять качественные страховые услуги, осуществлять страховые выплаты своевременно и в достаточном для возмещения вреда объеме. Но все же в условиях санкций и несовершенства страховой системы вызывают серьезную озабоченность задержки страховых выплат, рост числа жалоб на несвоевременность рассмотрения требований страхователей, застрахованных, выгодоприобретателей и необоснованные отказы в страховой выплате; появляется тенденция роста дебиторской и кредиторской задолженности, факты ареста счетов и банкротства страховщиков. Проблему создает политика демпинга отдельных страховщиков, существенно занижающих ставки страхового тарифа по сравнению с экономически обоснованными, что влечет серьезную недооценку последствий исполнения страховых обязательств. Однако тенденция роста цен на страховые услуги также очевидна. Участились случаи

завышения комиссионного вознаграждения посредникам за оказание услуг, в том числе, по обязательным видам страхования.

Современный рынок ОСАГО как инновационный организационно-экономический механизм на пути своего формирования и функционирования наталкивается на ряд проблем, при решении которых возникает дилемма: повышения эффективности этого инструмента рынка или его неэффективность в институциональной экономике.

Эта проблема связана с тем, что в соответствии с практикой ОСАГО время возврата денежных средств по автострахованию имеет значительную продолжительность, возникает необходимость судебных разбирательств и арбитражных дел, имеют место латентные страховые случаи. Вместе с тем, учитывая менталитет российского законодательства и ОСАГО, в частности, как показывает практика судопроизводства, значительное число дел по ОСАГО является надуманным, т.е. незначительные потери товарного вида, дефекты (царапины, незначительные повреждения и т.д.) трансформируются до уровня не только косметического, профилактического ремонта, но и до уровня среднего и капитального ремонта, что снижает экономическую и социальную эффективность страховщика и страхователя и, соответственно, снижает надежность и бренд российского страхового дела. При этом тратится время на «фейковые» (липовые, надуманные) аварии и соответствующие судебные разбирательства, отвлекаются профессиональные кадры на страховые «пузыри», снижается вера и надежность государственной (финансовой, налоговой и т.д.) инфраструктуры, что приводит к снижению статуса всех структур власти на отраслевом и региональном уровнях.

Следует отметить наиболее актуальные и острые проблемы страхования ОСАГО на современном этапе, ибо только при комплексном рассмотрении системы функционирования страховых компаний можно найти пути решения проблем.

Значительной проблемой является страховое мошенничество, которое включает в себя несколько разновидностей применительно к страхованию ОСАГО, в том числе преднамеренное создание аварийной ситуации с целью получения выплаты, рост количества незастрахованных транспортных средств и др. Эти процессы ретранслирует плавный переход к проблеме роста поддельных страховых полисов (как полиса оформленного в филиале СК, так и полиса online).

По мнению авторов, повышению эффективности ОСАГО будет способствовать не только экономически обоснованная экспертиза внутреннего и внешнего страхового рынка, но и сертификация и стандартизация страховых продуктов инфраструктуры рынка в целом. Это будет способствовать повышению совокупного дохода страховых компаний, более строгому соблюдению закона об ОСАГО и росту эффективности исследуемого вида страхования.

С 2018 года активно функционируют и online-полисы ОСАГО, однако сущность его не претерпела изменений, и поэтому фальсификации возможны.

Во-первых, развитие страхования ОСАГО и его эффективность зависят и от самих страховых компаний, завышающих страховую премию. Она складывается из коэффициентов, которые в страховой компании могут занижить. Путем решения в данном случае, по мнению авторов, является единый показатель расчета стоимости полиса, который уже действует с 2018 года. В дальнейшем идет расчет стоимости online с помощью калькулятора независимой компании. Данный сценарий должен быть и на контроле государства, ЦБ России (проверка, анализ и статистика одновременно проданных полисов ОСАГО, аудит и контроллинг).

Эффективность мероприятий по развитию рынка ОСАГО немислимо осуществлять без экономически обоснованных актуарных расчетов и теоретических основ страхования. На основании теории эффективности и мирового опыта инвестиций в инфраструктуру авторы статьи считают целесообразным использовать алгоритм американского исследователя Дэвида Ашауэра, который представил экономическую категорию «эффективность» в виде формулы

$$\mathcal{E} = \Delta D / I, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – величина экономической эффективности, получаемая в результате вложения средств в инфраструктуру;

ΔD – прирост валового национального продукта (ВНП);

I – денежные средства, вложенные в инфраструктуру.

По данным Дэвида Ашауэра, на каждый 1\$ вложенных средств I наблюдалось увеличение $\Delta D = 4\$$ [3].

Основываясь на передовой мысли научно-образовательной инфраструктуры, «встраивая» ее в финансовую систему и инфраструктуру страхового рынка, представим эффективность мероприятий по развитию рынка ОСАГО на примере линейной страховой компании в виде авторской модели следующего вида:

$$\mathcal{E}_{\text{СК}} = (\Delta\Pi / I) * 100\% , \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{СК}}$ – экономическая эффективность предприятия сферы страховых услуг;

$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1$ – прирост прибыли страховой компании до (2016 год) и после (2017 год) проведенных системных мероприятий;

Π_1 – прибыль (финансовый результат, +) до проведения необходимых мероприятий, руб.;

Π_2 – прибыль (финансовый результат, +) после проведения необходимых мероприятий, руб.;

I – затраты на проведение мероприятий по совершенствованию рынка ОСАГО (страховых услуг), полученные экспертным путем с учетом маркетинговых исследований (интервьюирования), руб.

Подставляя данные систематической отчетности объекта исследований страховой компании «Альфастрахование» в формулу (2), имеем:

$$\mathcal{E}_{\text{СК}} = [(1481000 - 1103000) / 1800000] * 100\% = 210\%.$$

Актuariйный расчет экономической эффективности СК «Альфастрахование» свидетельствует о том, что каждый рубль вложенных в практическое страхование средств (ОСАГО) обеспечивает прирост прибыли в 2,1 раза [27].

В таблице 2 показаны возможные сценарии расчета экономической эффективности мероприятий по развитию рынка ОСАГО.

Возможности технологического аудита и технической диагностики позволяют страховщикам «встраивать» эти организационно-экономические механизмы в инновационном сценарии: запущена система «Е-Гарант», которая активизируется в случае технических неполадок и направляет пользователей на сервис РСА, который выбирает страховую компанию методом случайного поиска (она присваивается по номеру ПТС). В дальнейшем продажи е-ОСАГО предусмотрено выводить на новый уровень: с помощью реализации через маркетплейс. Маркетплейс – это онлайн-площадка, которая систематизирует информацию о товарах и услугах различных зарегистрированных физических и юридических лиц в системе страховых компаний. Сведения предоставляются по запросам покупателей в структурированном виде, чтобы могли сравнить страховые продукты, выбрать нужный вариант осуществить необходимую покупку.

Авторами статьи на основании источниковедческого анализа, опыта в мониторинге ДТП и практики страховых случаев предложена графическая модель комплексной системы мероприятий и субъектов хозяйствования, участвующих в повышении эффективности рынка ОСАГО (рис. 1).

Таблица 2

Разработочная таблица по расчету экономической эффективности предлагаемых мероприятий по развитию рынка ОСАГО

№	Предлагаемые сценарии в расчете экономической эффективности предлагаемых мероприятий на примере функционирования СК «АльфаСтрахование»		
1	Внедрение дифференцированной шкалы премий с учетом реальных (надуманных) объемов и страховых санкций.	Экономический эффект от проведенных мероприятий по увеличению количества договоров ОСАГО	Экономический эффект от внедрения рекламы и PR
2	Предлагаемый алгоритм расчета по оригинальным эконометрическим моделям		
	$\Delta P_1 = P_2 - P_1 + \theta - S_1$ где ΔP_1 – прирост прибыли (экономический эффект), полученной в результате внедрения дифференцированной шкалы премий с учетом реальных (надуманных) объемов и штрафных санкций, руб.; P_1 – ожидаемая прибыль – «нетто» в соответствии с Законом об ответственности ОСАГО, руб.; P_2 – реальная (надуманная) прибыль – «брутто» с использованием псевдо актуарных расчетов – страховых софизмов ($2x2=S$) автоюристов, руб.; S_1 – заработная плата (ФЗП), предусматривающая оплату консалтинговых услуг со стороны коммерческих автоюристов (в т.ч. по договорам подряда), руб.; θ – штрафы, пени, неустойки, компенсационные выплаты, взаимное погашение домовых обязательств (дополнительной прибыли, компонента, которую получит страховой рынок).	$\mathcal{E}_d = (P_2 - P_1) * A_2$ где \mathcal{E}_d – годовой экономический эффект, полученный при проведении инновационных мероприятий по увеличению количества договоров (в том числе online – е – ОСАГО), руб.; P_1 – прибыль (финансовый результат +) до проведения мероприятий в условиях рынка ОСАГО – простое воспроизводство, руб.; P_2 – прибыль (финансовый результат -) после проведения кардинальных мероприятий в условиях трансформации инфраструктуры страхового рынка ОСАГО – расширенное воспроизводство, руб.; A_2 – количество договоров ОСАГО в годовом разделе после проведения мероприятий («ноу-хау»)	$\mathcal{E}_{pr} = (\Delta \Pi / И) * 100\%$ где \mathcal{E}_{pr} – величина экономической эффективности, получаемая в результате вложения денежных средств в инфраструктуру страхового рынка (ОСАГО); $\Delta \Pi = P_2 - P_1$ – прирост прибыли страховой компании «АльфаСтрахование» до (2016 г.) и после (2017 г.) проведенных системных мероприятий (в т.ч. рекламы и PR); P_1 – прибыль (финансовый результат +) до проведения мероприятий в условиях рынка ОСАГО – простое воспроизводство, руб.; P_2 – прибыль (финансовый результат -) после проведения кардинальных мероприятий в условиях трансформации инфраструктуры страхового рынка ОСАГО – расширенное воспроизводство, руб.; И – затраты на проведение мероприятий по развитию рынка ОСАГО, полученные на основе экспертного анализа (в т.ч. на рекламу и PR), руб.; 100% – относительный показатель экономической эффективности
3	Статистические и оперативные данные финансовой (бухгалтерской) отчетности страховой компании «АльфаСтрахование»		
	$\Delta P_1 = 1481000 - 1103000 + 5400000 - 250000 = 668000$ руб.	$\mathcal{E}_d = (1481000 - 1103000) * 100 = 37,8$ млн. руб.	$\mathcal{E}_{pr} = [(1481000 - 1103000) / 180000] * 100\% = 210\%$

На рисунке 1 представлена инновационная модель трансформации рынка ОСАГО на мезоуровне.



Рис. 1. Трансформация рынка ОСАГО на мезоуровне: 1 – государственно-частное партнерство; 2 – правовая инфраструктура (в т.ч. закон об обязательном страховании); 3 – государственное регулирование и муниципальное управление; 4 – стандартизация и сертификация автострахования на рынке услуг; 5 – экспертиза (в т.ч. судебная) качества страховых услуг; 6 – инструментарий рынка страховых услуг (технологический и кадровый аудит, индикативное планирование и прогнозирование, реклама, PR); 7 – кадровая инфраструктура; 8 – инфраструктура экономической и социальной безопасности граждан, региона и страны в целом; 9 – реклама и PR, эконометрические методы и модели (в т.ч. актуарные эконометрически обоснованные расчеты); 10 – качество жизни и эффективности труда и управления; 11 – организационно-экономический механизм (траст, аутсортинг, мониторинг, контроллинг, технологический аудит, диагностический анализ, отчетность, программа); 12 – экономика региона (в т.ч. демография)

Заключение

Таким образом, предложенные рекомендации направлены, с одной стороны, на повышение экономической эффективности института ОСАГО, а с другой – на реальную защиту автовладельцев и страховщиков, тем самым повышая статус инфраструктуры страхового рынка, экономики и финансов в целом.

В частности, доказано, что рынок ОСАГО является важнейшим сегментом инфраструктуры страхового рынка, однако, необходимо проведение комплекса мер по его развитию и совершенствованию, повышению качества и повышению экономической и социальной эффективности формирования и функционирования, устойчивости сформировавшихся государственных институтов, в т.ч. рынка ОСАГО.

Авторы предлагают ряд концептуальных мероприятий по развитию рынка ОСАГО:

- усиление влияния государственного регулирования и муниципального управления в решении инфраструктурных проблем на рынке ОСАГО;
- осуществление и усиление государственно-частного партнерства;
- разработка стандарта автострахования ОСАГО, в котором необходимо изложить методические рекомендации по проведению мониторинга и расчета возможного ущерба от страховых случаев;
- внедрение организационно-экономических механизмов и инструментариев (траст, лизинг, мониторинг, контроллинг, концессии, аутсорсинг, комплексный диагностический анализ и технологический аудит) для повышения качества и эффективности формирования и функционирования рынка ОСАГО;
- внедрение дифференцированной шкалы премий с учетом реальных (надуманных) объемов и штрафных санкций;
- учет форс-мажорных обстоятельств.

Список литературы:

- [1] Практикум по курсу «Страхование» для студентов специальностей «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет и аудит». – Н. Новгород: ННГУ, 1998. – 76 с.
- [2] Медведев Д.А. Россия – 2024. Стратегия социально-экономического развития / Российская газета, 9 октября 2018 г., № 225 (7688).
- [3] Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент. Полный курс. В 2-х т. / Пер. с англ. под ред. В.В. Ковалева. СПб.: Экономическая школа, 1997. Т. 2. – 669 с.
- [4] Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств». – М.: Проспект, 2016. – 64 с.
- [5] В чем разница между КАСКО и ОСАГО? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.insurance-liability.ru/otlichie-kasko-ot-osago.html>. (дата обращения 10.04.2019).
- [6] Страхование: Методические указания / Сост. М.В. Юдин / ВГТУ. – Волгоград, 2004. – 16 с.
- [7] ОСАГО и КАСКО расшифровка аббревиатуры. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://zakoniavto.ru/avtostrahovanie/kak-rasshifrovyivayutsya-osago-i-kasko.html> (дата обращения 10.04.2019).
- [8] Автострахование в Германии (Kfz-Versicherung). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rusmoney.de/versicherung/article12991/avtostrahovanie-v-germanii-kfz-versicherung.html> (дата обращения 10.04.2019).
- [9] Allgemeine Bedingungen für Kfz-Versicherung in Deutschland. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.wikiwand.com/de/Allgemeine_Bedingungen_f%C3%BCr_Kfz-Versicherung_in_Deutschland (дата обращения 10.04.2019)..
- [10] Kfz-Versicherungen: Ihre günstige Autoversicherung finden! [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autoversicherung-vergleich.de/kfz-versicherung/> (дата обращения 10.04.2019).
- [11] Kfz-Versicherung Deutschland: Rechte und Pflichten (Klauseln und Fallstricke) / <https://www.autozeitung.de/deutschland-rechte-pflichten-95450.html> (дата обращения 10.04.2019).
- [12] Kfz-Versicherung-Vergleich – Computer Bild. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.computerbild.de/tarifrechner/kfz-versicherungsvergleich/> (дата обращения 10.04.2019).
- [13] Kfz-Versicherungen vergleichen und bis zu 850 Euro sparen. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autoversicherung-vergleich.de/kfz-versicherung/> (дата обращения 10.04.2019).
- [14] Kfz-Versicherung. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.bussgeldkatalog.org/kfz-versicherung/> (дата обращения 10.04.2019).
- [15] Compulsory motor third party liability insurance. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://tsgarant.kz/en/catalog/compulsory-motor-third-party-liability-insurance_50/ (дата обращения 10.04.2019).
- [16] Motor third party liability insurance – read more. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pzu.ee/en/mtpl-insurance/> (дата обращения 10.04.2019).
- [17] Motor Third-Party Liability Insurance. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://openknow ledge.worldbank.org/handle/10986/27732> (дата обращения 10.04.2019).
- [18] What is third party insurance? [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.lawyersclubindia.com/articles/What-is-Third-Party-Insurance--1186.asp> (дата обращения 10.04.2019)
- [19] Все, что нужно знать об автостраховании в США. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.forumdaily.com/vsyo-chto-nuzhno-znat-ob-avtostrahovanii-v-ssha/> (дата обращения 10.04.2019)
- [20] Страхование в США. Часть 1. Автомобильные страховки. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://medium.com/@ShinyA/%D1%81%D1%82%D1%80%D0%> (дата обращения 10.04.2019)
- [21] Страховка авто в разных странах. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://idaoffice.org/ru/posts/auto-insurance-in-different-countries/> (дата обращения 10.04.2019).
- [22] Страховка Зеленая Карта в Европу, стоимость 2019 и где купить. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://life-trip.ru/strahovka-grinkarta-na-avto-v-evropu/> (дата обращения 10.04.2019)
- [23] Автострахование в Германии. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.turagermania.ru/avtomobil/typy-avtomobilnyh-strahovok.html> (дата обращения 10.04.2019).
- [24] Third Party Liability Car Insurance Policy. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.reliancegeneral.co.in/Insurance/Motor-Insurance/Third-Party-Car-Insurance.aspx> (дата обращения 10.04.2019).
- [25] Ковалев В.В. Основы теории финансового менеджмента: учеб.-практ. пособие. – М.: Проспект, 2009. – 544 с.

[26] Институциональная экономика: Учебное пособие / Под ред. акад. Д.С. Львова. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 318 с.

[27] Мордовченков В.Н. Проблемы и перспективы рынка ОСАГО. Экспресс-доклад по аттестации профессиональных кадров. – М., 2018. – 83 с.

THE SERVICES ECONOMIC EFFICIENCY DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT ON THE INSURANCE MARKET: DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE

Mordovchenkov Nikolaj V., Professor, Doctor of economical sciences, the chair of merchandising and quality management, IPTD – the branch of Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics,

Poljakov Valerij M., assistant prof., candidate of pedagogical sciences, the chair «Foreign Languages»,

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics,

22a, Oktjabr'skaja st, Knjaginino, Nizhny Novgorod region, 606340

Tikhomirov Gennadij A., Professor, candidate of military sciences, the chair IM & PM, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics,

IPTD – the branch of FGBOU VO «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics»,

13, Gornaja st, Nizhny Novgorod, 603062

Keywords: car owner, car insurance, infrastructure, monitoring, profit, damage calculation, OSAGO market, car insurance systems, OSAGO standard, insurance case, economic efficiency.

Abstract: The article is devoted to the auto insurance problems and the OSAGO market development. The Russia, Germany, USA and other countries auto insurance market analysis was carried out. The OSAGO market efficiency typology has been determined. The OSAGO insurance essence as an economic category, an innovative organizational and economic mechanism, an insurance services market infrastructure element is defined. The insurance services market problems, including insurance fraud are considered. Measures are being proposed for the OSAGO market development, scenarios for calculating the economic and social effectiveness of these measures are indicated. The OSAGO market transformation model at the meso-level has been developed. The CTP standard introduction is justified, as well as the introduction of organizational and economic mechanisms and tools (trust, leasing, monitoring, controlling, concessions, outsourcing, comprehensive diagnostic analysis and technological audit) to improve the CTP market quality and the formation and operation efficiency.

References:

[1] Практикум по курсу «Страхование» для студентов специальностей «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет и аудит». – Н. Новгород: NNGU, 1998. – 76 p.

[2] Medvedev D.A. Rossiya – 2024. Strategija social'no-ehkonomicheskogo razvitija / Rossijskaja gazeta, 9 oktjabrja 2018 g., №225 (7688).

[3] Brighem Ju., Gapenski L. Finansovij menedzhment. Polnyj kurs. V 2-kh t. / Per. s angl. pod red. V.V. Kovaleva. SPb.: Ehkonomicheskaja shkola, 1997. T. 2. – 669 p.

[4] Federal'nyj zakon «Ob objazatel'nom strahovanii grazhdanskoj otvetstvennosti vladel'cev transportnykh sredstv». – М.:Prospekt, 2016. – 64 p.

[5] V chem raznica mezdu KASKO i OSAGO? [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.insurance-liability.ru/otliche-kasko-ot-osago.html>. (data obrashhenija 10.04.2019).

[6] Strahovanie: Metodicheskie ukazaniya / Sost. M.V. Judin / VGUTU. – Volgograd, 2004. – 16 p.

[7] OSAGO i KASKO rasshifrovka abbreviatury. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://zakoniavto.ru/avtostrahovanie/kak-rasshifrovivayutsya-osago-i-kasko.html> (data obrashhenija 10.04.2019).

- [8] Avtostrakhovanie v Germanii (Kfz-Versicherung). [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://rusmoney.de/versicherung/article12991/avtostrakhovanie-v-germanii-kfz-versicherung.html> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [9] Allgemeine Bedingungen für Kfz-Versicherung in Deutschland. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: http://www.wikiwand.com/de/Allgemeine_Bedingungen_f%C3%BCr_Kfz-Versicherung_in_Deutschland (data obrashhenija 10.04.2019).
- [10] Kfz-Versicherungen: Ihre günstige Autoversicherung finden! [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.autoversicherung-vergleich.de/kfz-versicherung/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [11] Kfz-Versicherung Deutschland: Rechte und Pflichten (Klauseln und Fallstricke) / <https://www.autozeitung.de/deutschland-rechte-pflichten-95450.html> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [12] Kfz-Versicherung-Vergleich – Computer Bild. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.computerbild.de/tarifrechner/kfz-versicherungsvergleich/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [13] Kfz-Versicherungen verglichen und bis zu 850 Euro sparen. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.autoversicherung-vergleich.de/kfz-versicherung/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [14] Kfz-Versicherung. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.bussgeldkatalog.org/kfz-versicherung/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [15] Compulsory motor third party liability insurance. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://tsgarant.kz/en/catalog/compulsory-motor-third-party-liability-insurance_50/ (data obrashhenija 10.04.2019).
- [16] Motor third party liability insurance – read more. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://pzu.ee/en/mtpl-insurance/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [17] Motor Third-Party Liability Insurance. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27732> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [18] What is third party insurance? [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://www.lawyersclubindia.com/articles/What-is-Third-Party-Insurance--1186.asp> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [19] Vsjo, chto nuzhno znat' ob avto strakhovanii v SSHA [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.forumdaily.com/vsyo-chto-nuzhno-znat-ob-avtostraxovanii-v-ssha/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [20] Strakhovanie v SSHA. Chast' 1. Avtomobil'nye strakhovki [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://medium.com/@ShinyA/%D1%81%D1%82%D1%80%D0%> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [21] Strakhovka avto v raznykh stranakh. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://idaoffice.org/ru/posts/auto-insurance-in-different-countries/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [22] Strakhovka Zelenaja Katra v Evropu, stoimost' 2019 i gde kupit'. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://life-trip.ru/strakhovka-grinkarta-na-avto-v-evropu/> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [23] Avtostrakhovanie v Germanii [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.tupa-germania.ru/avtomobil/typy-avtomobilnyh-strahovok.html> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [24] Third Party Liability Car Insurance Policy. [Ehlektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://www.reliancegeneral.co.in/Insurance/Motor-Insurance/Third-Party-Car-Insurance.aspx> (data obrashhenija 10.04.2019).
- [25] Kovaljov V.V. Osnovu teorii finansovogo menedzhmenta: ucheb.-prakt. posobie/ – M.: Prospekt, 2009. – 544 p.
- [26] Institucional'naja ehkonomika: Uchebnoe posobie / Pod red. akad. D.S. L'vova. – M.: INFRA-M, 2008. – 318 p.
- [27] Mordovchenkov V.N. Problemy i perspektivy rynka OSAGO. Ehkspress-doklad pj attestacii professional'nykh kadrov. – M., 2018. – 83 p.

Статья поступила в редакцию 06.05.2019 г.

УДК 656.11

*Тюлюбаева Динара Муратбековна, к.т.н., доцент факультета инженерно-экономических наук Казахстано-Немецкого Университета,
e-mail: tyulyubayeva@dki.kz*

*Бахарева Алена Дмитриевна, магистрант факультета инженерно-экономических наук Казахстано-Немецкого Университета,
e-mail: a.bakharova.dki@mail.ru*

*Казахстано-Немецкий Университет
050010, г. Алматы Казахстан, ул. Пушкина, 111*

РАЗРАБОТКА МАРШРУТОВ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ УСЛУГИ «CARPOOL» НА ОСНОВЕ ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ Г. АЛМАТЫ

Ключевые слова: сервис «Carpool», подвижность городского населения, маршруты движения, загруженность дорог, мобильность, общественный транспорт, устойчивые виды транспорта, нехватка парковочных мест.

Аннотация. В статье описана одна из основных транспортных проблем города Алматы – загруженность дорог. Предложено решение по снижению количества автомобилей посредством применения концепции «Carpool», широко используемой в странах Европы. Так как в г. Алматы данная концепция не представлена, была изучена потребность в данных услугах. На основе анализа подвижности населения города Алматы предложены наиболее востребованные маршруты движения для пользователей услуги «Carpool». При написании статьи были использованы такие методы, как наблюдение, сравнение и анализ. Результаты исследования могут быть применены в стратегиях развития транспортной отрасли города Алматы, а также могут использоваться как способ снижения количества автомобилей на дорогах и разгрузка общественного транспорта. Благодаря привлечению населения к использованию системы «Carpool» возможно снизить уровень автомобилизации в городе, уменьшить уровень пробок на дорогах. При сокращении количества автомобилей уменьшаются выбросы выхлопных газов, выделяемых при сгорании топлива. Также будет снижено шумовое загрязнение городского пространства.

Введение

Алматы, подобно любому крупному городу, развивается стремительными темпами, что способствует росту автомобилизации и возникновению проблем с транспортной инфраструктурой города. Населению приходится сталкиваться с такими проблемами, как заторы на дорогах, отсутствие свободных парковочных мест, экологическое загрязнение воздуха выхлопными газами и шумовые воздействия от работающих автомобилей на органы слуха людей, проживающих в городе. На сегодняшний день одним из современных решений транспортных проблем Алматы является концепция «Carpool», означающая использование частного автомобиля для подвоза людей, не направленное на получение заработка от попутчиков [1]. При таком использовании автомобиля расходы на топливо распределяются пропорционально среди всех участников, и выбирается оптимальный маршрут поездки без значительных отклонений от основного маршрута владельца автомобиля [2].

Концепция с продолжительного периода времени применяется в странах Европы и в США, где правительство мотивирует население к пользованию услугой различными способами [3]. Были выделены отдельные полосы движения для автомобилей с полной загруженностью пассажирами, предоставлены отдельные парковочные места, льготы на проезд по платным дорогам. Все эти меры повлияли на крупномасштабное

развитие и распространение услуги «Carpool», которая и в настоящее время пользуется достаточным спросом. В «Программе развития Алматы 2020» одной из целей является внедрение тренда совместного пользования автомобилем. В проекте «Устойчивый транспорт города Алматы» также упоминается о системе «Carpool», как способе снижения загруженности дорог, но четко не указывается последовательность внедрения концепции непосредственно в городе Алматы, и не принимаются меры по информированию и мотивированию населения к пользованию системой «Carpool» [4].

Актуальность данной работы связана с тем, что Алматы нуждается в применении мер по регулированию транспортного потока и в сокращении количества автомобилей в пределах города. С помощью концепции «Carpool» можно будет снизить транспортную загруженность города без масштабных затрат, таких как строительство развязок и расширения дорожного пространства. Основной задачей остается привлечение населения к пользованию услугой «Carpool», в связи с этим необходимо предоставить разработанные маршруты, по которым пользователи могут передвигаться в рамках данной концепции.

Новизна исследования заключается в том, что концепция «Carpool» в настоящее время не работает в городе Алматы, поэтому можно на основе подвижности населения разработать маршруты, по которым автомобилисты и попутчики смогут осуществлять свои поездки.

Работа исходит из гипотезы, что благодаря разработкам маршрутов «Carpool» в Алматы данная концепция будет использоваться населением в масштабных размерах и повлечет за собой положительные экономические и экологические факторы.

Цель – разработать маршруты для пользователей услуги «Carpool» с учетом подвижности населения г. Алматы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить подвижность населения города Алматы;
- разработать маршруты для пользователей движения «Carpool»;
- определить места для парковки в случае использования предложенных маршрутов.

Теоретическая и методологическая основы заключаются в использовании при написании данной статьи методов эмпирического исследования, а именно: наблюдения, сравнения и методов, используемых как в эмпирических, так и в теоретических исследованиях, это: анализ зарубежной и отечественной литературы, метод классификации, методы прогнозирования.

Основная часть

Объемы пассажирских перевозок обусловлены численностью и транспортной подвижностью населения. Подвижность населения – это статистический показатель, определяющий среднее число перемещений на человека в год. Подвижность населения может зависеть от разных обстоятельств, таких как уровень жизни и благосостояния населения, численность жителей, транспортная обеспеченность территории, размеры и планировка города, расположение мест труда и отдыха населения [5].

Подвижность населения бывает двух видов, а именно: общая и транспортная. Общая подвижность населения характеризуется числом перемещений населения по территории города, включая передвижение на транспорте и пешие походы, транспортная подвижность показывает количество поездок населения на транспортных средствах [6].

Для определения подвижности все городское население делится на группы. В группу «А» входят работники градообразующих предприятий и учреждений; «Б» состоит из работников обслуживающих предприятий и учреждений; «В» – учащиеся университетов, колледжей; «Г» – неработающее население, к которому относятся де-

ти, пенсионеры, инвалиды и домохозяйки [7, 31]. Для населения характерен следующий состав по группам (рис. 1).

Большей частью населения являются безработные по каким-либо причинам люди, при этом наибольшее число передвижений осуществляет население групп «А», «Б» и «В».

Транспортная подвижность населения, в первую очередь, зависит от размера города и расположения в нем объектов труда и отдыха, мест культурного значения и обслуживания населения. Так как в каждой поездке заложен смысл, то все передвижения населения характеризуются по целям. Основными являются трудовые поездки, и на них приходится больше половины передвижений, затем люди перемещаются по бытовым делам, меньшую часть занимают поездки на отдых, и оставшаяся часть поездок приходится на переезды [8]

По целевому назначению подвижность населения можно разделить на несколько групп: передвижения по рабочим делам, передвижения учащихся с учебными целями, передвижения к культурным местам и учреждениям, перемещения по бытовым целям и с целями активного отдыха [9].

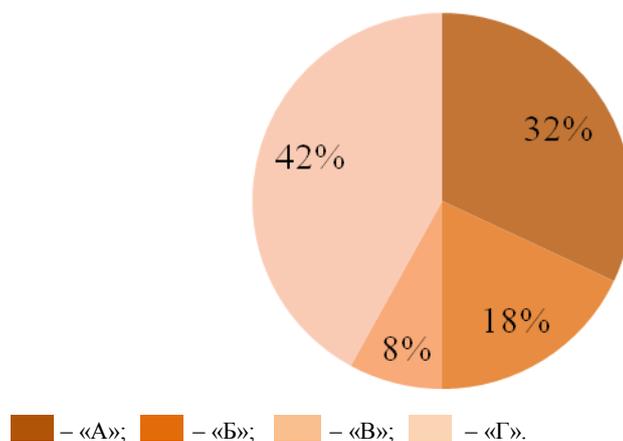


Рис. 1. Состав населения по группам [7]

В зависимости от дальности и цели передвижения можно определить среднестатистические коэффициенты пользования транспортом, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Среднестатистические коэффициенты пользования транспортом [7, с. 31]

Дальность передвижения, км	До 1	1,5	2	2,5	3	Более 3
Трудовые передвижения	0,3	0,65	0,9	1	1	1
Культурно- бытовые передвижения	0,15	0,4	0,65	0,8	0,9	1

В заключение можно отметить, что на подвижность населения большое влияние оказывает развитость и функционирование транспортной сети. Основным ограничением развития транспортных систем и индустрии человеческого общества является ограниченность территории. Увеличение площади улично-дорожной сети города за счет сокращения площадей рекреации и за счет сокращения жилой застройки приведет к увеличению подвижности [10].

Проанализировав подвижность населения города Алматы, были сделаны выводы, что все движения в городе осуществляются в двух направлениях (рис. 2).

Ежедневно с утра в центр города перемещается население из спальных районов на работу, учебу, по личным делам, а вечером едут обратно в микрорайоны. Основными местами скопления бизнес-центров и офисных помещений являются Бостандыкский и Медеуский районы. К спальным районам относятся Наурызбайский, Ауэзовский, Турксибский и Алатауский. Красными пометками отмечены расположения основных бизнес-центров и большие скопления офисов, черными линиями – движение населения от спальных районов к центрам и в обратном направлении. Как видно на карте, спальные районы в основном находятся на окраинах, а это значит, что население будет передвигаться от окраин в центр.

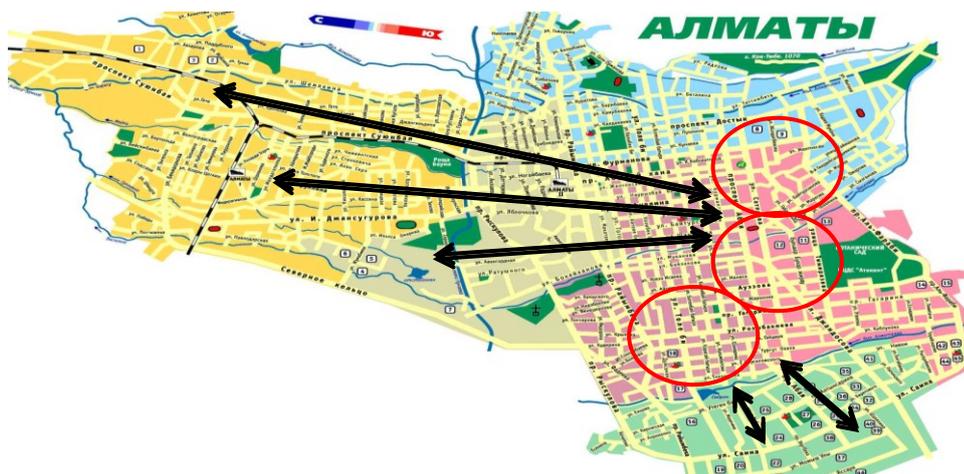


Рис. 2. Ежедневное перемещение населения в пределах города Алматы

Вторым направлением поездок являются ежедневные перемещения людей из ближайших населенных пунктов в центр города и обратно. В город Алматы от крупных областных центров и городов-спутников ведут несколько трасс (рис. 3), по которым ежедневно осуществляются передвижения населения.

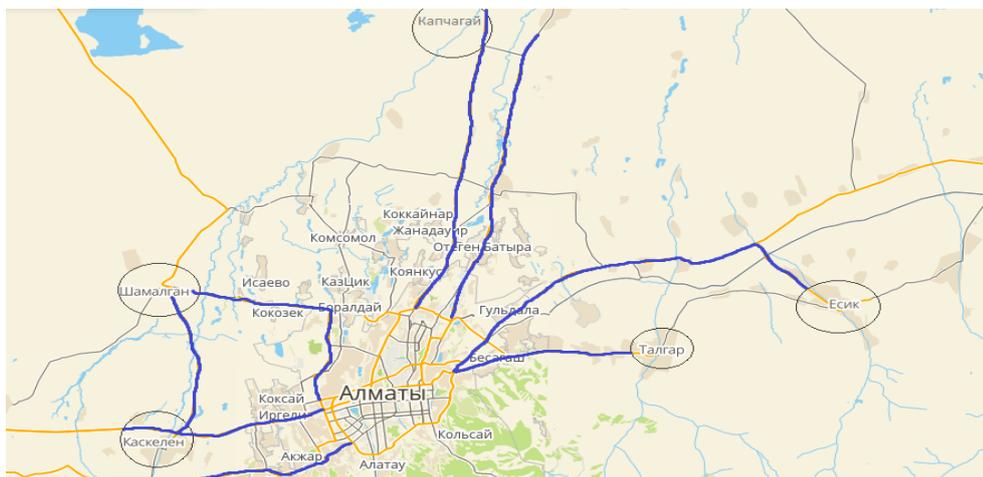


Рис. 3. Дороги, ведущие из областных центров в город Алматы

Из города Есик, центра Енбекшиказахского района Алматинской области, проложена трасса Кульжинский тракт, а из города Талгар, центра Талгарского района Алматинской области, ведет трасса Талгарский тракт. Эти трассы соединяются в развяз-

ку и продолжаются Восточной объездной дорогой. От города Капчагай ведет высокоскоростная трасса Алматы – Капчагай, которая на въезде в город входит в развязку с улицами Бекмаханова, Северное Кольцо шоссе и Бурундайской. Через Каскелен, центр Карасайского района Алматинской области, в Алматы можно попасть двумя путями: по трассе Алматы-Бишкек, которая переходит в Ташкентский тракт и уже в городе является продолжением проспекта Райымбека, и по Верхней Каскеленской трассе, которая плавно переходит в улицу Жандосова.

Данные направления являются наиболее заполненными транспортными средствами, так как система общественного транспорта хорошо развита только в черте города, а в близлежащие населенные пункты достаточно тяжело добраться без собственного автомобиля рано утром или поздно вечером. Поэтому население вынуждено пользоваться личными транспортными средствами, что и сказывается на дорожном движении. В связи с этим необходимо разгрузить транспортный поток на данных участках с помощью концепции «Carpool». Люди из населенных пунктов близ Алматы должны кооперироваться друг с другом и въезжать в город, по возможности, на машинах с полной вместимостью пассажиров. Это сможет значительно уменьшить автомобильный поток на вышеобозначенных направлениях.

Для того, чтобы доказать правильность построения маршрутов для пользователей движения «Carpool», недостаточно изучить только подвижность населения, необходимо также изучить спрос на данный вид перевозок посредством маркетингового исследования – это наиболее эффективный инструмент для получения обратной связи с потребителями услуг [11].

Подводя итоги, можно сказать, что основная характерность движения в Алматы выглядит так: в утренние часы из спальных районов в центр города и в вечерние часы в обратном направлении, а также из близлежащих населенных пунктов в город Алматы и обратно. В результате, были обозначены основные загруженные трассы, которые и должны быть использованы как основные маршруты движения пользователей услуги «Carpool».

В настоящее время в пределах города существуют несколько самых крупных остановочных пунктов для поиска попутчиков: автовокзал «Саяхат», автовокзал «Сайран» и железнодорожный вокзал «Алматы – 1» (рис. 4).

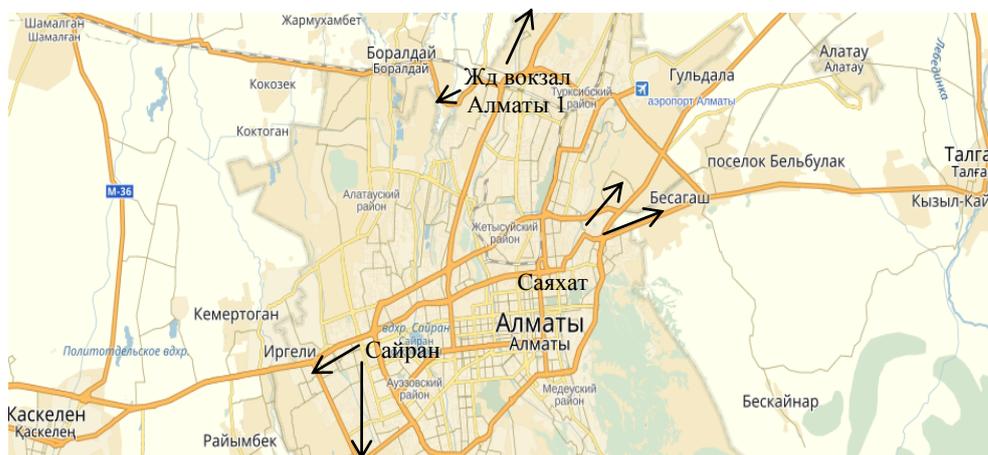


Рис. 4. Остановочные пункты для поиска попутчиков

На карте обозначены места расположения автовокзалов и направления движения населения с данных пунктов. С автовокзала Саяхат люди обычно добираются в город Талгар, город Иссык и в близлежащие поселки. С автовокзала «Сайран» можно добраться в направлении к городу Каскелен, а на вокзале «Алматы – 1» ищут попутчиков

в г. Капчагай. Так как в данных местах нет специально оборудованных площадей под стоянку автомобилей и пунктов ожидания и поиска попутчиков, водители из-за нехватки мест занимают проезжую часть, тем самым мешают движению и в результате образуются заторы.

Для того, чтобы снизить загруженность дорог в местах сбора попутчиков, необходимо организовать удобные места парковки и ожидания пассажиров за городом Алматы. В результате создания комфортных условий пользователи услуги «Carpool» смогут назначать встречи в определенных местах, не мешая дорожному движению в городе [12]. В направлении города Есик и города Талгар место для парковки было выбрано на территории Спортивного комплекса «Халык Арена», где построена большая парковочная зона, но она пользуется спросом только во время спортивных олимпиад. В Каскелен ведут две дороги – Верхняя Каскеленская трасса и Ташкентский тракт. Между этими дорогами есть свободная территория для строительства парковочных мест. Выбранное место также недалеко расположено от города и там будет более рациональным создание узла для стыковки общественного транспорта и пользователей сервиса «Carpool». Тем самым возможно разгрузить улицу Толе би, на которой в настоящее время находится стоянка и места сбора попутчиков. В направлении к городу Капчагай вблизи трассы находятся много пустующих территорий, где может быть построена парковочная зона. Строительство стоянки для пользователей услуги «Carpool» сможет разгрузить транспортные потоки на трассе Алматы – Капчагай и освободить дорогу и парковки на железнодорожном вокзале «Алматы – 1».

В качестве вывода можно отметить, что строительство стоянок может показаться затратным, но не стоит отказываться от этого метода, так как без создания инфраструктуры концепция полноценно работать не сможет. И посредством перемещения мест стоянки пользователей услуги «Carpool» к окраинам разгрузятся основные трассы в центре города [13].

Заключение

Можно отметить, что на основе анализа подвижности населения города Алматы и близлежащих населенных пунктов была достигнута основная цель статьи – разработка маршрутов для пользователей концепции «Carpool». Были предложены основные дорожные пути, которые необходимо разгрузить от автомобильных заторов. На предложенных маршрутах указаны места для парковки и сбора автомобилистов и попутчиков. Все эти меры позволят привлечь население использовать систему «Carpool» и тем самым снизить количество автомобилей въезжающих в город, уменьшить уровень пробок на дорогах города Алматы [14]. Кроме этого, услуги «Carpool» в большей степени выгодны населению, проживающему в местах, не охваченных системой общественного транспорта. Выгода очевидна всем участникам движения, каждый сможет добраться на работу с комфортом на автомобиле и сэкономить время на проезд, водители экономят на топливе, количество машин на дорогах снижается, в результате уменьшается трафик движения и пробки, а самым главным достижением является снижение вредных выбросов в атмосферу [15]. С данной концепцией можно оптимизировать как движение в черте города, так и проблемы населения, связанные с общественным транспортом.

Список литературы:

- [1] Бодня М.С. Управление транспортными потоками мегаполисов как способ снижения загрязнения атмосферного воздуха // Астраханский вестник экологического образования. – 2012. – № 3. – С. 127–131.
- [2] Iwan Stanislaw. Sustainable urban freight transport management – the challenge for municipalities // JLTМ. 2014. №1. pp. 32–46.

- [3] Ruimin Li, Zhiyong Liu, Ruibo Zhang. Studying the benefits of carpooling in an urban area using automatic vehicle identification data // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2018. – pp. 367–380.
- [4] Сайт комитета по статистике / Программа развития Алматы 2020 / <http://www.almaty.gov.kz> (был доступен 29 сентября 2018 года).
- [5] Самойлов Д.С. Подвижность населения. Городской транспорт. – 2-изд., перераб. и доп. – М.:Стройиздат, 1983. – 384 с.
- [6] Momot A.V. General factors that affects the increase of population mobility and principles of optimization of high-speed passenger transportations // *Вестник экономики транспорта и промышленности*. – 2014. –№ 45. – С. 32–38.
- [7] Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М: Транспорт, 1990. – 240 с.
- [8] Jakub Zawieska, Jana Pieriegud. Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation // *Transport Policy*. – 2018. pp. 36–50.
- [9] Irina Makarova, Anton Pashkevich, Ksenia Shubenkova, Eduard Mukhametdinov Ways to increase population mobility through the transition to sustainable transport // *Procedia Engineering* 187. – 2017. pp. 756–762.
- [10] Меркулов Вячеслав Валерьевич, Шемякина Татьяна Юрьевна. Стратегии создания и развития «умных городов» // *Вестник ГУУ*. – 2018. –№4. – С. 39–42.
- [11] Мордовченков Н.В., Сироткин А.А. Специфика и возможности проведения маркетинговых исследований на рынке транспортных услуг // *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. – 2017. –№ 53. – С. 190–197.
- [12] Petervander Waerden, Andreas Lem, Wim Schaefer. Investigation of factors that stimulate car drivers to change from car to carpooling in city center oriented work trips // *Transportation research Procedia*, – 2015.
- [13] Программа реализации мероприятий комплексной схемы организации дорожного движения в границах малого транспортного кольца г. Алматы на период 2017-2023 гг. с перспективой до 2030 г. // https://alatransit.kz/sites/default/files/11_ksodd_t_hoschanov.pdf (был доступен 08 апреля 2019 года)
- [14] 2. Сайт Bla Bla Car // <https://blog.blablacar.ru/about-us> (был доступен на 09.04.2019).
- [15] Сайт компании АЛДАвтомотив // Брошюра «Инновационные сервисы, повышающие мобильность» // https://www.aldautomotive.ru/Portals/russia/xBlog/uploads/2017/1/12/FS_WP_Innovations%20in%20Mobility%20Services%20_RS03.pdf (был доступен на 05.04.2019).

DEVELOPMENT OF THE ROUTES FOR «CARPOOL» SERVICE USERS BASED ON THE POPULATION MOBILITY IN ALMATY

Tyulyubaeva Dinara M., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Faculty of Engineering and Economic Sciences

Kazakh-German University,

Bakhareva Alena D., undergraduate of the Faculty of Engineering and Economic Sciences

Kazakh-German University,

111, Pushkin, Almaty, 050010, The Republic of Kazakhstan

Keywords: «Carpool» service, urban population mobility, routes, road congestion, mobility, public transport, sustainable modes of transport, lack of parking spaces.

Annotation. The article describes one of the main transport problems of the city of Almaty - congestion of roads. A solution was proposed to reduce the number of cars through the use of the «Carpool» concept, widely used in Europe. Since this concept is not presented in Almaty, the need for these services has been studied. Based on the analysis of population mobility the most popular traffic routes for users of the Carpool service have been proposed. While writing the article, methods such as observation, comparison, and analysis were used. The results of the study can be applied in the development strategies of the Almaty city's transport industry, and can also be used as a way to reduce the number of cars on the roads

and unload public transport. Due to the involvement of the population, it is possible to use the «Carpool» system to reduce the level of motorization in the city and to reduce the level of traffic jams. By reducing the number of cars, the emissions of exhaust gases emitted during the combustion of fuel are decreased. The noise pollution of urban space will also be reduced.

References:

- [1] Bodnya M. S. (2012). Upravlenie transportnymi potokami megapolisov kak sposob snizheniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа // Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. –№ 3. – p. 127–131.
- [2] IwanS. (2014). Sustainable urban freight transport management – the challenge for municipalities // JLTМ. – №1. – p. 32–46.
- [3] Ruimin Li, Zhiyong Liu, Ruibo Zhang. (2018). Studying the benefits of carpooling in an urban area using automatic vehicle identification data // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – p.367–380.
- [4] Sayt komiteta po statistike. Programma razvitiya Almaty 2020. Available at: <http://www.almaty.gov.kz> (accessed 10 April 2019)
- [5] Samoylov D. S. Podvizhnost' naseleniya . Gorodskoy transport. – 2-e izd., pererab. idop. M.:Stroyizdat, 1983. – 384 p.
- [6] Momot A. V. (2014). General factors that affects the increase of population mobility and principles of optimization of high-speed passenger transportations // Vestnik ekonomiki transporta i promyshlennosti. – №45. – p. 32–38.
- [7] Lobanov E.M. Transportnaya planirovka gorodov. Uchebnik dlya studentov vuzov. M: Transport, 1990. – 240 p.
- [8] J.Zawieska, J.Pieriegud. (2018). Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation // Transport Policy. – p. 36–50.
- [9] MakarovaI., Pashkevich A., Shubenkova K., Mukhametdinov E. (2017). Ways to increase population mobility through the transition to sustainable transport. Procedia Engineering 187. 756–762.
- [10] Merkulov V. V., Shemyakina T. Yu. (2018). Strategii sozdaniya i razvitiya «umnykhgorodov» // Vestnik GUU. – №4. –p. 39–42.
- [11] Mordovchenkov N. V., Sirotkin A. A. (2017). Spetsifika i vozmozhnosti provedeniya marketin-govykh issledovaniy na rynke transportnykh uslug // Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. –№ 53. –p.190–197.
- [12] Petervander Waerden,Andreas Lem Wim Schaefer (2015).Investigation of factors that stimulate car drivers to change from car to carpooling in city center oriented work trips // Transportation research Procedia.- p. 143–152.
- [13] Programma realizatsii meropriyatiy kompleksnoy skhemy organizatsii dorozhnogo dvizheniya v granitsakh malogo transportnogo kol'tsa g. Almaty na period 2017-2023 gg. S perspektivoy do 2030. Available at: https://alatransit.kz/sites/default/files/11._ksodd_t._hoschanov.pdf (accessed 10 April 2019)
- [14] Sayt Bla Bla Car. Available at: <https://blog.blablacar.ru/about-us> (accessed 10 April 2019)
- [15] Sayt kompanii ALD Avtomotiv. Broshyura «Innovatsion nye servisy, povyshayushchie mobil'nost' «Available at: https://www.aldautomotive.ru/Portals/russia/xBlog/uploads/2017/1/12/FS_WP_Innovations%20in%20Mobility%20Services%20_RS03.pdf (accessed 10 April 2019)

Статья поступила в редакцию 11.04.2019 г.

Раздел V

**Эксплуатация водного транспорта,
судовождение
и безопасность судоходства**

Section V

***Operation of water transport, navigation
and safety of navigation***



УДК 656.2:656.6

*Антонова Елена Ивановна, доцент кафедры прикладной математики, механики, управления и программного обеспечения, к.т.н., доцент.,
e-mail: ant_vladivostok@mail.ru*

*Васильев Илья Александрович, инженер-программист, соискатель степени кандидата технических наук, ООО «Экстенсив Сервис»,
e-mail: vasyhin@list.ru,*

*Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
69000, Приморский край, Владивосток, ул. Суханова, 8*

МОДЕЛЬ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ РАБОТ НА КОНТЕЙНЕРНОМ ТЕРМИНАЛЕ

Ключевые слова: транспорт, системы управления контейнерным терминалом, автоматизация планирования, грузовые процессы на контейнерных терминалах, эффективная организация перегрузочных процессов.

Аннотация. Статья обращается к проблемам организации грузовых работ на контейнерном терминале. Обозначены цели и основные проблемы в процессах планирования на терминале. Проанализированы существующие системы автоматизации работы контейнерных терминалов, определены недостающие возможности, препятствующие эффективной организации работы. Описаны методы формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон, размещения железнодорожных вагонов на подъездных путях контейнерного терминала, формирования множества размещений КТК, выгруженных с вагонов. Приведены алгоритмы решения представленных задач. В статье описана архитектура информационной системы, автоматизирующей процессы планирования грузовых работ. Указана возможность интеграции системы с существующими программными решениями.

Введение

Транспортная система имеет большое значение в экономике Российской Федерации (РФ). Одним из ключевых направлений транспортировки грузов по железной дороге являются контейнерные грузоперевозки. В 2015 году Владивосток получил статус свободного порта – портовая зона, пользующаяся особыми режимами таможенного, налогового, инвестиционного и смежного регулирования. В связи с этим регион ожидает интенсивное развитие экономики, строительства, производства. Подъем экономики будет требовать новые возможности от транспортной отрасли. По мнению ведущих экспертов транспортной отрасли, в течение следующих 10 лет объемы перевозок могут увеличиться в 2–2,5 раза [1]. Контейнерные перевозки являются именно тем видом грузоперевозок, который сможет предоставить возможности для этого роста.

Главными транспортными узлами в цепи организации перевозок контейнеров являются контейнерные терминалы. Успешность развития контейнерного терминала и его перевалочных мощностей определяется эффективностью управления и грамотной организацией деятельности, а также оперативным контролем ее осуществления.

На сегодняшний день существует несколько автоматизированных систем управления контейнерными терминалами [2, 3]. Некоторые из этих систем имеют модули для автоматизации работы, происходящей на грузовых фронтах [4, 5]. Ввиду большого объема информации и количества различных факторов, которые влияют на ход погрузочно-разгрузочных работ, организация погрузки и выгрузки контейнеров зачастую неоптимальна, а сами грузовые работы происходят со сбоями, остановками или накладками. При обзоре возможностей существующих систем управления транс-

портным процессом, в частности, связанных с оптимизацией времени обработки контейнеров и повышением качества планирования грузовых операций, не было найдено разработок, которые позволяют в полной мере использовать возможности контейнерного терминала по обработке грузовых фронтов. Поэтому актуальной является разработка новых методов описания перегрузочных процессов при организации грузовых работ на контейнерном терминале, которые позволят автоматизировать и повысить качество планирования грузовых процессов, сократить время обработки контейнеров и уменьшить пробег погрузочной техники по терминалу [6, 7].

В результате анализа предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» была построена ее концептуальная модель. Для формального описания модели предметной области использован язык прикладной логики (ЯПЛ). ЯПЛ – язык, логический язык, основанный на языке исчисления предикатов¹ [8, 9]. Объекты предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» классифицированы на 3 категории: информация о контейнерах, секциях хранения и грузовом транспорте. Структура разработанной модели представлена на рисунке 1.

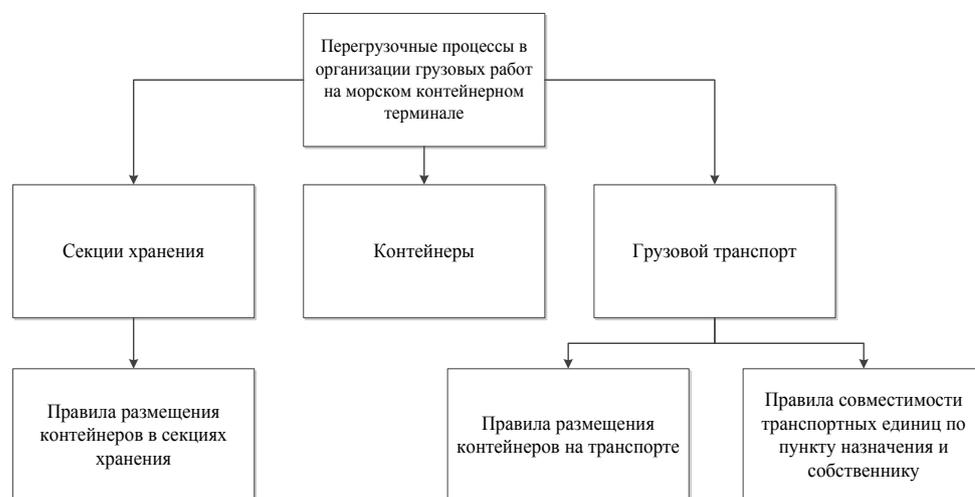


Рис. 1. Структура модели предметной области

Разработанная модель позволяет сотрудникам контейнерного терминала самостоятельно описывать правила, используемые в процессе выгрузки и отгрузки контейнеров на грузовой транспорт [10].

Основными процессами в предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале» являются:

- 1) Распределение грузового транспорта по грузовым фронтам контейнерного терминала.
- 2) Планирование адресов хранения на складе контейнерного терминала для контейнеров, которые выгружаются с грузового транспорта.
- 3) Распределение контейнеров, предназначенных для отгрузки, по транспортным единицам.

Критерий эффективности оптимизации рассматриваемого производственного процесса – уменьшение суммарного расстояния по перемещению контейнеров.

Сформулируем задачи, которые необходимо решить для успешной автоматизации исследуемой предметной области на примере железнодорожного грузового транспорта:

¹ Первоначально язык был описан в работах Клещева А.С. и Артемьевой И.Л.

Задача 1. Формирование множества планов отгрузки КТК на ЖД [11].

Подзадача 1.1. Проверка совместимости КТК по весу и размеру для размещения на вагоне

Подзадача 1.2. Проверка совместимости вагона по станции назначения и собственнику вагона

Подзадача 1.3. Проверка пригодности позиции на вагоне для погрузки контейнера

Задача 2. Формирование множества разбиений списка ЖД вагонов для подачи на подъездные пути

Задача 3. Формирование множества размещений КТК, выгруженных с вагонов

Подзадача 3.1. Проверка совместимости назначения складской секции хранения и характеристик КТК

Задача 4. Определение оптимального разбиения списка ЖД вагонов для подачи на подъездные пути из множества возможных вариантов

Подзадача 4.1. Вычисление расстояния по перемещению КТК с/на ЖД вагон

Приведем описание методов размещения железнодорожных вагонов на подъездных путях контейнерного терминала, формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон, формирования множества размещений КТК, выгруженных с вагонов.

Метод формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон. Входные данные: список контейнеров, список вагонов, перечень контейнеров, находящихся на вагонах. Выходные данные: множество вариантов размещения контейнеров на вагонах.

Шаг 1. Определим множество контейнеров

$$C = \{c_1, \dots, c_K\} \quad (1)$$

и множество железнодорожных вагонов

$$R = \{r_1, \dots, r_M\} \quad (2)$$

Шаг 2. Для вагонов из множества R составим список свободных позиций

$$FP = \{fp_1, \dots, fp_N\},$$

где $fp_j = (r_m, p)$, $1 \leq m \leq M, p \in \text{Позиции КТК на вагоне}$.

Позиция считается свободной согласно следующему критерию:

$$fp_i \in FP \Leftrightarrow \text{Позиция на вагоне свободна}(\pi(fp_i, 1), \pi(fp_i, 2)) \quad (3)$$

Позиция на вагоне, в которую планируется поставить контейнер, должна быть свободна. Если контейнер имеет размер 2 TEU (TEU – от англ. «двадцатифутовый эквивалент» – единица измерения размера контейнера), должна существовать и быть свободной следующая позиция. В предыдущей позиции (если она существует) не должно стоять контейнера размером 2 TEU, иначе эта позиция не будет считаться свободной.

Шаг 3. Обозначим допустимое размещение контейнеров на вагонах – множество пар

$$P = \{(c_i, fp_j)\}, \text{ где } 1 \leq i \leq K, 1 \leq j \leq N \quad (4)$$

таких, что для любого контейнера либо контейнер сформирован в пару, либо не существует вагона, чтобы сформировать пару, и пара $\langle c_i, fp_j \rangle$ сформирована тогда и только тогда, когда КТК пригоден для погрузки на вагон $(c_i, \pi(fp_j, 1), \pi(fp_j, 2))$, т.е.

$$\langle c_i, fp_j \rangle \in P \Leftrightarrow \text{КТК пригоден для погрузки на вагон} (c_i, \pi(fp_j, 1), \pi(fp_j, 2)) \quad (5)$$

Необходимо сформировать множество допустимых размещений контейнеров на вагонах. Для этого следует последовательно проверить заданное множество контейнеров на возможность их помещения на железнодорожные вагоны.

Шаг 4. Обозначим k – количество контейнеров, которые необходимо отгрузить. Количество контейнеров K в множестве C не должно превышать количество свободных позиций N в множестве FP . Если это не так, размещены будут только k контейнеров, т.е.

$$k \leq N \quad (6)$$

Шаг 5. Сформируем размещения без повторов из N натуральных чисел от 1 до N по $k - A_N^k$. Один вариант размещения из N по k будет представлять один вариант размещения k контейнеров по N свободным позициям на вагонах. Порядковый номер i числа в размещении обозначает индекс контейнера в списке контейнеров C . Значение числа в размещении обозначает индекс свободной позиции на вагоне в списке FP .

Шаг 6. Сформируем P' – возможное размещение контейнеров на вагонах, которое не обязательно является допустимым.

$$\langle c_i, fp_j \rangle \in P' \Leftrightarrow a_i = j \wedge a_i \in A_N^k, \text{ где } 1 \leq i \leq K, 1 \leq j \leq N. \quad (7)$$

Шаг 7. Последовательно проверим набор условий, определяющих возможность постановки контейнера на железнодорожный вагон, для каждой пары $\langle c_i, fp_j \rangle$.

Для принятия решения необходимо проверить выполнение следующих требований:

- 1) возможность отправить вагон на станцию назначения;
- 2) возможность собственника вагона обрабатывать необходимую станцию назначения;
- 3) контроль размера контейнера по вместимости вагона;
- 4) контроль веса контейнера по грузоподъемности вагона;
- 5) соблюдение правил размещения контейнера на вагоне.

Данный шаг алгоритма позволяет определить, является ли данное размещение A_N^k допустимым вариантом размещения контейнеров на вагонах. P' считается допустимым, тогда и только тогда, когда для любого контейнера C_i нашлась пригодная для размещения позиция fp_j , т.е.

$$P' - \text{допустимо} \Leftrightarrow \forall i \exists j: \langle c_i, fp_j \rangle \in P, \text{ где } 1 \leq i \leq K, 1 \leq j \leq N \quad (8)$$

Шаг 8. Если P' – допустимо, добавим P' в выходное множество вариантов размещения контейнеров на вагонах.

Для уменьшения числа вариантов, подлежащих перебору и оптимизации работы алгоритма по времени, предлагается отказаться от обработки вариантов, одинаковых по составу позиций на вагоне, но отличающихся порядком их следования. Для этого необходимо использовать сочетания без повторов из N натуральных чисел от 1 до N по $k - C_N^k$ [12, 13]. Тогда количество вариантов размещения будет равно

$$R' = C_N^k = \frac{N!}{k!(N-k)!} \quad (9)$$

Метод размещения железнодорожных вагонов на подъездных путях контейнерного терминала. Входные данные: список вагонов, список подъездных путей. Выходные данные: множество разбиений списка вагонов по подъездным путям [14].

Задача представляет собой задачу разбиения последовательности вагонов на подпоследовательности. Для перечисления всевозможных разбиений натурального числа на натуральные слагаемые воспользуемся алгоритмом из комбинаторики «О перечислении всевозможных разбиений натурального числа на натуральные слагаемые».

Шаг 1. Обозначим N – общее количество вагонов в начале маневровых работ.

Шаг 2. Общее количество подпоследовательностей не превышает число железнодорожных фронтов, на которые необходимо разместить вагоны. Разбиение вагонов на подпоследовательности представим в виде слагаемых, в сумме дающих исходное натуральное число N :

$$X_1 + X_2 + \dots + X_M = N \quad (10)$$

$$M \leq F, \quad (11)$$

где F – количество железнодорожных фронтов,

X_i – количество последовательно стоящих вагонов в подпоследовательности вагонов, размещенных на железнодорожном фронте.

Шаг 3. Определим порядковые номера вагонов, размещенных на железнодорожный фронт. То есть на фронт номер f :

$$1 \leq f \leq M \leq F \quad (12)$$

размещаются вагоны с

$$n_{first}^f = \sum_{i=1}^{f-1} x_i + 1 \quad (13)$$

$$\text{по } n_{last}^f = \sum_{i=1}^f x_i \quad (14)$$

Шаг 4. Ограничим количество вагонов в подпоследовательности длиной фронта таким образом, чтобы сумма длин вагонов в подпоследовательности не превышала длину фронта.

$$\sum_{i=n_{first}^f}^{n_{last}^f} \text{length}(\text{Railcar}_i) < \text{length}(\text{Front}_f) \forall f: 1 \leq f \leq F \quad (15),$$

где $\text{length}(\text{Railcar}_i)$ – длина контейнера с номером i ($1 \leq i \leq N$),

$\text{length}(\text{Front}_i)$ – длина фронта f ($1 \leq f \leq F$).

Существующий алгоритм из комбинаторики модифицирован автором для обеспечения учета длины железнодорожных фронтов.

Метод формирования множества размещений КТК, выгруженных с вагонов. Входные данные: список контейнеров, список секций хранения. Выходные данные: множество размещений КТК по секциям хранения.

Шаг 1. Определим множество подходящих секций хранения для каждого контейнера:

$$SA = \{SC_1, \dots, SC_K\}, \text{ где } \forall k: 1 \leq k \leq K, SC_k = \{S_1^k, \dots, S_{M_k}^k\},$$

$$\forall m: 1 \leq m \leq M_k \text{ КТК возможно разместить в секции хранения } (C_k, S_m^k) \quad (16)$$

Шаг 2. Введем множество целочисленных последовательностей. Значение каждого элемента в последовательности не превышает числа подходящих секций для соответствующего контейнера.

$$XS = \{X_n\}, \text{ где } \forall n: 1 \leq n \leq N, X_n = \{X_1^n, \dots, X_K^n\},$$

$$\text{при этом } \forall k: 1 \leq k \leq K, X_k^n \leq M_k \quad (17)$$

Каждая последовательность X_n представляет собой вариант размещения контейнеров по секциям хранения:

$$\forall n: 1 \leq n \leq N \forall k: 1 \leq k \leq K s_k^n = S_{X_k^n}^k \quad (18)$$

Шаг 3. Обозначим порядковый номер контейнера во множестве C равным порядковому номеру элемента в последовательности X_n .

Шаг 4. Обозначим порядковый номер секции во множестве SC_k равным значению элемента в последовательности X_n .

Число таких последовательностей равно произведению чисел подходящих секций для каждого контейнера, то есть

$$N = \prod_{k=1}^K M_k \quad (19)$$

С использованием разработанной модели сформулирована концепция программного комплекса, реализующего вышеописанные модели и методы. На рисунке 2 представлена архитектурно-контекстная диаграмма системы. Программный комплекс состоит из подсистем ввода и вывода информации, подсистем формирования планов отгрузки и выгрузки контейнеров и расстановки грузового транспорта по грузовым фронтам контейнерного терминала совместно с соответствующими редакторами знаний и подсистемы поиска оптимального решения [15].

Исходная информация и результаты работы программного средства формируются в стандартном формате XML. Благодаря этому разработанная система может быть сопряжена с существующими системами управления контейнерным терминалом для автоматизированного ввода начальных данных и дальнейшего использования полученных результатов.

Программный комплекс содержит редакторы для описания правил размещения контейнеров на вагонах и правил размещения контейнеров в складских секциях хранения.

Подсистема поиска оптимального решения использует результаты работы подсистем, вычисляющих возможные варианты формирования планов погрузки и выгрузки, и определяет наилучший вариант размещения вагонов по подъездным путям.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Исследованы существующие решения для управления технологическими процессами на грузовых фронтах контейнерных терминалов. Изучен практический опыт организации грузовых работ по погрузке и выгрузке контейнеров на примере реального контейнерного терминала. Выделены основные проблемы, препятствующие эффективной организации перегрузочных процессов на грузовом транспорте контейнерного терминала.

2. Проанализированы технологические процессы формирования комплекта контейнеров для отгрузки на грузовой транспорт, размещения грузового транспорта по грузовым фронтам контейнерного терминала, планирования адресов хранения для выгружаемых контейнеров. На языке прикладной логики разработана формальная модель предметной области «Перегрузочные процессы в организации грузовых работ на морском контейнерном терминале».

3. Разработаны методы формирования планов отгрузки КТК на грузовой транспорт, размещения грузового транспорта по грузовым фронтам, планирования адресов складских секций для хранения КТК, выгруженных с грузового транспорта.

4. Разработана система планирования перегрузочных процессов при организации грузовых работ на контейнерном терминале, которая определяет наилучший вариант размещения грузового транспорта по грузовым фронтам, минимизируя суммарное расстояние по перемещению контейнеров, и предлагает решение лицу, принимающему решение.

Список литературы:

- [1] Объемы железнодорожных контейнерных перевозок по России // Электронный журнал «Эксперт». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2012/23/soobrazili-na-dvoih/media/145174/>
- [2] Cost Consequences of a Port-Related Supply Chain Disruption. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092521215000504>
- [3] Диалог ИТ. Клиенты компании. Компания «Контейнершипс-СПб». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dialogit.ru/about/clients/737/>
- [4] Solvo.CTMS Real-Time Control. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.solvosys.com/en/products/solvo-ctms/>
- [5] Portrade Container Terminal Management system. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ant-tech.ru/eng/solutions/container/>
- [6] Бодюл В.И. Технологические принципы совершенствования управления перевозочным процессом в современных условиях. // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта, М. : 1996. - Тр. МИИТ - с.26
- [7] Ломаш Д.А. Автоматизация взаимодействия железной дороги и морского порта на основе мультиагентной оптимизации и имитационного моделирования: дис. ... канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2004 – 187 с.
- [8] Артемьева И.Л. Интеллектуальные системы для сложно-структурированных предметных областей // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2008. – №2. – С.108-114.
- [9] Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем Текст. / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. СПб.: Питер, 2001. - 384 с.: ил. ISBN 5272-00071-4.
- [10] Антонова Е.И., Васильев И.А. Задачи планирования в работе железнодорожного транспорта на контейнерном терминале. Описание методов решения // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды международной конференции IT+S&E'15 (Гурзуф, 22 мая-01 июня 2015г) / под. ред. проф. Е.Л.Глориозова. – М.:ИНИТ, 2015, Весенняя сессия. – С. 108–113.
- [11] Антонова Е.И., Васильев И.А. Задача формирования комплекта контейнеров для отгрузки на железнодорожный вагон. Метод поиска решений. // Технологии разработки информационных систем: сборник статей международной научно-практической конференции. – Таганрог: Издательство ЮФУ, 2015. – С. 101-106.
- [12] A. Kostogryzov, A. Nistratov, G. Nistratov. Some applicable methods to analyze and optimize system processes in quality management // InTech, 2012, ISBN979-953-307-778-8, 2012, pp. 127-196
- [13] Grigoriev L., Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G. Prediction and optimization of system quality and risks on the base of modelling processes. American Journal of Operation Researches, Special Issue, Volume 1, 2013, pp. 217-244.
- [14] Антонова Е.И., Васильев И.А. Метод автоматического размещения железнодорожных вагонов по подъездным путям контейнерного терминала // XIII всероссийская конференция «Проблемы информатизации региона» ПИР-2013, Сборник материалов конференции. – Красноярск, 2013. – С.95–97.
- [15] Антонова Е.И., Васильев И.А. Архитектура системы автоматизации планирования грузовых процессов на железной дороге контейнерного терминала // Проблемы информатизации региона. ПИР-2015: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. Л.Ф. Ноженковой; отв. за вып. А.А. Евсюков. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2015. – С. 12–19.

CARGO SHIPPING PROCESS MODELING FOR CARGO PLANNING ACTIVITIES ON CONTAINER TERMINAL

Antonova Elena I., associate professor at the department of applied mathematics, mechanics, management and software, candidate of engineering sciences, docent.
Far Eastern Federal University (FEFU)

8, Sukhanov st, Vladivostok, 690000

Vasilev Ilya A., software engineer, applicant for candidate of engineering sciences,
Xtensive Service Ltd.,

6, Nikonov st, Ekateringburg, 620027

Keywords: *transport, container terminal management systems, planning automation, cargo processes on container terminals, efficient transshipment organization.*

Annotation. The article covers problem of container terminal railway operating planning. The authors define goals and main issues discovered in planning processes taking place on container terminals. Existing container terminal management systems are listed and major blockers which prevent efficient management on planning activities are defined. The article contains definition of method forming a container set to ship on a railway car, the method of placing railway cars on the sidings at container terminal, the method of dislocation of containers unloaded from the railway cars. The algorithms to solve specified tasks are presented in this article. The article describes the architecture of computer system automating planning processes for cargo shipping activities. The possibility of integration with existing software is declared.

References:

- [1] Ob"emy zhelezodorozhnykh konteynernykh perevozk po Rossii // Elektronnyy zhurnal «Ekspert», Available at: <http://expert.ru/expert/2012/23/soobrazili-na-dvoih/media/145174/> (accessed 31 March 2019)
- [2] Cost Consequences of a Port-Related Supply Chain Disruption, Available at: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S2092521215000504> (accessed 31 March 2019)
- [3] Dialog IT. Klienty kompanii. Kompaniya «Konteynerships-SPb», Available at: <http://www.dialogit.ru/about/clients/737/>
- [4] Solvo.CTMS Real-Time Control, Available at: <http://www.solvosys.com/en/products/solvo-ctms/> (accessed 31 March 2019)
- [5] Portrade Container Terminal Management system, Available at: <https://www.ant-tech.ru/eng/solutions/container/> (accessed 31 March 2019)
- [6] Bodyul V.I. Tekhnologicheskie printsipy sovershenstvovaniya upravleniya perevoznym protsessom v sovremennykh usloviyakh. Aktual'nye problemy razvitiya zhelezodorozhnogo transporta, M.: 1996. Tr. MIIT, p.26
- [7] Lomash D.A. Avtomatizatsiya vzaimodeystviya zheleznoy dorogi i morskogo porta na osnove mult'agentnoy optimizatsii i imitatsionnogo modelirovaniya: dis. kand. tekhn. nauk, Rostov-na-Donu, 2004, 187 p.
- [8] Artem'eva I.L. Intellektual'nye sistemy dlya slozhno-strukturirovannykh predmetnykh oblastey. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPBGU. 2008, №2 .pp.108-114.
- [9] Gavrilova, T.A. Bazy znaniy intellektual'nykh sistem Tekst. T.A. Gavrilova, V.F. Khoroshevskiy. SPb.: Piter, 2001. 384 e.: il. ISBN 5272-00071-4.
- [10] Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Zadachi planirovaniya v rabote zhelezodorozhnogo transporta na konteynernom terminale. Opisanie metodov resheniya. Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii: trudy mezhdunarodnoy konferentsii IT+S&E'15 (Gurzuf, 22 maya-01 iyunya 2015g), pod. red. prof. E.L.Gloriozova. M.:INIT, 2015, Vesenniyaya sessiya. p. 108-113.
- [11] Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Zadacha formirovaniya komplekta konteynerov dlya otgruzki na zhelezodorozhnyy vagon. Metod poiska resheniy. Tekhnologii razrabotki informatsionnykh sistem: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Taganrog: Izdatel'stvo YuFU, 2015, pp. 101-106.
- [12] A. Kostogryzov, A. Nistratov, G. Nistratov Some applicable methods to analyze and optimize system processes in quality management. InTech, 2012, ISBN979-953-307-778-8, 2012, pp. 127-196
- [13] Grigoriev L., Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G. Prediction and optimization of system quality and risks on the base of modelling processes. American Journal of Operation Researches, Special Issue, Volume 1, 2013, pp. 217-244.
- [14] Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Metod avtomaticheskogo razmeshcheniya zhelezodorozhnykh vagonov po pod"ezdnykh putyam konteynernogo terminala. XIII vserossiyskaya konferentsiya «Problemy informatizatsii regiona» PIR-2013, Sbornik materialov konferentsii. Krasnoyarsk, 2013, pp. 95-97.
- [15] Antonova E.I., Vasil'ev I.A. Arkhitektura sistemy avtomatizatsii planirovaniya gruzovykh protsessov na zheleznoy doroge konteynernogo terminala. Problemy informatizatsii regiona. PIR-2015: Materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod red. L.F. Nozhenkovoy; otv. za vyp. A.A. Evsyukov. Krasnoyarsk: IVM SO RAN, 2015, pp. 12-19.

Статья поступила в редакцию 07.04.2019 г.

УДК 656.6

Виноградов Владимир Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Судовождение и промышленное рыболовство», ФГБОУ ВО «КГМТУ»

Ивановский Николай Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Судовождение и промышленное рыболовство», ФГБОУ ВО «КГМТУ»
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ В ЗАДАННОЙ АКВАТОРИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ РИСКА

Ключевые слова: безопасность судоходства, оценка риска, математическая модель морского судна, автоматическое управление, идентификация случайных параметров морского судна.

Аннотация. В статье рассматривается задача синтеза алгоритма управления судном автоматизированной системой судовождения по критерию среднеквадратической величины риска безопасного прохода судном узкого пролива и проводится анализ точности синтезированного алгоритма. Анализ точности алгоритмов проводился методом статистического моделирования для судна типа «Волга-Балт» при проходе Керчь-Еникальского Канала.

Расчет риска безопасного прохода судна узкого канала проводился для условий тихой погоды для различных случайных параметров. Следует отметить, что даже при максимальном значении отклонений случайных параметров (максимальном риске) система оптимального управления обеспечивает нахождения характеристик движения судна в заданных (безопасных) пределах.

Введение

Задача синтеза алгоритма управления судном состоит в том, что в процессе движения судна необходимо по оцениваемым параметрам судна

$$\hat{P}(t_1) = (\hat{m}_{11}(t_1), \hat{m}_{22}(t_1), \hat{J}_{zp}(t_1)),$$

(присоединенные массы, момент инерции) и оцениваемым текущим характеристикам движения судна

$$\hat{X}(t_1) = (\hat{x}(t_1), \hat{y}(t_1), \hat{v}_x(t_1), \hat{v}_y(t_1), \hat{\Psi}(t_1), \hat{\omega}_z(t_1)),$$

(вектора положения, скорости, угловое положение и угловая скорость вращения судна) формировать вектор управляющих воздействий $U(t)$, (команды на угловое положение руля, число оборотов двигателя судна) так, чтобы истинные характеристики движения судна $X(t) = (x, y, v_x, v_y, \Psi, \omega_z)$ возможно точнее воспроизводили желаемые характеристики движения судна $X_{жс}(t) = (x_{жс}, y_{жс}, v_{xжс}, v_{yжс}, \Psi_{жс}, \omega_{zжс})$ исходя из критерия минимизации величины риска, предложенного в работе [1].

$$R = \min_{\delta(\tau)} M \int_{t_0}^T [\Delta X(\tau) Q(\tau) \Delta X^T(\tau) + q(\tau) \delta(\tau)^2] d\tau,$$

где M – оператор вычисления среднего значения,

$$\Delta X(t) = X_{жс}(t) - X(t),$$

$\delta(\tau)$ – управляющее воздействие на всем временном интервале управления $t_0 \leq \tau \leq T$.

Задача синтеза решается в предположении, что модель движения судна линеаризована относительно опорного движения, имеются оптимальные линейные оценки параметров судна и текущих параметров движения [1,2], оптимальный алгоритм управления синтезируется в классе линейных алгоритмов.

Из теории синтеза оптимальных линейных алгоритмов управления [3] известно, что задача синтеза разделяется на две независимые задачи:

- построение оптимальных линейных оценок;
- синтез линейного оптимального управления по оценкам.

Учитывая, что случайные вектора $X(\tau) - \hat{X}(\tau)$ и $\hat{X}(\tau)$ ортогональны для любого момента времени τ , величина риска представляется в виде суммы риска оценивания, независимого от алгоритма управления, и риска управления, зависящего от алгоритма управления.

Таким образом, при решении задачи синтеза, можно исходить из минимизации риска управления

$$R_U = M \int_{t_0}^T [\Delta \hat{X}(\tau) Q(\tau) \Delta \hat{X}^T(\tau) + q(\tau) \delta^2(\tau)] d\tau,$$

где $\Delta \hat{X}(t) = X_{жс}(t) - \hat{X}(t)$.

Задача синтеза алгоритма управления

Управляемый случайный процесс $\hat{X}(t_i)$, и оцениваемый вектор параметров, $\hat{P}(t_i)$ согласно [2,3], в общем случае удовлетворяют линеаризованным рекуррентным стохастическим уравнениям вида

$$\begin{aligned} \hat{X}(t_i) = \hat{X}(t_{i-1}) + f(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_{i-1}), \hat{P}(t_{i-1})) dt + B(\hat{X}(t_{i-1}), \hat{P}(t_{i-1}), U_0(t_i)) dt (U(t_i) - U_0(t_i)) + \\ + DX(t_i) \xi(t_i), \quad \hat{X}(t_0) = MX(t_0) \end{aligned} \quad (1)$$

Где $U_0(t)$ – опорный вектор управляющих воздействий, – матрица частных производных вектора f по вектору U , $\xi(t)$ – случайный векторный процесс, определяемый точностью построения оценок $\hat{X}(t)$, $\hat{P}(t_i)$.

В качестве процесса $X_{жс}(t)$ целесообразно выбрать процесс, удовлетворяющий уравнению движения судна

$$X_{жс}(t_i) = X_{жс}(t_{i-1}) + f(X_{жс}(t_{i-1}), U_0(t_i), P) dt, \quad X_{жс}(t_0) = X_0 \quad (2)$$

Линеаризуя уравнения (2) относительно процесса $\hat{X}(t_i)$ и $\hat{P}(t_i)$ получим линейную систему уравнений для процессов $\Delta \hat{X}(t_i)$, $\hat{P}(t_i)$

$$\begin{aligned} \Delta \hat{X}(t_i) = \left(I + A_x(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt \right) \hat{X}(t_{i-1}) + A_p(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt (P_0 - \hat{P}(t_{i-1})) + \\ + B(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt \Delta U(t_i) + DX(t_i) \xi(t_i), \\ \hat{X}(t_0) = 0, \quad \hat{P}(t_i) = \hat{P}(t_{i-1}) + D_p(t_i) \xi(t_i), \quad \hat{P}(t_0) = MP_0, \end{aligned} \quad (3)$$

Где I – единичная матрица, $A_x(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1}))$,

$A_p(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1}))$ – матрицы частных производных вектора f по вектору X и P соответственно,

$\Delta U(t_i) = U(t_i) - U_0(t_i)$ – отклонения вектора управляющих воздействий от опорных.

Введем в рассмотрение расширенный вектор фазовых координат

$$\Delta \hat{X}_r(t_i) = (\Delta \hat{X}(t_i), P_0 - \hat{P}(t_i)),$$

уравнение (3), в этом случае, можно записать в виде

$$\Delta \hat{X}_r(t_i) = L(t_i, t_{i-1}) \Delta \hat{X}_r(t_{i-1}) + B(t_i) \Delta U(t_i) + \sum(t_i) \xi(t_i), \Delta \hat{X}_r(t_0) = 0 \quad (4)$$

где матрица перехода $L(t_i, t_{i-1})$ и матрицы $B(t_i)$, $\sum(t_i)$ определяются выражениями

$$L(t_i, t_{i-1}) = \begin{bmatrix} I + A_x(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt, & A_p(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt \\ 0 & I \end{bmatrix},$$

$$B(t_i) = \begin{bmatrix} B(\hat{X}(t_{i-1}), U_0(t_i), \hat{P}(t_{i-1})) dt \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \sum(t_i) = \begin{bmatrix} D_x(t_i) \\ D_p(t_i) \end{bmatrix}.$$

Для решения задачи синтеза будем использовать метод динамического программирования Беллмана Р. [4], применительно к линеаризованным стохастическим процессам [3]. Оптимальный вектор управляющих воздействий определяется выражением:

$$U(t_i) = U_0(t_i) + S(t_i) \Delta \hat{X}_r(t_i). \quad (5)$$

Матрица коэффициентов усиления управляющего устройства $S(t_i)$ определяется через матрицу функции Беллмана $R(t_{i+1})$ выражением

$$S(t_i) = - (G(t_i) + B^T(t_i) R(t_{i+1}) B(t_i))^{-1} B^T(t_i) R(t_{i+1}) L(t_{i+1}, t_i) \quad (6)$$

матрица $R(t_{i+1})$ удовлетворяет рекуррентному уравнению

$$R(t_i) = L^T(t_{i+1}, t_i) R(t_{i+1}) L(t_{i+1}, t_i) + Q(t_i) - S^T(t_i) (G(t_i) + B^T(t_i) R(t_{i+1}) B(t_i)) S(t_i), \quad (7)$$

при граничном условии $R(T) = 0$.

На Рис. 1 приведена структурно-логическая схема модели автоматизированной системы судовождения, состоящей из модели движения судна (МДС), модели измерителей характеристик движения (МИХД), алгоритма оценивания характеристик движения (АОХД), алгоритма управления судном (АУС).

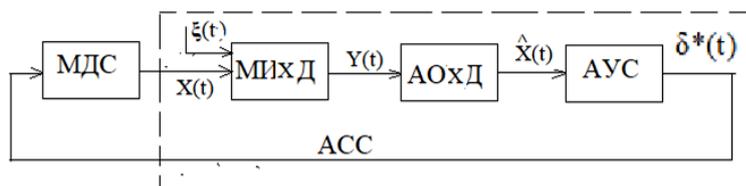


Рис. 1. Структурно-логическая схема модели АСС

Анализ точности алгоритма управления

Анализ точности алгоритмов проводился методом статистического моделирования для судна типа «Волга-Балт» при проходе Керчь–Еникальского Канала.

Параметры и характеристики движения судна определялись в соответствии с [5]. В качестве управляющего воздействия рассматривалось угловое положение руля судна $U(t) = \delta(t)$, число оборотов двигателя судна считалось постоянным $n_{об} = 3,5 об / с$. Точность оценивания характеристик движения

$$\hat{X}(t_i) = (\hat{x}(t_i), \hat{y}(t_i), \hat{v}_x(t_i), \hat{v}_y(t_i), \hat{\Psi}(t_i), \hat{\omega}_z(t_i))$$

и реализовавшихся случайных параметров $P = [m_{11}, m_{22}, J_{zp}]$ судна выбиралась для Варианта 2 приведенного в статье [4].

В качестве критерия управления при проходе узкого пролива рассматривался риск

$$R_U = \int_{t_0}^T [q_{22}(y_{жс}(\tau) - \hat{y}(\tau))^2 + q_{44}(v_{жс}(\tau) - \hat{v}_y(\tau))^2 + q_{55}(\psi_{жс}(\tau) - \hat{\psi}(\tau))^2 + g\delta^2(\tau)]d\tau$$

где $q_{22} = [1 / m^2]$, $q_{44} = [m^2 / c^2]$, $q_{55} = [1 / \text{рад}^2]$, $g = [1 / \text{рад}^2]$. (8)

Оптимальное угловое положение руля судна формировалось согласно выражению

$$\delta^*(t) = \delta_0(t) + s_2(t)(y_{жс}(t) - \hat{y}(t)) + s_4(t)(v_{жс}(t) - \hat{v}_y(t)) + s_5(t)(\Psi_{жс}(t) - \hat{\Psi}(t)) + s_7(t)(m_{110} - \hat{m}_{11}(t)) + s_8(t)(m_{220} - \hat{m}_{22}(t)) + s_9(t)(J_{zp0} - \hat{J}_{zp}(t))$$

На Рис. 2–9 приведены результаты моделирования оптимального алгоритма управления судном при проходе узкого пролива.

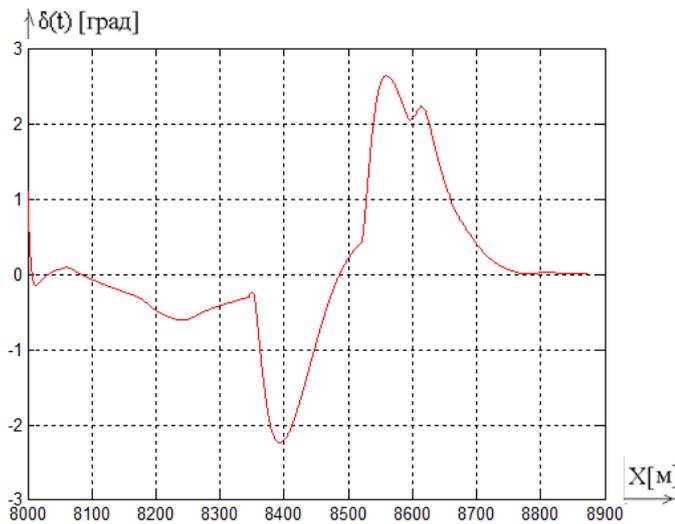


Рис. 2. Коррекция углового положения руля

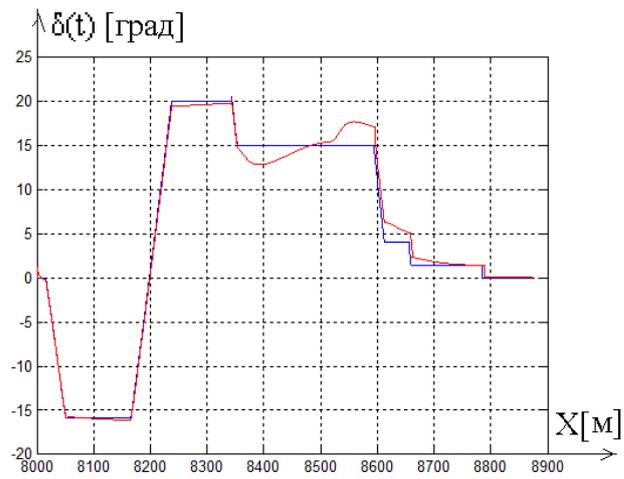


Рис. 3. Оптимальное управление рулем судна

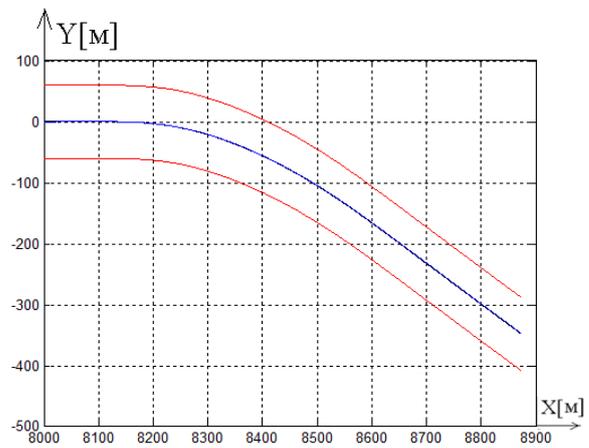


Рис. 4. Оптимальная траектория судна

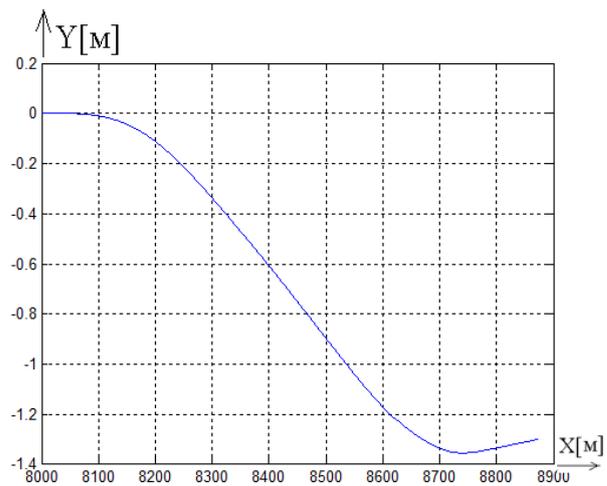


Рис. 5. Ошибка по координате Y

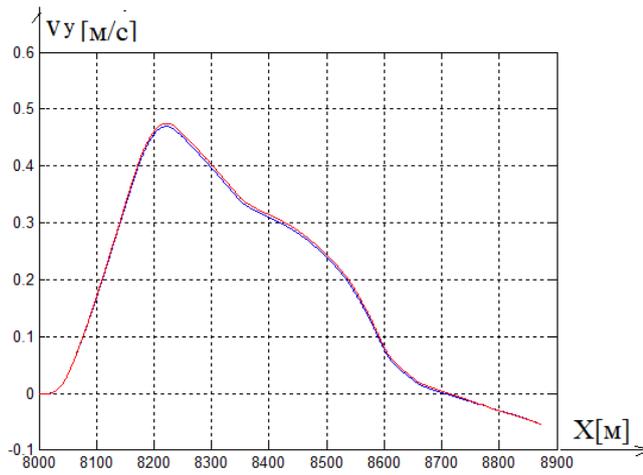


Рис. 6. Скорость на оптимальной траектории

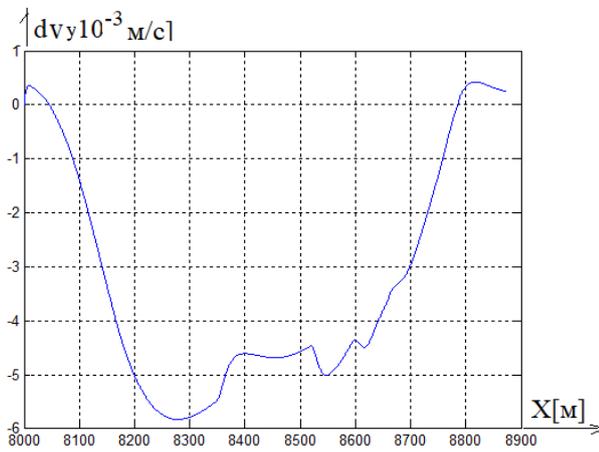


Рис. 7. Ошибка по скорости на оптимальной траектории

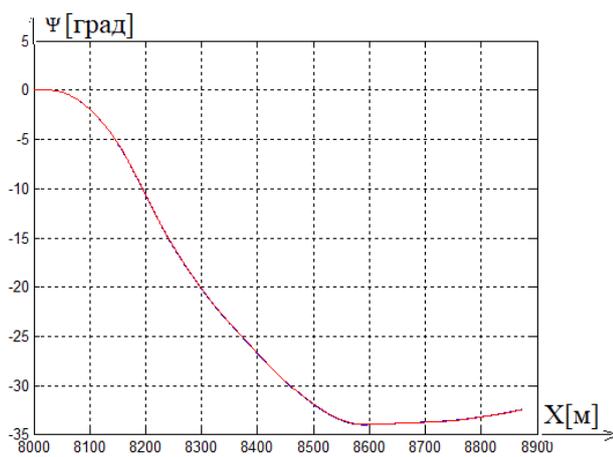


Рис. 8. Курс судна на оптимальной траектории

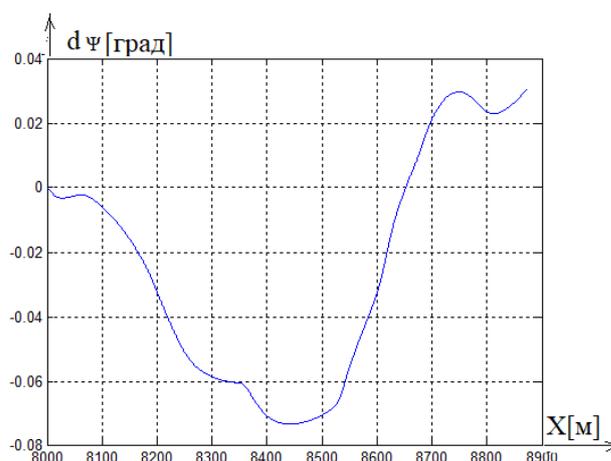


Рис. 9. Ошибка по курсу на оптимальной траектории

Расчет риска безопасного прохода судна узкого канала проводился для условий тихой погоды для различных случайных параметров $P = [m_{11}, m_{22}, J_{zp}]$. В Таблице 1 приведены значения риска для заданных отклонений случайных параметров от расчетных.

Таблица 1

Значения риска для заданных отклонений случайных параметров от расчетных

$\Delta P = [\Delta m_{11}, \Delta m_{22}, \Delta J_{zp}]$	[0,0,0]	[0,811; -1,21; -1749]	[1,622; -2,42; -3488]	[2,433; -3,63; -5247]	[8,11; -12,1; -17490]
R	0,015	103	416	926	10402

Следует отметить, что даже при максимальном значении отклонений случайных параметров (максимальном риске) система оптимального управления обеспечивает нахождения характеристик движения судна в заданных (безопасных) пределах.

Выводы

В статье получено решение задачи синтеза алгоритма управления судном при прохождении узких проливов. Для синтезированного алгоритма проведено статистическое моделирование оценки точности и расчета риска безопасного прохождения пролива.

Список литературы:

- [1] Виноградов В.Н., Ивановский Н.В., Новоселов Д.А. Анализ влияния случайных параметров судна на управляемость и безопасность. Журнал Вестник. Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 55. Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ» Н. Новгород, 2018.
- [2] Виноградов В.Н., Ивановский Н.В. Синтез алгоритмов идентификации случайных параметров и оценивания характеристик движения судна. Журнал Вестник. Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ» Н. Новгород, 2018.
- [3] Виноградов В.Н. Корреляционная теория фильтрации и управления многомерными случайными процессами. М: Красанд. 2011.
- [4] Беллман Р. Динамическое программирование. / Пер. с англ. под ред. Н. Н. Воробьева. М.: ИЛ, 1960.
- [5] Справочник по теории корабля. Т.3. Под редакцией Я. И. Войткуновского. Л: «Судостроение», 1985.

- [6] Fossen, Thor I., Guidance and Control of Ocean Marine Vehicles. John Wiley and Sons Ltd. New York, 1994.
- [7] Ruoshi Cha, Decheng Wan, Numerical Investigation of Motion Response of Two Model Ships in Regular Waves. Procedia Engineering, Volume 116, 2015, pp. 20-31. DOI:10.1016/j.proeng.2015.08.260
- [8] Kramar V. Investigation of Changes and Development of Mathematical Model for a Drilling Vessel. Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium, pp.0049-0055, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-07-5, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI:10.2507/26th.daaam.proceedings.007

SYNTHESIS OF THE VESSEL CONTROL ALGORITHM IN THE SPECIFIED WATER AREA BASED ON AN INTEGRATED RISK CRITERION

*Vinogradov Vladimir N., Doctor of engineering sciences, Professor of the chair
«Navigation and industrial fishing»*

*Ivanovsky Nikolay V., candidate of engineering sciences, associate Professor of the chair
«Navigation and industrial fishing»
FSBEI HE «KSMTU»*

82, Ordzhonikidze st, Kerch, 298309, Republic of Crimea

Key words: safety of navigation, risk assessment, mathematical model of marine vessel, automatic control, identification of random parameters of a ship.

Annotation. The article considers the problem of synthesis of the control algorithm of the vessel with an automated system of navigation on the criterion of the rms value of the risk of the safe passage of a vessel through a narrow Strait. The analysis of the algorithms accuracy was carried out by statistical modeling method for the vessel of «Volga-Balt» type during the passage of the Kerch – Yenikal canal. The calculation of the risk of safe passage of a narrow channel vessel was carried out for calm weather conditions for various random parameters. It should be noted that even at the maximum value of deviations of random parameters (maximum risk), the optimal control system ensures that the characteristics of the vessel's movement are found within the (safe) limits.

References:

- [1] Vinogradov V.N., Ivanovsky N.V., Novoselov D.A. Analysis of the impact of random parameters of the vessel on handling and safety. The Journal Gazette. Volga state Academy of water transport. Issue 55. Publishing house FGBOU VO «WHUUT» N. New-city, 2018.
- [2] Vinogradov V.N., Ivanovsky N.V. Synthesis of algorithms for identification of random parameters and estimation of vessel motion characteristics. The Journal Gazette. Volga state Academy of water transport. Issue Publishing house FGBOU VO «WHUUT» N. Novgorod, 2018.
- [3] Vinogradov V.N. Correlation theory of filtration and control of multidimensional random processes. M: Krasand. 2011.
- [4] Bellman R. Dynamic programming. / Per. with English. under. ed. N. N. Vorobyov. M.: IL, 1960.
- [5] Handbook of ship theory. Vol.3. Edited by Y. I. Vaitkuskas. L: «Sudo-structure», 1985.
- [6] Fossen, Thor I., guidance and control of marine vehicles. John Wiley and Sons Ltd. New York, 1994.
- [7] Ruoshi Cha, Dechen Wan, numerical study of the reaction of two model ships in regular waves. Procedia Engineering, volume 116, 2015, pp. 20-31. DOI: 10.1016 / j.proeng.2015.08.260
- [8] Kramar V. Research of changes and development of mathematical model of the drilling vessel. Proceedings of the 26th daaam International Symposium, pp. 0049-0055, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-07-5, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507 / 26th.daaam.production.Zero zero seven

Статья поступила в редакцию 08.04.2019 г.

УДК 656.61.052 О-75

Осокин Михаил Викторович, доцент, к.т.н., зав. кафедрой Судовождения и безопасности судоходства ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,

e-mail: sudovod@vgavt-nn.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОЦЕНКА РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ И ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА КАЧКИ НА ПРИМЕРЕ КОНТЕЙНЕРОВОЗА-ФИДЕРА

Ключевые слова: оценка риска, безопасность плавания, параметрический резонанс качки, остойчивость судна.

Аннотация. В статье сделана попытка оценить влияние характеристик остойчивости судна при конкретной нагрузке на возможность возникновения явлений потери остойчивости и параметрического резонанса на попутном или почти попутном волнении. Этой теме посвящён ряд руководящих документов, в которых затронутые в статье вопросы обычно рассматриваются с точки зрения совпадения или близости частот собственных колебаний и изменения остойчивости судна и частоты внешнего воздействия на него при наиболее неблагоприятных характеристиках волнения. Автором предложен упрощённый метод оценки потери метацентрической высоты и изменения диаграммы статической остойчивости в зависимости от потери площади действующей ватерлинии. Расчёты выполнены с применением имеющейся на судне документации. Их результаты могут использоваться при выборе безопасного маршрута движения судна с учётом прогноза погоды.

Введение

Безопасность работы флота во многом зависит от учёта воздействия на судно неблагоприятных погодных условий. Рекомендации капитану по выбору оптимального курса и скорости в условиях ветра и волнения разработаны и изложены во множестве научных исследований, учебной литературе, а также международных и национальных руководящих документах. Некоторые из них приведены в списке литературы к данной статье. При этом условия, при которых возможна потеря остойчивости и возникновение резонансных явлений, обычно рассматриваются с точки зрения выбора такого курсового угла по отношению к направлению распространения волны и такой скорости судна, при которых обеспечивается совпадение или близость кажущегося периода волны с периодом собственных колебаний судна (основной резонанс качки) либо рассматривается соотношение кажущегося периода волны с периодом изменения остойчивости судна (параметрический резонанс качки). Например, в [3] предельное значение скорости судна, при которой на попутном волнении оно может потерять остойчивость, предлагается вычислять по формуле: 0,514

$$V_{пред.} < \frac{\left(c - \frac{4k_{\tau}\lambda}{\tau_c}\right)}{0,514\cos\beta}, \quad (1)$$

где безразмерный расчётный коэффициент k_{τ} , показывающий, какую часть кажущегося периода волны τ_{λ} судно, имеющее определённую метацентрическую высоту, крен в интервале от 10 до 40 градусов и период собственных бортовых колебаний τ_c при определённой скорости, курсовом угле волны β , скорости распространения и

длине волны (c и λ соответственно), определённой высоте волны h 3% обеспеченности, имеет плечи остойчивости ниже нормированного для данного судна критического значения $l_{кф}$, рассчитывается по формуле:

$$k_{\tau} = \frac{t_{(-)}}{\tau_k} . \quad (2)$$

Здесь $t_{(-)}$ – время, на которое остойчивость судна падает ниже нормы, с.

Коэффициент k_{τ} *зависит* от формы корпуса судна, его осадки, координат центра тяжести, угла крена, метацентрической высоты, соотношения длины волны и расчётной длины корпуса судна, крутизны и курсового угла волны. За расчётную волну 3% обеспеченности принимается волна со средней длиной, равной длине судна между перпендикулярами. Расчётная высота волны определяется по формуле:

$$h_{3\%расч} = k \cdot h_{расч} , \quad (3)$$

где $h_{расч}$ – высота расчётной регулярной волны, имеющей правильную косинусоидальную форму и длину, равную расчётной длине судна L .

$k = 1,336$ – условный расчётный коэффициент перехода от расчётной регулярной волны к эквивалентной ей по периоду высоте нерегулярной волны 3% обеспеченности.

$$h_{расч} = 0,22 \cdot \lambda^{0,715} , \quad (4)$$

Из сказанного выше видно, что в расчётах рассматривается только определённая, наиболее неблагоприятная для судна крутизна волны.

При определении коэффициента k_{τ} используются плечи мгновенных диаграмм остойчивости, полученных при статической постановке судна на расчётную волну при различных положениях её вершины по длине судна. В [3] указано, что расчёт таких диаграмм производится на ЭВМ в диапазоне углов крена от 10 до 40 градусов в предположении о гидростатическом распределении давления в волне при помощи методик и программ, имеющих допуск Регистра. При этом сами методики учёта влияния обводов корпуса и крутизны волны на значения коэффициента k_{τ} непосредственно в [3] не приводятся. Информацию, вытекающую из руководящего документа [3], предлагается включать в эксплуатационную документацию судов, выходящих из постройки. То есть, для старых судов, построенных до 2002 года, учёт вероятности неблагоприятного воздействия на судно попутного волнения судоводитель должен вести самостоятельно, руководствуясь самыми общими рекомендациями документов [1] и [2], в которых даются лишь эмпирические диапазоны опасных скоростей судна на попутном волнении, исходя из отношений скорости к курсовому углу, длине судна либо к периоду волны.

Диапазон скоростей судна, при которых возможно возникновение параметрического резонанса в [3] предлагается рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{\left(c - \frac{m\lambda}{\tau_c}\right)}{0,514\cos\beta} , \quad (5)$$

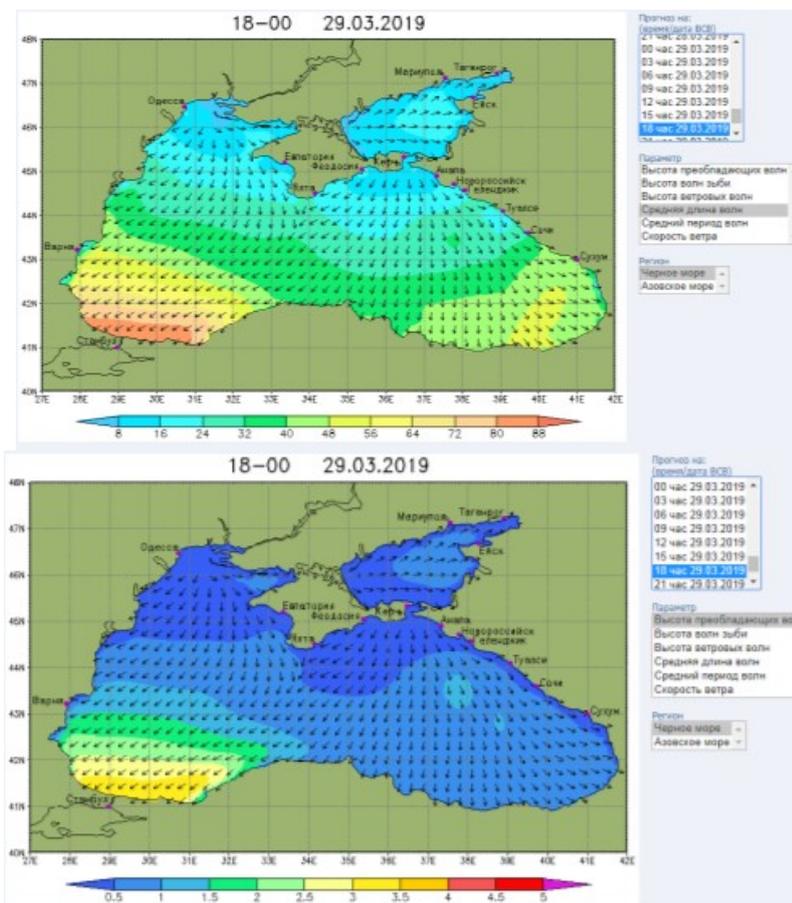
где $m = 1,9$ для верхней границы околорезонансной зоны, $m = 2,1$ для её нижней границы.

Формула (5) создана, исходя из положения о том, что кажущийся период волны при параметрическом резонансе должен быть близок к половине периода собственных колебаний судна. То есть, при качке максимальный угол крена судна, находяще-

гося своей серединой на гребне волны с длиной, близкой к длине корпуса, должен совпадать по времени с максимальным уменьшением устойчивости, возникающим из-за потери площади действующей ватерлинии. Как известно, вторым обязательным условием возникновения параметрического резонанса является достаточная удалённость центра тяжести судна от плоскости действующей ватерлинии. При этом математическое выражение понятия «достаточности» обычно не приводится.

1. Цель работы

В современных условиях на судне возможно получение прогнозов не только высоты, но и других характеристик волнения, например, средней длины и среднего периода волны (см. рис. 1, взятый из источника [4]). При разных высотах волны могут иметь одну и ту же длину в зависимости от глубин и стадии развития волнения. Пользуясь такими прогнозами, судоводитель может самостоятельно оценить вероятность возникновения тех или иных возникающих из-за воздействия волны опасных для судна явлений. Поэтому с точки зрения судоводителя было бы интересно понять, при каких характеристиках устойчивости судна, загруженного определённым образом, потеря устойчивости судна и возникновение параметрического резонанса качки на реальном волнении вообще возможны или невозможны на волне с прогнозируемыми параметрами.



1. Примеры используемых в расчётах прогностических карт волнения

Непрерывным условием расчётов поставим использование только той документации, которая имеется на борту любого морского судна.

2. Оценка риска потери остойчивости и возникновения параметрического резонанса

Для решения этой задачи в качестве примера рассмотрим чертёж корпуса контейнеро-вазона-фидера, приведённый на рис. 3 (лучше использовать теоретический чертёж, но в данном случае использовано то, что имелось под рукой). Нанесём на него волну с параметрами, прогнозируемыми на рис. 1 в районе входа в пролив Босфор (красная линия, соответствующая высоте волны $h = 3$ м, длине волны $\lambda = 90$ м). Ватерлиния на спокойной воде представлена на том же рисунке жёлтой линией. В упрощённом виде профиль волны может быть представлен как трохоида или, ещё более упрощённо, как косинусоида, рассчитанная с помощью приведённой, например, в [5] известной зависимости:

$$z = \frac{h}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right), \quad (6)$$

где x – в данном случае можно принять равным абсциссе теоретического шпангоута.

Как известно, поперечный метацентрический радиус судна может быть рассчитан по формуле:

$$r = \frac{I_x}{V}, \quad (7)$$

где I_x – момент инерции действующей ватерлинии судна относительно её продольной оси,

V – объёмное водоизмещение судна.

$$I_x = \frac{2}{3} \int_{-L/2}^{L/2} y^3 dx, \quad (8)$$

где y – ординаты точек, составляющих огибающую действующей ватерлинии. В данном случае эти ординаты принимаются равными ординатам теоретических шпангоутов на уровне (высоте от основной плоскости), соответствующем профилю поверхности воды на спокойной воде или на волне.

Если принять профиль волны в виде косинусоиды, вычисленной по формуле (6), на рис. 3 видим, что при $\lambda \cong L$ аппликата поверхности воды (относительно её ровной поверхности) становится равной нулю приблизительно на половине расстояния между миделем и оконечностью действующей ватерлинии. Поскольку косинусоида симметрична относительно ровной поверхности воды, это означает, что положительное приращение погруженного в воду объёма корпуса судна в районе миделя в данном случае будет больше, чем отрицательное приращение в оконечностях (т.к. в оконечностях обводы корпуса сужаются к низу). В свою очередь, это значит, что при неизменном весовом водоизмещении судно, попав своей серединой на гребень косинусоидальной волны, должно несколько «всплыть», причём величина «всплытия» (половины амплитуды вертикальной качки) зависит от соотношения изменения объёмов погруженной в воду части корпуса на миделе и в оконечностях, т.е. от обводов корпуса конкретного судна. В результате «всплытия» положительные и отрицательные изменения погруженных в воду объёмов корпуса судна на миделе и в оконечностях сравняются, и аппликата его центра величины изменится незначительно. Во всяком случае, если не учитывать изменение аппликаты центра величины, ошибка в расчёте аппликаты метацентра и метацентрической высоты будет в безопасную сторону. Про-

филь ветровой волны в общем случае отличается от косинусоиды и близок к показанному на рис. 2, взятом из [9]. Если спроецировать этот профиль на корпус судна, увидим, что вследствие его несимметричности по вертикали относительно спокойной поверхности воды отрицательные приращения объёма погруженной части корпуса в оконечностях наблюдаются на большей длине корпуса, чем положительные вблизи миделя. Поэтому за счёт сужения обводов корпуса в этих местах они будут близки по величине к положительным приращениям на миделе. Реальная ветровая волна имеет ещё более сложный профиль (её подветренный склон имеет большую крутизну, чем наветренный), а изменения положительных и отрицательных приращений объёмного водоизмещения в носовой и кормовой части корпуса и в районе миделя зависят от обводов корпуса в носу и корме. Естественно, в реальных условиях вертикальная качка всегда сопровождается килевой, а на косом волнении – и бортовой, что ещё больше усложняет исследование условий потери устойчивости и возникновения резонанса.

Задачей данной статьи автор видит попытку проследить общие тенденции влияния параметров устойчивости на вероятность её потери на попутном волнении. Поэтому, с учётом сказанного выше, примем, что изменения аппликаты метацентра (а значит, и метацентрической высоты) при попадании середины судна на гребень волны происходят в основном за счёт изменения метацентрического радиуса, а изменениями аппликаты центра величины на волне при оценке вероятности возникновения рассматриваемых явлений в первом приближении можно пренебречь.

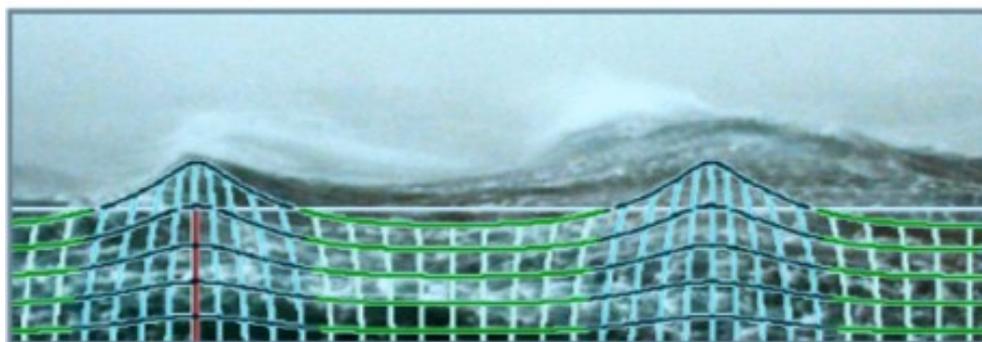


Рис. 2. Приближенный к реальности профиль ветровой волны

В таблице 1 представлены результаты расчёта площадей и моментов инерции действующей ватерлинии для поверхностей воды, изображённых на рис. 2 (проекция «бок»). Профиль поверхности воды на волне рассчитан по точкам её пересечения с теоретическими шпангоутами (их абсциссы подставлялись в формулу (6)). С применением полученных аппликат с проекции «корпус» сняты ординаты точек, соответствующих пересечению взволнованной поверхности воды с корпусом в месте расположения теоретических шпангоутов и по ним построена огибающая ватерлинии на проекции «полуширота». Определение площадей действующей ватерлинии и интегрирование по формуле (8) выполнены методом трапеций, в качестве высот которых использовано расстояния между шпангоутами, а в качестве оснований – ординаты и кубы ординат точек огибающих ватерлиний. Для оценки точности полученных результатов выполнено сравнение площади действующей ватерлинии и аппликаты начального поперечного метацентра с данными из таблицы гидростатических элементов для данной средней осадки судна на спокойной воде. Видим удовлетворительную сходимость результатов.

Анализируя результаты расчётов, видим, что потеря момента инерции действующей ватерлинии и поперечного метацентрического радиуса в процентах равна возве-

дённой в куб потеря площади действующей ватерлинии в процентах. Поскольку аппликата метацентра находится как сумма аппликаты центра величины и метацентрического радиуса, а метацентрическая высота является разностью аппликат метацентра и центра тяжести, на волне она также уменьшается на величину, прямо пропорциональную кубу потери площади ватерлинии в процентах.

Условием потери начальной остойчивости и появления крена на чисто попутном волнении является отрицательная метацентрическая высота, т.е., учитывая сказанное выше:

$$\frac{m^3}{100} \cdot r_0 > GM_0. \quad (9)$$

Здесь m – потеря площади действующей ватерлинии в процентах,

r_0 – метацентрический радиус на тихой воде,

GM_0 – метацентрическая высота на тихой воде.

Расчёты по формуле (9) показывают, что для рассматриваемого судна при загрузке по летнюю грузовую марку при прогнозируемой волне опасность потери остойчивости на попутных курсовых углах возникает при метацентрической высоте 1,13 м и менее.

Для оценки возможности возникновения параметрического резонанса качки построим диаграмму статической остойчивости судна, расположенного на волне так, как показано на рис. 3. Для определения плеч остойчивости формы найдём центры тяжести погруженных в воду частей теоретических шпангоутов при аппликате ватерлинии, соответствующей профилю волны и углах крена 10, 20 и 30 градусов (пример для одного из шпангоутов при одном из углов крена см. рис 4). Плечо остойчивости формы находится по формуле:

$$l_{\phi} = \frac{\sum S_i l_i}{\sum S_i}, \quad (10)$$

где S_i – площадь погруженной части i -го теоретического шпангоута. Её можно найти, например, при помощи масштаба Бонжана (если он имеется в судовой документации).

l_i – кратчайшее расстояние от киля до линии действия силы поддержания, проходящей через центр тяжести площади погруженной части i -го шпангоута снимается с чертежа.

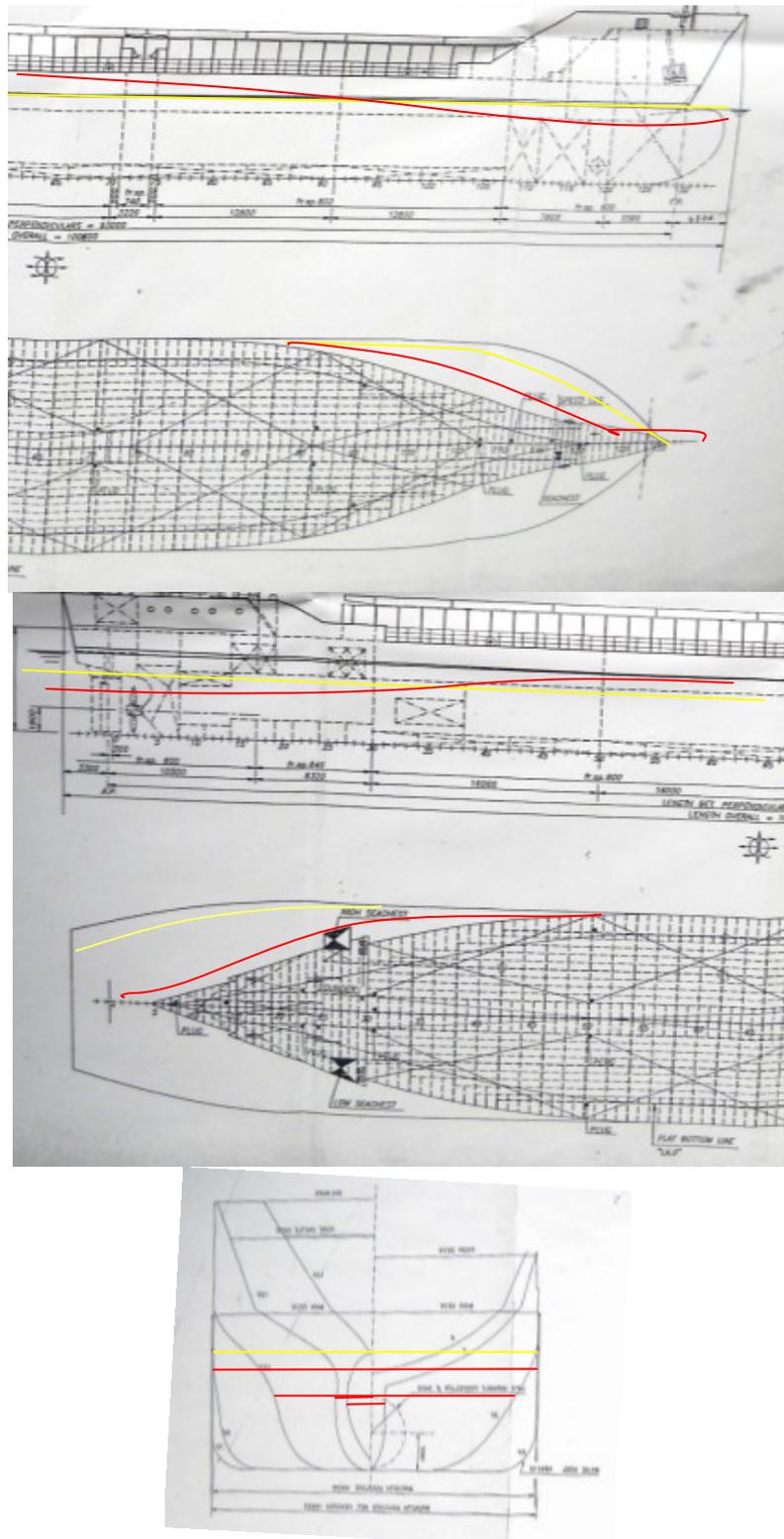


Рис. 3. Чертёж корпуса судна с нанесённым профилем волны и огибающей действующей ватерлинии

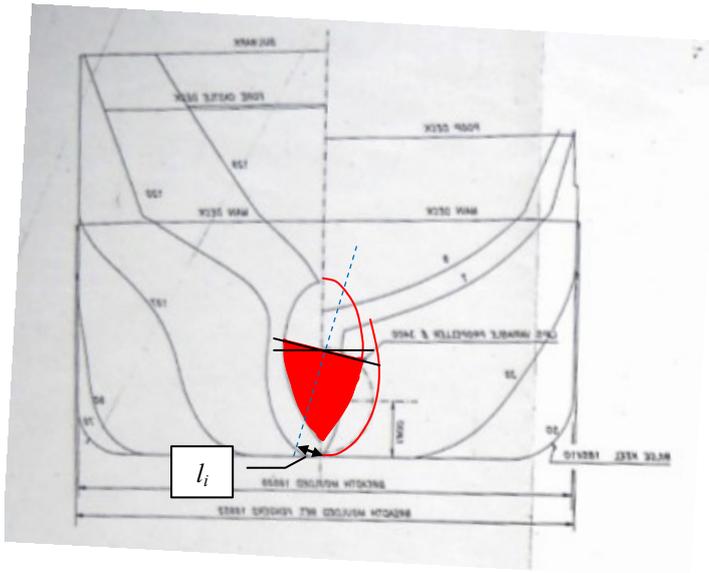


Рис. 4. Определение плеч остойчивости формы

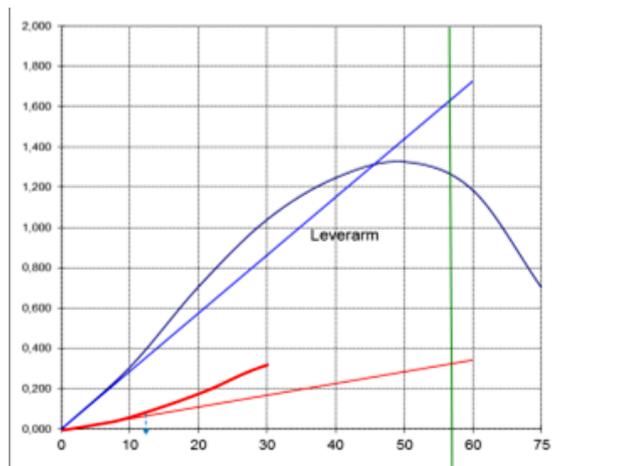


Рис. 5. Диаграммы статической остойчивости на спокойной воде и на прогнозируемой волне

Из таблицы 1 видно, что на спокойной воде $I_x = \frac{2}{3} \times 41075,67 = 27383,78$ при средней осадке $D = 5,89$ м. На волне $I_x = \frac{2}{3} \times 30419,49 = 20279,66$ объёмное водоизмещение составляет $V = 6612,33$ м³. Момент инерции действующей ватерлинии на спокойной воде вычисляется по формуле (8) $r = 4,14$ м.

Апликата поперечного метацентра находится как

$$KM \cong r + D/2 = 4,14 + 2,95 = 7,09 \text{ м.}$$

Из таблицы гидростатических элементов получено следующее значение апликаты: $KM = 7,126$ м $1305,98 / 1339,62 = 97\%$ т.е. потери площади ватерлинии составляют 3%.

Отношение моментов инерции действующей ватерлинии составляет $20279,66 / 27383,78 \approx 73\%$, т.е. потери момента инерции действующей ВЛ составляют 27%.

Таблица 1

**Расчёт площадей и моментов инерции действующих ватерлиний
на волне и на спокойной воде**

Ватерлиния на волне							
Номер теоретического шпангоута	Апplikата точки профиля волны z, м	Абсцисса теоретического шпангоута от миделя x, м	Расстояние между теоретич. шпангоутами, м	Ордината огибающей ватерлинии y, м	Участок площади ватерлинии S, м ²	y^3	$\int_{-L/2}^{L/2} y^3 dx$
0	-1,49	- 46,5	-	-	-	-	-
7	-1,45	- 41,45	5,05	0,61	63,5	0,227	0,573
30	- 0,25	- 24,87	16,58	7,05	110,31	350,4	2906,70
50	1,12	- 10,45	14,42	8,25	118,97	561,52	6574,94
70	1,44	3,97	14,42	8,25	118,97	561,52	8097,12
90	0,42	18,39	14,42	8,25	118,97	561,52	8097,12
107	- 0,81	30,65	12,26	4,89	80,55	116,93	4158,90
120	-1,41	40,02	9,37	1,88	31,72	6,65	578,97
129	- 1,49	46,5	6,45	1,22	10,00	1,82	5,17
Сумма					652,99	-	30419,49
Удвоенная сумма (площадь действующей ватерлинии)					1305,98	-	-
Ватерлиния на спокойной воде							
0	5,89	- 46,5	-	4,14	-	70,96	-
7		- 41,45	5,05	6,38	26,56	259,69	834,89
30		-24,87	16,58	8,25	121,28	561,52	6807,83
50		- 10,45	14,42	8,25	118,97	561,52	8097,12
70		3,97	14,42	8,25	118,97	561,52	8097,12
90		18,39	14,42	8,25	118,97	561,52	8097,12
107		30,65	12,26	7,88	98,88	489,3	6441,53
120		40,02	9,37	3,72	54,35	51,48	2533,55
129		46,5	6,45	0,53	13,71	0,15	166,51
Сумма					671,69	-	41075,67
Удвоенная сумма (площадь действующей ватерлинии)					1343,37	-	-
Площадь действующей ватерлинии из таблицы гидростатических элементов					1339,62	-	-

Пример диаграммы статической остойчивости на гладкой воде для одного из случаев загрузки, полученной при помощи программы расчёта остойчивости данного судна, представлен на рис. 5. Параметры посадки и остойчивости судна при этом: метацентрическая высота на тихой воде $GM_0 = 1,65$ м, аппликата центра тяжести судна $z_g = 5,443$ м, аппликата метацентра $KM = 7,091$ м, средняя осадка $d = 4,54$ м. На этом же рисунке красной линией нанесено начало диаграммы статической остойчивости на волне, показанной на рис. 3. Примерную величину метацентрического радиуса можно определить, как $r = KM - d/2$. В этом случае уменьшение метацентрической высоты, рассчитанное по изложенной выше методике на волне, составит приблизительно 1,3 м.

Нормированное критическое значение плеча восстанавливающего момента $l_{кр}$ согласно [3] принимается наибольшим из следующих значений: 0,1 м, $0,6l_w$, l_y . Здесь

l_w – плечо кренящего момента от действия бокового ветра для неограниченного района плавания, l_y – плечо кренящего момента на установившейся циркуляции.

Кренящий момент на циркуляции может быть вычислен по формуле, приведённой в Правилах Российского морского регистра судоходства:

$$M_y = \frac{0,037\Delta \cdot v^2}{L} \left(z_g - \frac{d}{2} \right), \quad (11)$$

где v – скорость судна перед выходом на циркуляцию.

Δ – весовое водоизмещение судна.

Если приравнять кренящий момент к восстанавливающему, то, разделив формулу (10) на значение весового водоизмещения, получим l_c .

Для определения l_w необходимо знать площадь парусности судна при данной нагрузке. Скорость v для использования в формуле (11) можно принять равной скорости, при которой обеспечивается близость значений кажущегося периода волны и половины периода собственных бортовых колебаний судна. Если в качестве примера принять нормированное критическое значение плеча кренящего момента равным 0,1 м, видим, что при уменьшении значения начальной метацентрической высоты и изменении диаграммы статической остойчивости на волне значение угла крена при том же кренящем моменте увеличивается приблизительно в три раза по сравнению с креном на тихой воде. При этом оно составит более 10 градусов. Если вспомнить изложенные выше примечания к формуле (1), где говорится об угле крена в интервале от 10 до 40 градусов, можно предположить, что при скорости судна, обеспечивающей близость значений кажущегося периода волны к половине его периода собственных колебаний при данной нагрузке высока вероятность возникновения параметрического резонанса качки.

Наконец, для оценки влияния удалённости центра тяжести судна от его действующей ватерлинии на возможность возникновения параметрического резонанса можно предположить следующее. Поскольку судно при возникновении крена и дифферента поворачивается относительно центра тяжести действующей ватерлинии, возникающее при угле крена θ отклонение центра тяжести судна от вертикали, лежащей в его диаметральной плоскости, когда судно находится на ровном киле, создаёт вращающий момент с плечом, равным $(z_g - d) \cos\theta$. Если принять это плечо равным критическому (в изложенном выше примере 0,1 м), а угол крена снять с диаграммы статической остойчивости судна на волне при том же критическом значении плеча, зная осадку судна, легко определить критическое значение аппликаты центра тяжести судна, при которой высока вероятность возникновения параметрического резонанса.

Список литературы:

- [1] Циркулярное письмо Комитета по безопасности мореплавания ИМО MSC/Circ. 707. Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas. 19.10.1995.
- [2] Циркулярное письмо Комитета по безопасности мореплавания ИМО MSC.1/Circ. 1228. Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions. Сетевой ресурс <http://imo.udhb.gov.tr/dosyam/EKLER/1228.pdf>
- [3] Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении. РД 31.00.57.2-91. – С.Пб: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. – 57 с.
- [4] Сетевой ресурс http://193.7.160.230/web/esimo/black/wwf/wwf_black.php/
- [5] Абузяров З.К. Морское волнение и его прогнозирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 166 с.
- [6] Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в морях и океанах. Под ред. д-ра геогр. наук Е.С. Нестерова. – М.: Росгидромет, 2013. – 337 с.

- [7] Безруков Ю.Ф. Колебания уровня и волны в Мировом океане. Учебное пособие. – Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, 2001. – 50 с.
[8] Ершов А.А., Теренчук А.В. Практический способ определения параметрического резонанса при бортовой качке судна. – Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, вып. 5 (33), 2015. с. 19.
[9] Храмушин В.Н. Целевое проектирование кораблей и судов для штормовых и ледовых условий Дальнего Востока России. – Южно-Сахалинск. 2018. – 203 с.

RISK ASSESSMENT OF LOSS OF STABILITY AND PARAMETRIC ROLLING ON EXAMPLE OF FEEDER CONTAINER SHIP

*Osokin Mikhail V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of Navigation
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: Risk assessment, safety of sailing, parametric rolling, ship's stability.

Annotation. The article attempts to assess the effect of vessel stability characteristics at a particular load on the possibility of loss of stability and parametric rolling on following and quartering seas. A number of documents are devoted to this topic, in which the issues raised in the article are usually considered from coincidence or proximity of ship's roll periods and encounter wave periods for waves with the most unfavorable wave characteristics. The author proposes a simplified method for estimating the loss of GM and a change in the stability curve depending on the loss of the water plane area. The calculations are made using the documentation available on the vessel. The results can be used when choosing a safe route of the vessel, taking into account the weather forecast.

References:

- [1] MSC/Circ. 707. Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas. 19.10.1995.
[2] MSC.1/Circ. 1228. Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions. <http://imo.udhb.gov.tr/dosyam/EKLER/1228.pdf>
[3] Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении. RD 31.00.57.2-91. – С.Пб: ТЦИИМФ, 2002. – 57 p.
[4] http://193.7.160.230/web/esimo/black/wwf/wwf_black.php/
[5] Abuzjarov Z.K. Morskoje volnenije i ego prognozirovanie.- L.: Gydrometeoizdat, 1981. – 166 p.
[6] Rezhim, diagnoz i prognoz vetrovogo volnenija v morjakh I okeanakh. Under redaction of F. D. E.S. Nesterov. – M.: Rosgydromet, 2013. – 337 p.
[7] Yu. F. Bezrukov. Kolebanija urovnja i volny v mirovom okeane. – Sympheropol: Tavrisheskiy natsionalniy university imeni V.I.Vernadskogo, 2001. – 50 p.
[8] A.A. Ershov, A.V. Terenchuk. Prakticheskiy sposob opredeleniya parametricheskogo resonansa pri bortovoy kachke sudna. – Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni admirala S.O. Makarova, № 5 (33), 2015. p. 18-25.
[9] V.N. Khrumushin. Tselevoje proektirovanie korabley I sudov dlja shtormovykh I ledovykh usloviy Dalnego Vostoka Rossii. – Yuzhno-Sakhalinsk. 2018. – 203 p.

Статья поступила в редакцию 23.04.2019 г.

Раздел VI

**Эксплуатация судового
энергетического оборудования**



Section VI

Operation of ship power equipment



УДК 621.313.1

Попов Сергей Васильевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры
«Электротехника и электрооборудование объектов водного транспорта»,
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

e-mail: popovsev3@yandex.ru

Малышев Юрий Сергеевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры
«Электротехника и электрооборудование объектов водного транспорта»,
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

e-mail: elektrikasr@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

РЕАЛИЗАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Ключевые слова: программа испытания электродвигателей, лабораторный стенд, правила Российского Речного Регистра.

Аннотация. Рассмотрены проблемы использования комплектующих, находящихся на складах в течение длительного времени, и проведения связанных с этим испытаний. Выявлена целесообразность проведения необходимых испытаний на лабораторных стендах учебных заведений находящихся в малой удаленности от предприятий изготовителей. Приведены требования программы испытаний. Предложены два варианта создания установки для проведения технических испытаний. Первый вариант выполнен на базе электромашинных преобразователей, при этом для оценки реальных переходных процессов, происходящих в испытуемом электродвигателе, необходимо иметь либо сеть переменного тока заведомо большой мощности, либо систему стабилизации частоты и напряжения питающей сети. Вторым вариантом выполнен на базе преобразователя частоты, имеет повышенный КПД системы и меньшее потребление электроэнергии, но более высокую стоимость. Наличие в схеме преобразователя частоты может вызвать появление дополнительных гармонических составляющих. Выбор схемы для испытаний зависит от поставленной задачи, необходимости в измерениях с требуемой точностью, а также конструктивной возможности лабораторного стенда.

Введение

Выполнение технических испытаний судового (промышленного) электрооборудования, в частности – электрических машин, является актуальной задачей в период увеличивающегося спроса и, одновременно, цен на комплектующие [1].

Цель и задачи

Реализация испытательной установки на базе учебного лабораторного стенда экономически обоснована и является, на наш взгляд, оптимальным решением для заказчика (завода-изготовителя). Поскольку денежные вложения на переоборудование стенда минимальны, основная статья расходов закладывается на оформление документов: признание Российского Речного Регистра, свидетельство о поверке измерительных приборов и др.

Исходя из программы испытаний, утвержденной Российским Речным Регистром, необходимо проверить работу электродвигателя под нагрузкой не только при номинальном, пониженном и повышенном напряжении, но и при изменяющейся частоте

питающего напряжения $\pm 5\%$ от номинальной в длительном и $\pm 10\%$ кратковременном режимах [2]. Необходимо также произвести проверку электрической машины на электромагнитную совместимость на предмет помех, излучаемых в сеть. По сути, нужно измерить коэффициент искажений напряжения питающей сети при подключении к ней электродвигателя с нагрузкой.

Материалы и методы

Испытания при изменении параметров питающего электродвигатель напряжения возможно выполнить в полном объеме, если это позволяет испытательная установка. На рис. 1 показана схема лабораторного стенда для испытания электрической машины серии МАП 221-4/8 ОМ1 (3,6/1,3 кВт). Установка выполнена на базе электромашинных преобразователей и состоит из четырех электрических машин: машины постоянного тока М1 мощностью 3,6 кВт, синхронного генератора СГ (5 кВт), машины постоянного тока М2 (3,6 кВт), испытуемого асинхронного двигателя АД. Валы двух пар машин объединены муфтами с резиновыми пальцами (на схеме показаны штрих-пунктирными линиями).

Изменение величины напряжения синхронного генератора СГ производится за счет регулируемого источника питания РИП обмотки возбуждения. Изменение частоты напряжения генератора выполняется регулированием частоты вращения двигателя постоянного тока М1 путем воздействия на потенциометр R2 параллельной обмотки возбуждения. Контроль над частотой напряжения генератора осуществляется по частотомеру РН.

Момент сопротивления на валу испытуемого асинхронного двигателя АД создается за счет машины постоянного тока М2, работающей в генераторном режиме и нагруженной на реостат R4. Момент нагрузки рассчитывается по току якоря, определяемому по амперметру РА5. Частота вращения обеих «спарок» отображается на измерительных приборах ИП1 и ИП2, которые получают сигналы от тахометров BR1 и BR2. Параметры напряжения, тока и мощности по фазам отображаются на приборах измерительного комплекта К505, установленного в цепь питания обмотки статора АД.

Следует отметить, что объединение двух «спарок» выполняется трехфазным кабелем (на схеме показаны штриховыми линиями), а переключение силовых цепей и их защиту выполняют коммутационная аппаратура и автоматические выключатели, соответственно (на схеме рис. 1 не показаны).

Коэффициент искажений определяется электронным измерительным прибором, подключенным к цепям обмотки статора АД. Этот прибор отображает суммарное значение высших гармонических составляющих напряжения, вплоть до 40 гармоники, по всем трем фазам.

При набросе нагрузки на асинхронный двигатель АД, путем включения автоматического выключателя QF в цепи якоря машины постоянного тока, по обмоткам статора АД будет протекать электрический ток:

$$I_1 = \frac{P_2}{mU_1 \cos \varphi_1},$$

который вызовет реакцию якоря синхронной машины СГ, приводящую, в свою очередь, к снижению ЭДС обмотки якоря СГ. Поэтому напряжение на обмотках якоря и, следовательно, на статорных обмотках АД будет определяться из выражения:

$$\dot{U} = \dot{E} + \dot{E}_{\sigma a} - \dot{I}_a R_a = \dot{E}_0 + \dot{E}_{ad} + \dot{E}_{aq} + \dot{E}_{\sigma a} - \dot{I}_a R_a.$$

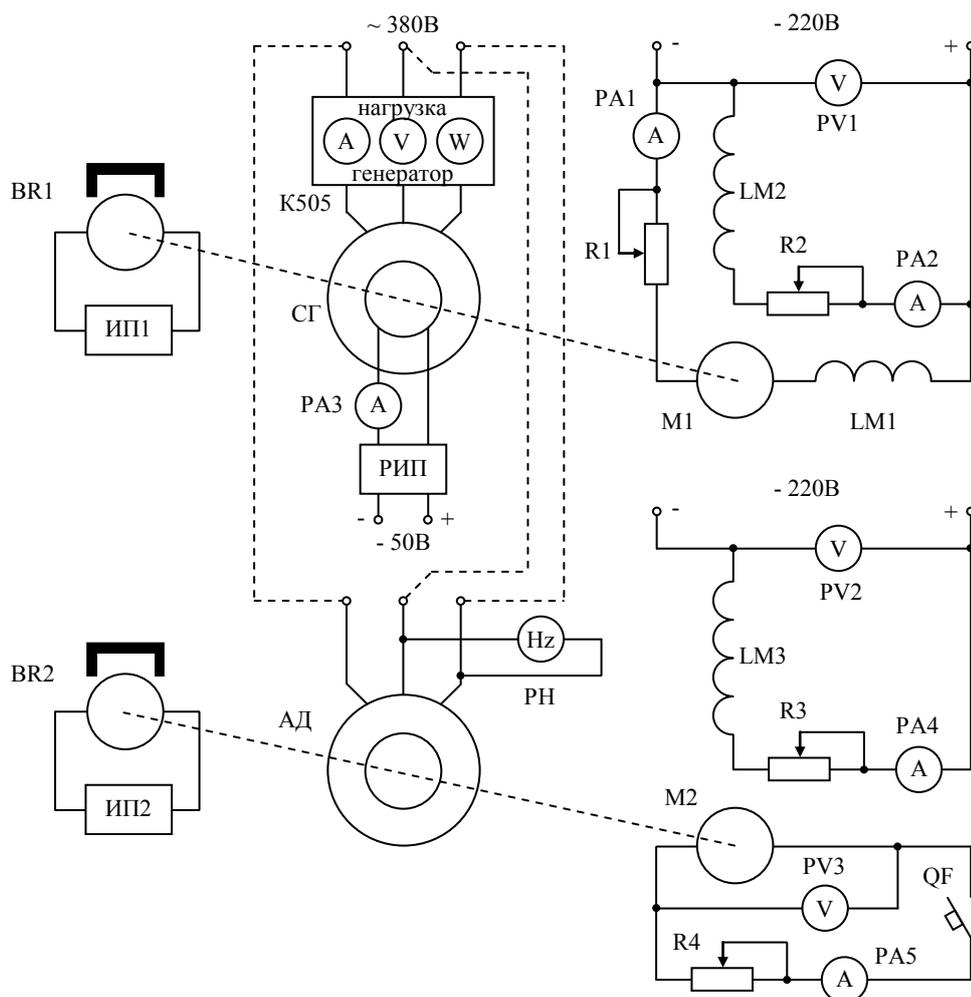


Рис. 1. Схема лабораторного стенда на базе электромашинных преобразователей для испытания асинхронного двигателя

Из теории известно, что момент асинхронного двигателя зависит от квадрата питающего напряжения:

$$M_{\text{де}} = \frac{m_1 \cdot p \cdot U_{1\phi}^2 \cdot \frac{R_2'}{s}}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot \left(\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right)},$$

поэтому, в случае соизмеримых мощностей генератора и испытуемого электродвигателя, ввиду неизбежного влияния нагрузки на параметры силовой цепи в переходных режимах работы привода, испытания не могут считаться адекватными.

Следует отметить, что в установившихся режимах параметры частоты и напряжения могут быть скорректированы замкнутыми системами регулирования путем изменения частоты вращения гонного двигателя М1 и напряжения питания обмотки возбуждения (воздействием на РИП). Введение систем регулирования также позволит улучшить качество переходных процессов при набросе и сбросе нагрузки на АД, но вместе с тем значительно усложнит реализацию установки.

Для оценки реальных переходных процессов, происходящих в испытуемом электродвигателе, необходимо иметь либо сеть переменного тока заведомо большой мощности, либо систему стабилизации частоты и напряжения питающей сети. Последнее возможно реализовать за счет внедрения в схему испытательного стенда преобразователя частоты – ПЧ (см. рис. 2). Установка, по сравнению с предыдущим вариантом, претерпела значительные изменения в отсутствие одного машинного преобразователя (СГ и М1), что повышает КПД системы и снижает потребление электроэнергии. Однако, оснащение установки преобразователем частоты ПЧ требует некоторых затрат денежных средств (по сравнению с первым вариантом реализации, денежные вложения отсутствуют).

$$\frac{U_{12}}{U_{11}} = \left(\frac{f_{12}}{f_{11}} \right) \sqrt{\frac{M_{H2}}{M_{H1}}}$$

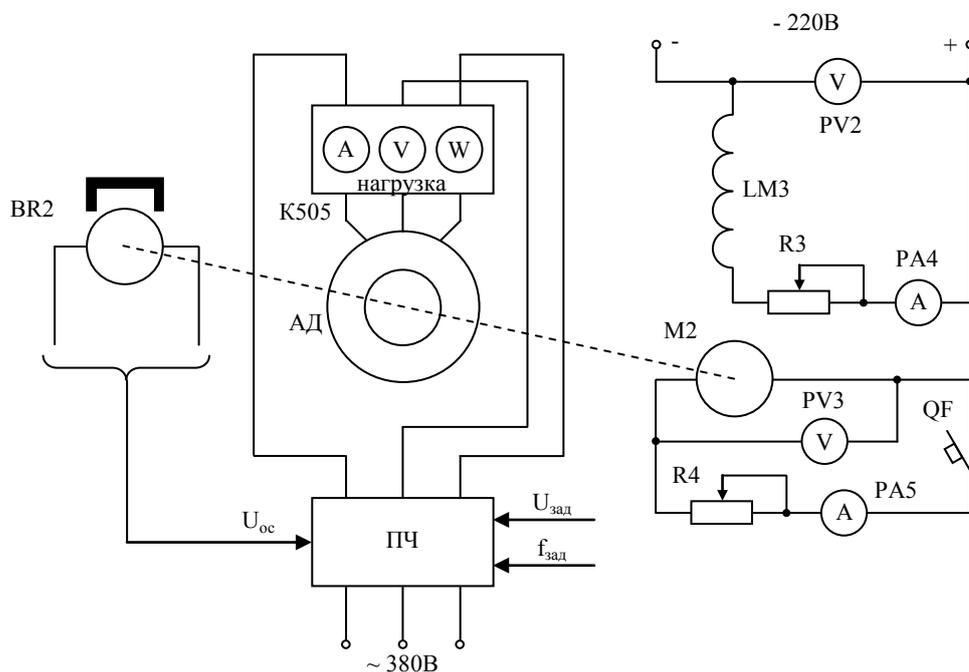


Рис. 2. Схема лабораторного стенда на базе преобразователя частоты

При работе АД палубных механизмов в судовых условиях возникают провалы и всплески напряжения в питающей сети, поэтому при лабораторных испытаниях АД изменение величины питающего напряжения также допустимо. Использование основного закона регулирования предполагает изменение как параметра напряжения, так и параметра частоты, когда в реальных условиях работы АД от судового генератора, при соотношении мощностей 1:20 и более, даже в пусковых режимах, влияния на частоту генератора практически не оказывается. Вместе с тем, при работе (пуске, периодическом реверсе) более мощного электропотребителя от судовой сети возникают переходные процессы напряжения и частоты в широких пределах, поэтому возможная работа испытуемого АД (например, электропривод брашпиля) от такой сети будет происходить в более тяжелых условиях.

Стандартные законы регулирования параметров электроэнергии на выходе ПЧ предполагают стабилизацию либо частоты, либо напряжения за счет внутренних контуров регулирования. При выборе закона регулирования U/f -const возможно смоделировать одновременное изменение параметров частоты и напряжения, лишь введя в

систему регулирования внешний канал возмущающего воздействия (рис. 3). Для получения возможности отдельного регулирования величин напряжения и частоты на статоре АД необходимо введение дополнительного канала (рис. 3, штриховая линия).

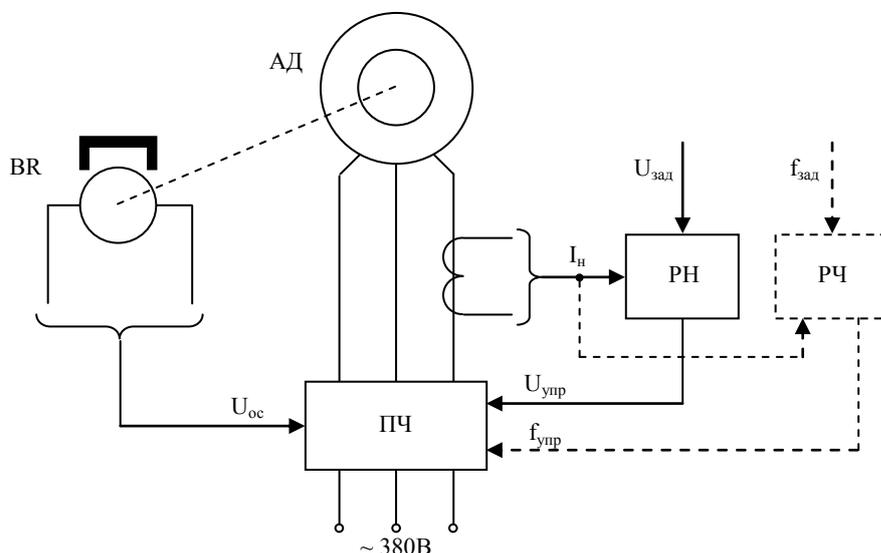


Рис. 3. Схема лабораторного стенда на базе преобразователя частоты с дополнительным регулятором

Различные условия лабораторной установки и реальной судовой электроэнергетической системы в плане мощностей генераторов и берегового источника (силового трансформатора лаборатории), судовой сети и промышленной, позволяют проведение испытаний с определенной погрешностью, которая может быть определена как опытным путем, так и в процессе моделирования системы.

Результаты

Предложенная установка позволяет выполнить программу испытаний АД под нагрузкой в части регулирования параметров частоты и напряжения ($\pm 5\%$ в длительном и $\pm 10\%$ в кратковременном режимах), но оценить влияния электродвигателя на питающую сеть в плане нелинейных искажений не представляется возможным [3]. Как известно, ПЧ является генератором высших гармонических составляющих напряжения в питающую сеть, величина которых напрямую связана с соотношением мощностей сети и самого ПЧ. Высшие гармонические составляющие вызывают нежелательный нагрев магнитопроводов статора и ротора.

Также не является секретом тот факт, что импульсное напряжение, которое формирует синусоидальную форму напряжения питания электродвигателя, приводит к появлению гармонических составляющих и резко снижает срок службы изоляции обмоток электрической машины [4–15]. Учитывая давний срок изготовления электродвигателей, даже кратковременные испытания при полной нагрузке и прогревом до номинальной температуры, может привести к значительному снижению сопротивления изоляции. Во избежание этого, в цепь питания электродвигателя необходимо установить электрический фильтр (в самом простом случае – дроссель, или же более качественный LC-фильтр).

В результате следует, что в зависимости от поставленной задачи, необходимости в измерениях с требуемой точностью, а также конструктивной возможности лабораторного стенда, будет выбрана схема испытательной установки.

Заключение

Независимо от варианта реализации установки, результатами испытаний, которые обязательно проводятся под наблюдением эксперта Российского Речного Регистра, являются составленные и подписанные обеими сторонами акты и протоколы.

Список литературы:

- [1] Попов С.В., Малышев Ю.С., Использование учебных и исследовательских лабораторий для проведения технических испытаний/ Труды 18-го Междунар. научно-промышленного форума «Великие реки – 2016». Труды конгресса. – Н.Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016.- Т.2.
- [2] Российский Речной Регистр. Правила (в 5-х томах). Т. 4. – М: ОАО «Типография «Новости», 2017, 440 с.
- [3] Программа испытаний электрического двигателя МАП 221-4/8 ОМ1 РЕГК.360201.02.549/ МАП 221-4/8 ОМ1.
- [4] Влияние высших гармоник напряжения и тока на работу электрооборудования. Available at: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/260-vlijanie-vyshshikh-garmonik.html> (accessed 25 October 2018)
- [5] Гармоники тока и напряжения в электросетях. Available at: <http://www.matic.ru/clients/articles/harmonics-voltage-and-current-in-electrical-networks/> (accessed 25 October 2018)
- [6] Основные способы управления параметрами энергетических систем для снижения влияния нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии. Available at: <http://www.science-education.ru/106-8075> (accessed 25 October 2018)
- [7] Высшие гармоники в силовых сетях промышленных предприятий. Available at: <http://www.elec.ru/articles/vyshshie-garmoniki-v-silovyh-setyah-promyshlennyh-p/> (accessed 25 October 2018)
- [8] Interference sources in electrical networks. Available at: <http://www.energoboard.ru/articles/2068-istochniki-pomeh-v-elektricheskikh-setyah.html> (accessed 25 October 2018)
- [9] Types of Electrical Power Supply Interference Available at: <https://www.thomasnet.com/articles/electrical-power-generation/power-supply-interference> (accessed 26 October 2018)
- [10] K. Miskiewicz A. Wojaczek S. Fraczek F. Krasucki, Electromagnetic Compatibility in Underground Mining/ Elsevier Science/ 1993
- [11] John Papiewski, How to Eliminate Electromagnetic Interference Available at: <https://itstillworks.com/filter-dc-noise-7712710.html> (accessed 17 February 2019)
- [12] Bryan Cole, The way in which SPDs are connected can have a large impact on the overall protection provided / Different Methods of Connecting an SPD to an Electrical Distribution Network / Item Media / January 5, 2009 Available at: <https://interferencetechnology.com/different-methods-of-connecting-an-spd-to-an-electrical-distribution-network/> (accessed 17 February 2019).
- [13] Institute of Electrical and Electronic Engineers (2002). IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE C62.41.2TM-2002. NY, NY USA.
- [14] Underwriters Laboratories, Incorporated (1986). Standard for Safety, Transient Voltage Surge Suppressors. UL 1449, Northbrook, IL USA.
- [15] National Fire Protection Association, National Electric Code®, NFPA 70-2005, Quincy, MA USA.

REALIZATION OF THE TEST UNIT ON THE BASIS OF THE EDUCATIONAL LABORATORY STAND

*Popov Sergey V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical engineering and electrical equipment of water transport facilities
Volga State University of Water Transport*

*Malyshev Yuriy S., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical engineering and electrical equipment of water transport facilities
Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

Keywords: *a program for testing electric motors, laboratory stand, the rules of the Russian River Register.*

Annotation. *The problem of using the components which are located in the warehouses for a long time and the problem of carrying out the related trials are considered. The expediency of carrying out the necessary tests on the laboratory stands of education institutions located in a small distance from the enterprises manufacturers has been revealed. The requirements of the test program are given. Two options for creating installations for carrying out technical trials were proposed. The first version is made on the basis of electric transducers, while to assess real transients occurring in the motor under test, it is necessary to have either an AC network of known high power or a system for stabilizing the frequency and voltage of the supply network. The second variant is based on the frequency converter and has increased system efficiency and lower power consumption, but a higher cost. The presence of a frequency converter in the circuit can cause the appearance of additional harmonic components. The choice of the scheme for testing depends on the task, the need for measurements with the required accuracy, as well as the constructive capabilities of the laboratory bench.*

References:

- [1] Popov S.V., Malyshev YU.S., Ispol'zovaniye uchebnykh i issledovatel'skikh laboratoriy dlya provedeniya tekhnicheskikh ispytaniy/ Trudy 18-go Mezhdunar. nauchno-promyshlennogo foruma «Velikiye reki – 2016». Trudy kongressa. – N.Novgorod: FGBOU VO «VGUVT», 2016.- T.2.
- [2] Rossiyskiy Rechnoy Registr. Pravila (v 5-kh tomakh). T. 4. – M: OAO «Tipografiya «No-vesti», 2017, 440 s.
- [3] Programma ispytaniy elektricheskogo dvigatelya MAP 221-4/8 OM1 REGK.360201.02.549/MAP 221-4/8 OMI.
- [4] Vliyaniye vysshikh garmonik napryazheniya i toka na rabotu elektrooborudovaniya. Available at: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/260-vlijanie-vysshikh-garmonik.html> (accessed 25 October 2018)
- [5] Garmoniki toka i napryazheniya v elektrosetyakh. Available at: <http://www.matic.ru/clients/articles/harmonics-voltage-and-current-in-electrical-networks/> (accessed 25 October 2018)
- [6] Osnovnyye sposoby upravleniya parametrami energeticheskikh sistem dlya snizheniya vliyaniya nelineynykh nagruzok na pokazateli kachestva elektricheskoy energii. Available at: <http://www.science-education.ru/106-8075> (accessed 25 October 2018)
- [7] Vysshie garmoniki v silovykh setyakh promyshlennykh predpriyatiy. Available at: <http://www.elec.ru/articles/vysshie-garmoniki-v-silovyh-setyah-promyshlennyh-p/> (accessed 25 October 2018)
- [8] Interference sources in electrical networks. Available at: <http://www.energoboard.ru/articles/2068-istochniki-pomeh-v-elektricheskikh-setyah.html> (accessed 25 October 2018)
- [9] Types of Electrical Power Supply Interference Available at: <https://www.thomasnet.com/articles/electrical-power-generation/power-supply-interference> (accessed 26 October 2018)
- [10] K. Miskiewicz A. Wojaczek S. Fraczek F. Krasucki, Electromagnetic Compatibility in Underground Mining/ Elsevier Science/ 1993
- [11] John Papiewski, How to Eliminate Electromagnetic Interference Available at: <https://itstillworks.com/filter-dc-noise-7712710.html> (accessed 17 February 2019)
- [12] Bryan Cole, The way in which SPDs are connected can have a large impact on the overall protection provided / Different Methods of Connecting an SPD to an Electrical Distribution Network / Item Media / January 5, 2009 Available at: <https://interferencetechnology.com/different-methods-of-connecting-an-spd-to-an-electrical-distribution-network/> (accessed 17 February 2019).
- [13] Institute of Electrical and Electronic Engineers (2002). IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE C62.41.2TM-2002. NY, NY USA.
- [14] Underwriters Laboratories, Incorporated (1986). Standard for Safety, Transient Voltage Surge Suppressors. UL 1449, Northbrook, IL USA.
- [15] National Fire Protection Association, National Electric Code®, NFPA 70-2005, Quincy, MA USA.

Статья поступила в редакцию 17.03.2019 г.

УДК: 621.892

Цветков Юрий Николаевич, д.т.н., проф., зав. кафедрой технологии судоремонта, ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»

e-mail: yuritsvet@mail.ru

Власов Михаил Юрьевич, кандидат химических наук,

ООО «Люмэкс-маркетинг»,

199178, г. Санкт-Петербург, пр. Малый В.О., 58а

Дехтярь Леонид Иванович, аспирант кафедры технологии судоремонта

ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова»

198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7.

ОЦЕНКА МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ВИСКОЗИМЕТРИИ

Ключевые слова: смазочное минеральное масло, смазочное синтетическое масло, молекулярная структура, степень разветвления молекул, углеводородный состав масла, инфракрасная спектроскопия, динамическая вязкость, метильная группа, метиленовая группа.

Аннотация. Предложено степень разветвленности молекул смазочных масел оценивать по отношению площади характеристических пиков при волновых числах 1380 см^{-1} и 720 см^{-1} в инфракрасных спектрах масел. Первый пик соответствовал деформационным колебаниям метильных групп CH_3 , а второй – маятниковым колебаниям метиленовых групп CH_2 . Для испытаний были выбраны девять минеральных масел, такие как МС-20, И-50А, И-40А, И-30А, И-20А и др., и два синтетических полиальфаолефиновых масла: ПАОМ-13 и ПАОМ-4. Для синтетических масел указанное отношение равнялось примерно единице, тогда как для минеральных оно лежало в диапазоне от 2,0 до 3,5. Более низкое отношение площадей упомянутых пиков для синтетических масел указывает на их более однородный молекулярный состав. Окончательный вывод о схожести углеводородного состава масел можно сделать, если нанести точки, соответствующие сравниваемым маслам, в координатах вязкость масла – отношение площади характеристических пиков при волновых числах 1380 см^{-1} и 720 см^{-1} . Масла, имеющие схожий углеводородный состав, формируют единую зависимость вязкости от отношения площадей указанных пиков.

Введение

Водный транспорт является важнейшим потребителем жидкого топлива и электроэнергии, а поэтому проблема энергосбережения на водном транспорте является очень актуальной [1]. Эффективность работы главных судовых двигателей зависит, в частности, и от потерь на трение в их трибосопряжениях: известно, что на фрикционные потери приходится до 80 % всех механических потерь в дизельных двигателях [2]. Должным выбором моторного масла можно существенно повысить экономичность двигателя внутреннего сгорания [3], однако процесс совершенствования трибологических свойств смазочных материалов требует проведения трудоёмких экспериментов на машинах трения. При этом в практике испытаний смазочных масел в разных условиях смазки (граничной или гидродинамической) часто необходимо испытывать масла с разной молекулярной массой, но с примерно одинаковым молекулярным составом. Однако не всегда можно оперативно произвести контроль масел с целью

ответа на вопрос, принадлежат ли они к одному гомологическому ряду углеводов или нет. На практике самой доступной характеристикой масла, которую можно оперативно измерить, является вязкость. Известно, что с увеличением молекулярной массы полимера в пределах одного гомологического ряда, а значит длины его молекулярной цепи, его вязкость возрастает [4]. Но, очевидно, что изменение вязкости при переходе от одного масла к другому, может быть обусловлено не только изменением молекулярной массы, но и изменением углеводородного состава. Одной из важных характеристик, от которой зависят трибологические свойства масла, и к которой чувствительна его вязкость при одной и той же средней молекулярной массе, является молекулярный состав и наличие заместителей, т.е. степень разветвления молекул. Известно, что с увеличением количества (коротких) заместителей в молекулах масел вязкость масла снижается [5].

Для исследования смазочных масел и других органических веществ часто применяют метод инфракрасной (ИК) спектроскопии. При этом в литературе оценку степени разветвленности молекул органических веществ оценивают по-разному. Так в работе [6] эту оценку производили по отношению интенсивности пиков на волновых числах 1380 и 720 см^{-1} . В работах же [7, 8] степень разветвленности оценивали по соотношению интенсивности характеристических полос при 720 см^{-1} и 1460 см^{-1} .

Для исключения неоднозначности получаемых результатов полезным может быть применение метода инфракрасной (ИК) спектроскопии в сочетании с методом вискозиметрии. Развитие методов инфракрасной фурье-спектроскопии и ротационной вискозиметрии позволяют проводить исследования масел в настоящее время очень оперативно. Однако данных по таким исследованиям в литературе практически не приводится.

Цель работы – исследование возможности применения ИК-спектроскопии в сочетании с методом вискозиметрии для контроля молекулярной структуры смазочных масел.

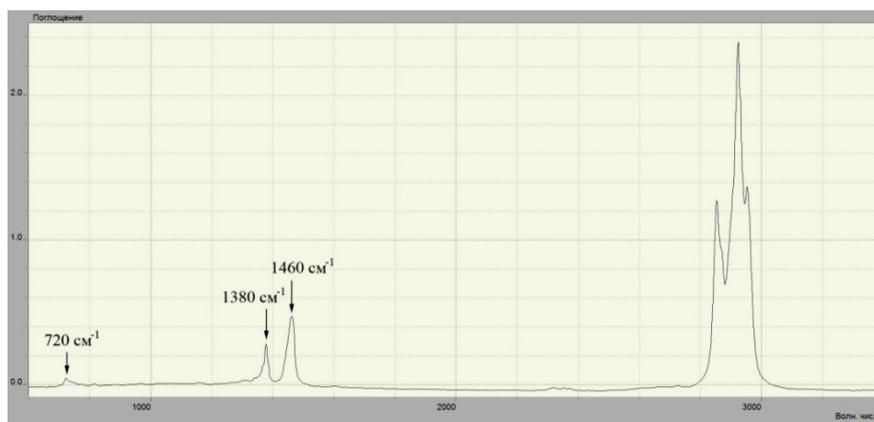
Методика эксперимента

Для испытаний выбрали две группы смазочных масел разного происхождения: минерального и синтетического (см. таблицу). В качестве синтетических выбрали два полиальфаолефиновых масла ПАОМ-13 и ПАОМ-4, схожих по углеводородному составу с основными (преобладающими в составе) компонентами минеральных масел.

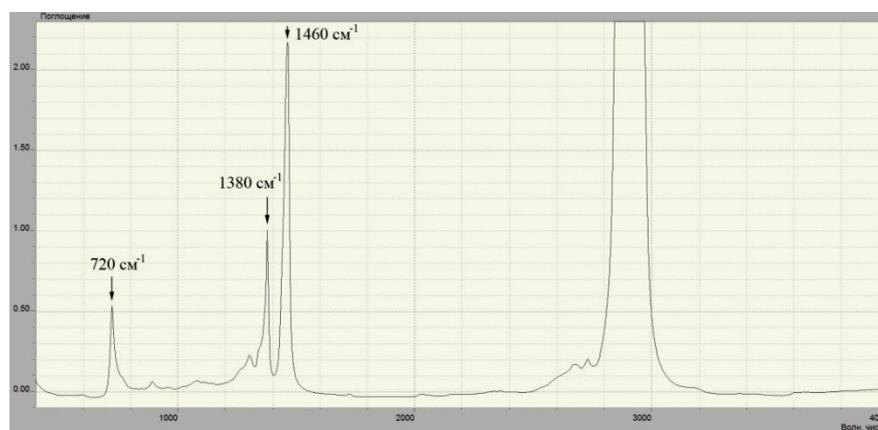
ИК-спектры масел (рис. 1) регистрировали с помощью инфракрасного фурье-спектрометра «ИнфраЛЮМ ФТ-02» с применением разборной кюветы с окнами из *KBr*. Идентификация характеристических пиков производилась с использованием данных [9, 10, 11].

Следуя работам [6–11], основное внимание уделили анализу характеристических пиков на волновых числах примерно 720 см^{-1} , 1380 см^{-1} и 1460 см^{-1} (рис. 1). Появление пика при 720 см^{-1} , обусловлено деформационными колебаниями метиленовой группы $-\text{CH}_2-$; пика при 1380 см^{-1} – деформационными колебаниями метильной группы $-\text{CH}_3$, а появление пика при 1460 см^{-1} может быть вызвано деформационными колебаниями связей как группы $-\text{CH}_2-$ так и группы $-\text{CH}_3$.

На тех же самых образцах масла, что использовались для регистрации ИК-спектров, проводили измерения и динамической вязкости масел. Вязкость оценивали на реометре Anton Paar MCR 102 по схеме измерений *конус – плита* и на ротационном вискозиметре Брукфильда LVDV-II +Pro.



а



б

Рис. 1. ИК-спектры минерального масла И-40А (а) и синтетического масла ПАОМ-13 (б), полученные на разных толщинах поглощающего слоя

Анализ результатов эксперимента

Результаты обработки ИК-спектров выбранных масел сведены в таблицу. В ней представлены значения отношений площадей пиков S_{720} , S_{1380} и S_{1460} соответственно при 720 , 1380 и 1460 см^{-1} .

В работе [11] указывается, что признаком линейной алифатической структуры является сильный пик при 1460 см^{-1} и более слабый – при 1380 см^{-1} , при этом присутствует пик при 720 см^{-1} . Признаком же сильной разветвленности является, наоборот, сильный расщепленный пик при 1380 см^{-1} и более слабый по сравнению с ним пик при 1460 см^{-1} . Как видно из рис. 1, спектры синтетических и минеральных масел схожи, и как в спектрах минеральных, так и в спектрах синтетических масел, присутствует более сильный пик при 1460 см^{-1} и сравнительно слабый – при 1380 см^{-1} , т. е. все рассматриваемые смазочные масла имеют преимущественно линейную структуру молекул.

Оценка степени разветвленности молекул масел по отношению площадей пиков при 720 см^{-1} и 1460 см^{-1} , как это производилось в работах [7, 8], не всегда может дать, по нашему мнению, достоверную оценку разветвленности, так как площадь характеристического пика при 1460 см^{-1} зависит, как от количества групп $-\text{CH}_2-$ так и групп $-\text{CH}_3-$ в масле. То есть, по сути, интенсивность поглощения при 1460 см^{-1} является лишь нормирующим значением [12] и служит мерой количества масла в кювете, а

нормирование здесь только исключает погрешность, вызванную невозможностью выдержать одинаковые толщины поглощающего слоя при регистрации спектров на разных маслах. Таким образом, отношение поглощений при 720 см^{-1} и 1460 см^{-1} показывает лишь относительную долю метиленовых групп $-\text{CH}_2-$ в масле.

Таблица 1

Результаты обработки ИК-спектров масел

Масло		Происхождение	S_{1380}/S_{720}	S_{1380}/S_{1460}	S_{1460}/S_{720}
Номер образца	Марка				
1	МВП	Минеральное	3,55	0,520	6,83
2	И-20А ¹⁾	Минеральное	2,00	0,290	6,97
3	И-20А ¹⁾	То же	2,53	0,317	8,00
4	И-30А	То же	2,56	0,336	7,60
5	И-40А	« «	2,38	0,359	6,63
6	И-50А	« «	2,33	0,334	6,98
7	МС-20 ²⁾	« «	2,35	0,321	7,32
8	МС-20 ²⁾	« «	3,18	0,450	7,09
9	ВГЗ	« «	2,08	0,330	6,23
10	ПАОМ-4	Синтетическое	1,17	0,289	4,03
11	ПАОМ-13	Синтетическое	1,04	0,281	3,69

^{1) 2)} Масла разных производителей

Аналогичное отношение площадей пиков при 1380 см^{-1} и 1460 см^{-1} будет показывать не степень разветвления, а относительную долю метильных групп $-\text{CH}_3-$ в масле. Однако относительная доля групп $-\text{CH}_3-$ будет увеличиваться не только с увеличением степени разветвления молекул, но и при уменьшении длины цепи в пределах гомологического ряда парафинов, хотя линейная структура при этом будет сохраняться.

Степень разветвленности молекул масел, по мнению авторов, более обосновано определять по отношению S_{1380}/S_{720} , так как интенсивность полосы при 1380 см^{-1} зависит только от количества метильных групп $-\text{CH}_3-$, а при 720 см^{-1} – только от количества метиленовых групп $-\text{CH}_2-$.

Как видно из таблицы, по значению S_{1380}/S_{720} минеральные и синтетические масла заметно разнятся. Для полиальфаолефиновых масел это отношение близко к единице, а для минеральных масел оно, как минимум, в два раза больше. Более низкие значения отношения S_{1380}/S_{720} для полиальфаолефиновых масел указывают на то, что они имеют более однородный состав [13]. Действительно, состав минеральных масел представляет собой сложную смесь углеводородов – н-алканов, изоалканов, циклоалканов (нафтенов), алкенов и ароматических соединений – с преимущественной долей н-алканов, тогда как полиальфаолефиновые масла имеют более однородный состав, как с точки зрения молекулярных масс, так и с точки зрения изомерного состава. Молекулы полиальфаолефинов представляют собой продукты олигомеризации децена-1, такие как димерные и тримерные R-замещенные-декань, где в качестве алкильного заместителя R рассматривается группа $-(\text{CH}_2)_9-\text{CH}_3$, так например в случае димера возможна следующая структура: $-\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{R})-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$ [14, 15].

При существенной разнице в значении отношения S_{1380}/S_{720} между минеральными и синтетическими маслами в пределах группы минеральных масел имеется расслоение по величине этого отношения, что, по всей видимости, указывает на неодинаковый углеводородный состав масел.

Что касается отношений S_{1380}/S_{1460} , S_{1460}/S_{720} , то, как видно из таблицы, значения этих отношений менее чувствительны к изменениям состава масла. Отношения S_{1460}/S_{720} заметно отличаются только для синтетических и минеральных масел, в пределах же группы минеральных масел они изменяются в узких пределах от 6,23 до 8,00. Более чувствительно по сравнению с отношением S_{1460}/S_{720} значение отношения S_{1380}/S_{1460} , однако и оно изменяется в пределах группы исследованных масел менее чем в два раза: от 0,281 до 0,520, тогда как диапазон изменения отношения S_{1380}/S_{720} ограничен значениями 1,04 и 3,55, т. е. имеет место изменение в 3,5 раза.

Для дальнейшего уточнения состава масла предлагается использовать метод вискозиметрии. Вязкость масла увеличивается с увеличением молекулярной массы масла в пределах одного гомологического ряда, т. е. с укорочением углеводородной цепи и, как следствие, уменьшением отношения S_{1380}/S_{720} . В то же время вязкость увеличивается и с уменьшением степени разветвленности молекул, что также сопровождается уменьшением отношения S_{1380}/S_{720} . Таким образом, должна существовать очень сильная зависимость вязкости от отношения S_{1380}/S_{720} . Вывод о схожести углеводородного состава масла можно сделать, если нанести точки в координатах *вязкость масла – отношение S_{1380}/S_{720}* .

Как видно из рис. 2 все испытанные масла можно условно разбить на четыре группы, обозначенные римскими цифрами I, II, III и IV.

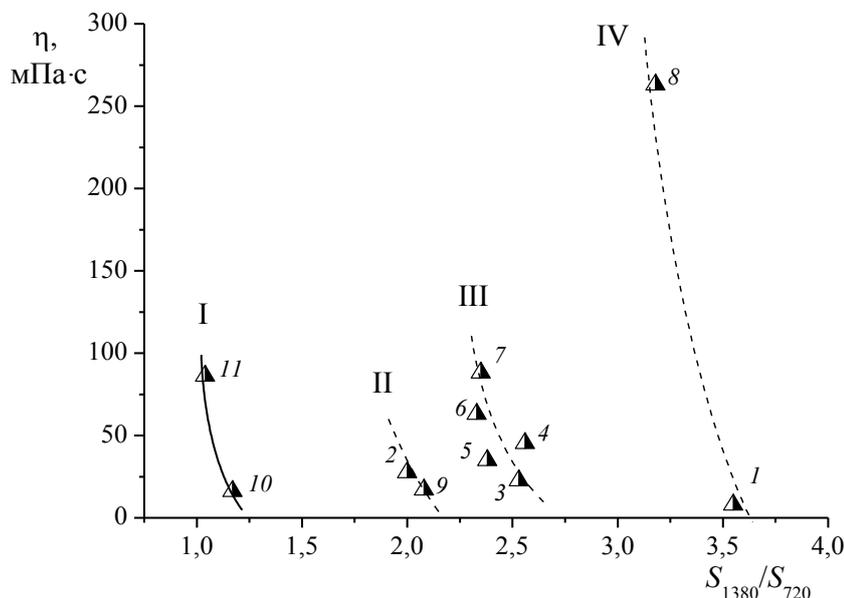


Рис. 2. Зависимости вязкости от отношения площадей пиков при 1380 см^{-1} и 720 см^{-1} : номера точек см. в таблице

В группу I входят синтетические полиальфаолефиновые масла. Зависимость I можно принять условно за эталон, так как она объединяет масла, состав которых очень однороден по молекулярной массе, и в молекулах которых отсутствуют короткие заместители. Чем больше в составе масел находится молекул с разветвленным скелетом, и чем более он неоднороден по фракционному составу, тем дальше вправо эта зависимость располагается по оси абсцисс. В пределах каждой зависимости увеличение отношения S_{1380}/S_{720} является следствием сокращения длины углеводородной цепи, а существование отдельных зависимостей обусловлено разницей в молекулярном строении основной фракции: в синтетических маслах практически отсутствуют короткие заместители, а в минеральных – молекулы с разветвленным скелетом со-

ставляют существенную долю. Например, можно сделать вывод о схожести углеводородного состава масел 3, 4, 5, 6 и 7 (см. таблицу), так как они формируют единую зависимость III.

Выводы

Для контроля смазочных масел на предмет идентичности их молекулярного состава перспективным является комбинированный метод ИК-спектроскопии и вискозиметрии:

1) Степень разветвленности молекул масел можно определять по отношению интенсивности характеристических пиков метильных CH_3 (при 1380 см^{-1}) и метиленовых CH_2 (при 720 см^{-1}) групп в ИК-спектрах контролируемых масел;

2) Окончательный вывод о схожести состава масел в пределах рассматриваемой группы масел можно сделать, если масла формируют единую зависимость вязкости от значения отношения площадей вышеперечисленных характеристических пиков;

3) Изложенная методика требует дальнейшей проверки.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность руководству научно-производственной компании «ВМПАВТО» (г. Санкт-Петербург) за предоставленную возможность провести эксперименты на лабораторном оборудовании компании.

Список литературы:

- [1] Безюков, О.К. Энергосбережение: энергетическая эффективность водного транспорта: монография / О.К. Безюков, В.Л. Ерофеев, Е.В. Ерофеева, А.С. Пряхин. – СПб. Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016. – 284 с.
- [2] Engine tribology / edited by C. M. Taylor // Tribology series, vol. 26, Elsevier Science Publishers, 1993. – 301 p.
- [3] Taylor, R.I. Improved fuel efficiency by lubricant design: A review / R.I. Taylor, R.C. Coy // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2000. – V. 214. – P. 1–15.
- [4] Тагер, А.А. Физико-химия полимеров / А.А. Тагер. – М.: Научный мир, 2007. – 573 с.
- [5] Advances in Engineering Fluid Mechanics: Multiphase Reactor and Polymerization System Hydrodynamics / edited by N. P. Cheremisinoff. – Houston: Gulf Publishing Company, 1996. – 772 p.
- [6] Алимбекова, А.Ш. Возможности метода ИК-спектроскопии поглощения при изучении биодеградации нефти. – URL: <http://asf.ural.ru/VNKSF/Tezis/v7/Base/Tesis.php-Code=336.htm>.
- [7] Иванова, Л.В., Кошелев В.Н., Буров Е.А., Стоколос О.А. Применение ИК-спектрометрии в исследовании нефтей / Л. В. Иванова, В. Н. Кошелев, Е. А. Буров, О. А. Стоколос // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. – 2010. – № 2. – С. 76–80.
- [8] Деркач С.Р., Берестова Г.И., Новиков В.Ю., Колотова Д.С., Бричка К.М., Simonsen G. Химический состав нефти шельфа Печорского моря. – Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20. – № 1/1. – С. 38–47.
- [9] Bellamy, L.J. The infrared spectra of complex molecules, vol. 1 (3rd ed.) / L. J. Bellamy // New York, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, Inc. 1975. – 433 p.
- [10] Larkin P. J. Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation / P. J. Larkin. – Elsevier, 2011. – 230 p.
- [11] Coates, J. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach / J. Coates // Encyclopedia of Analytical Chemistry. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2000. – P. 10815–10837.
- [12] Глебовская, Е.А. Применение инфракрасной спектроскопии в нефтяной геохимии / Е. А. Глебовская. – Л.: Недра, 1971. – 140 с.
- [13] Gooss W. New method of chemical composition on modern automotive lubricant base-oils / W. Gooss, A. Korn // 2nd World TRIBOLOGY Congress. – Vienna, Austria: The Austrian Tribology Society, 2001.
- [14] Zolper, T. Lubrication Properties of Polyalphaolefin and Polysiloxane Lubricants: Molecular Structure–Tribology Relationships / T. Zolper, Z. Li, C. Chen, M. Jungk, T. Marks, Y.-W. Chung, Q. Wang // Tribology Letters. – 2012. – No. 48. – P. 355–365.

[15] Клочков, В.В. Качественный и количественный состав продуктов олигомеризации децена-1 по данным одно- и двумерной ЯМР-спектроскопии /В.В. Клочков, С.В. Ефимов, А.В. Клочков, А.Р. Юльметов, А.В. Аганов // Ученые записки Казанского государственного университета. – 2009. – Т. 151. – Кн. 3. – С. 46–52.

EVALUATION OF THE MOLECULAR STRUCTURE OF LUBRICATING OILS BY MEANS OF COMBINED METHOD OF INFRA-RED SPECTROSCOPY AND VISCOSIMETRY

Tsvetkov Yuriy N., Professor, Doctor of Engineering Sciences,

Head of the Shiprepairing Subdepartment;

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Vlasov Michail Y., Senior Engineer, Candidate of Chemical Sciences,

Lumex-Marketing Ltd;

58a, Malyi V.O. Avenue, St. Petersburg, 199178

Dehtyr Leonid I., postgraduate, Shiprepairing Subdepartment;

Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education «Admiral Makarov

State University of Maritime and Inland Shipping» (Admiral Makarov SUMIS);

5/7, Dvinskaya st, St. Petersburg, 198035

Keywords: lubricating mineral oil, lubricating synthetic oil, molecular structure, molecular branching, hydrocarbon composition of oil, infra-red spectroscopy, dynamic viscosity, methyl group, methylene group.

Summary. There were suggested to control the rate of branching of lubricating oils by the ratio of the areas of absorbance peaks at 1380 and 720 cm⁻¹ in the infra-red spectra of the oils. The first of the peak mentioned above corresponds to the bending vibrations of the methyl groups CH₃, and the second – to the rocking vibrations of the methylene groups CH₂. The eleven grades of oils were chosen to investigate: nine mineral oils – MS-20, I-50A, I-40A, I-30A, I-20A and so on – and two synthetic polyalphaolefin oils: PAOM-13 and PAOM-4. The ratio of the peaks areas at 1380 and 720 cm⁻¹ for the synthetic oils equals to about 1,0, whereas the ratio for the mineral oils ranges in value from 2,0 to 3,5. The much lower value of this ratio for the synthetic oils points to the more homogenous molecular composition of the polyalphaolefin oils. One can draw the final conclusion about the similarity of the hydrocarbon composition of oils by marking the points, corresponding to different oils, on the graph of viscosity against the ratio of the areas of the absorbance peaks. The oils with the similar hydrocarbon composition form the unified dependence of the viscosity on the ratio of the areas of the absorbance peaks.

References

- [1] Bezyukov O.K., Erofeev V.L., Erofeeva E.V., Pryachin A.S. Energoberezhniye: energeticheskaya effektivnost' vodnogo transporta: monographiya. – Saint-Petersburg, Admiral Makarov SUMIS, 2016. – 284 p.
- [2] Engine tribology / edited by C.M. Taylor // Tribology series, vol. 26, Elsevier Science Publishers, 1993. – 301 p.
- [3] Taylor, R.I. Improved fuel efficiency by lubricant design: A review / R.I. Taylor, R. C. Coy // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2000. – V. 214. – P. 1–15.
- [4] Tager A.A. Fiziko-himiya polimerov. – Moscow, Nauchny Mir, 2007. – 573 p.
- [5] Advances in Engineering Fluid Mechanics: Multiphase Reactor and Polymerization System Hydrodynamics / edited by N. P. Cheremisinoff. – Houston: Gulf Publishing Company, 1996. – 772 p.
- [6] Alimbekova A.Sh. Vozmozhnosty metoda IK-spektroskopii poglosheniya ghb izuchenii biodegradatsii neftei. Available at <http://asf.ural.ru/VNKSF/Tezis/v7/Base/Tesis.php-Code=336.htm>.
- [7] Ivanova L.V., Koshelev V.N., Burov E.A., Stokolos O.A. Primeneniye IK-spektroskopii v isledovanii neftey // Proceedings of Gubkin Russian State University of Oil and Gas. – 2010. – No. 2. – P. 76–80.

- [8] Derkach S.R., Berestova S.R., Novikov V.Yu., Kolotova D.S., Brichka K.M., Simonsen G. Himicheskiy sostav nefti shelfa Pechorskogo moray// Vestnik MGTU. – 2017. – Vol. 20. – No. 1/1. – P. 38–47.
- [9] Bellamy, L.J. The infrared spectra of complex molecules, vol. 1 (3rd ed.) / L. J. Bellamy // New York, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, Inc. 1975. – 433 p.
- [10] Larkin P. J. Infrared and Raman spectroscopy: principles and spectral interpretation / P. J. Larkin. – Elsevier, 2011. – 230 p.
- [11] Coates, J. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach /J. Coates // Encyclopedia of Analytical Chemistry. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2000. – P. 10815–10837.
- [12] Glebovskaya E. A. Primeneniye IK-spektroskopii v neftyanoi geohimii. – Leningrad, Nedra, 1971. – 140 p.
- [13] Gooss W. New method of chemical composition on modern automotive lubricant base-oils / W. Gooss, A. Korn // 2nd World TRIBOLOGY Congress. – Vienna, Austria: The Austrian Tribology Society, 2001.
- [14] Zolper, T. Lubrication Properties of Polyalphaolefin and Polysiloxane Lubricants: Molecular Structure–Tribology Relationships / T. Zolper, Z. Li, C. Chen, M. Jungk, T. Marks, Y.-W. Chung, Q. Wang // Tribology Letters. – 2012. – No. 48. – P. 355–365.
- [15] Klochkov V.V., Efimov S.V., Klochkov A.V., Yulmetov A.P., Aganov A.V. Клочков, В.В. Kachestveniy i kolichestveniy sostav produktov oligimerizatsii detsena-1 po dannym odno- i dvumernoy YMR-spektroskopii // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. – 2009. – Vol. 151. – Book 3. – P. 46–52.

Статья поступила в редакцию 08.04.2019 г.

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 59
2019

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 12,14. Уч.-изд. л. 16,98.
Заказ . Тираж 500.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ВГУВТ
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5