

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



ISSN 1991-8275



**Волжской государственной академии
водного транспорта**

№58

Издается с 1930 года
Отраслевой журнал широкой научной тематики

Вестник ВГАВТ № 58 2019

Нижний Новгород
2019

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 58

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 58. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – 188 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.-корр. 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 РРР, 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

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

Асташин А.Е., Бадьин М.М., Самойлов А.В., Рыжов Е.В., Фомина А.И., Власов А.В.

Динамика протяжённости русловой сети элементарных водотоков зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов в XXI веке (на примере водосборного бассейна р. Велетьма Нижегородской области) 11

Кеслер А.А.

Об использовании гребных колес на речных судах 17

Мизгирев Д.С., Борисов М.А., Власов В.Н.

Актуальность совершенствования систем обеспечения микроклимата судовых помещений с учетом современных требований нормативной документации 24

Осовский Д.И., Шаратов А.С.

Влияние ограниченного пространства на результаты численного и экспериментального исследования гребного винта с дополнительным струйным воздействием воды, подаваемой через щелевые насадки на лопасти 39

Покусаев М.Н., Сибряев К.О., Хмельницкая А.А., Ковалёв О.П., Булгаков В.П.

Экспериментальная оценка загрязнения гидросферы нефтепродуктами подвесным лодочным мотором «ветерок-8м» 54

Савинов В.Н.

Остойчивость несамходного плавучего крана с неповоротным грузоподъемным устройством 61

Соловьёв А.В., Зеличенко Е.В., Голубев И.В.

О выборе якорного снабжения судов внутреннего плавания 69

Яковлев С.Г.

Основы проектирования выправляющего аппарата грунтового насоса 76

Раздел II

Финансовые и учетно-аналитические проблемы современной экономики

Сидякова В.А.

Экономическая эффективность мероприятий оценки качества обслуживания потребителей на примере ресторанного бизнеса 85

Раздел III

Экономика, логистика и управление на транспорте

Жмачинский В.И., Гаврилов А.И.

Предпринимательство и предприимчивость: сущность и содержание, схожесть и различия 95

Иванов В.М., Гордлеева В.В., Лисин А.А. Перспективы транспортных средств на альтернативных источниках энергии (на примере типов многокорпусных судов)	99
Ильющенко И.Г., Сяньюй У., Лисин А.А. Организационно-экономические и методологические предпосылки формирования сети транспортно-логистических центров (ТЛЦ)	106
Крайнова О.С. Мониторинг корпоративной культуры предприятия для целей внедрения логи- стического менеджмента.....	114
Мордовченков Н.В., Кузьмичев С.В., Панина Е.В. Концепция методических рекомендаций по расчету эффективности транспорт- ной инфраструктуры, сферы услуг в экономике региона: управленческий и кон- салтинговый аспект	124
Цверов В.В., Левочкина М.А. Исследование факторов, дестабилизирующих сроки доставки на речном транс- порте	135

Раздел IV

Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Веселов Г.В., Карташов М.В., Минеев В.И. Современное состояние пассажирских перевозок в Российской Федерации	143
--	-----

Раздел V

Эксплуатация судового энергетического оборудования

Володин Ю.Г., Марфина О.П., Матвеев Ю.И., Храмов М.Ю. Теплообмен при пуске судового газотурбинного двигателя	153
Гаршин А.Ю. Терминология, определение и вероятностная оценка уровня опасности и риска использования судового технического средства в послеаварийной ситуации	158
Покусаев М.Н., Зубарев А.С., Грабарчук А.Ю., Васильев А.В., Ковалёв О.П. Проведение натурных испытаний по подаче диметилового эфира во всасыва- ющий коллектор дизеля 6ЧСП 15/18 на судне РК-2091.....	165
Сугаков В.Г., Тощев А.А., Зобов Л.В. Математическая и имитационная модель системы автоматического регулиро- вания возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой	174
Федоровский К.Ю., Федоровская Н.К. Влияние обрастания на теплоотвод через судовую обшивку	181

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

BULLETIN
of the Volga State Academy
of Water Transport

Issue 58

VSUWT publishing house
N. Novgorod, 2019

Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport (VSAWT). Iss. 58. – N. Novgorod: VSUWT publishing house, 2019. – 188 p.

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

Shipbuilding, ship repair, and ecological safety of the ship

Astashin A.E., Badyin M.M., Samoylov A.V., Ryzhov E.V., Fomina A.I., Vlasov A.V.

Dynamics of channel network extension of elementary water currents of the mixed coniferous and broad-leaved woods zone in the 21st century (by the example of a catchment basin of the Veletma river of the Nizhny Novgorod region) 11

Kessler A.A.

Usage of rowing wheels on river crafts 17

Mizgirev D.S., Borisov M.A., Vlasov V.N.

The actuality of improving systems for maintenance of the microclimate of ship spaces to meet modern regulatory requirements 24

Osovskii D.I., Sharatov A.S.

The influence of limited space on results of a computational and pilot study of the propeller with additional jet impact of water on blades 40

Pokusaev M.N., Sibryaev K.O., Khmel'nitskaya A.A., Kovalev O.P., Bulgakov V.P.

Experimental evaluation of hydrosphere contamination by oil products suspended «veterok-8m» boat motor 55

Savinov V.N.

Non - self-propelled floating crane with fixed lifting device stability 62

Soloviev A.V., Zelichenko E.V., Golubev I.V.

About the choice of anchor equipment for inland navigation vessels 70

Yakovlev S.G.

The basis of the design of the straightening apparatus of the ground pump 77

Section II

Financial and accounting-analytical problems of the modern economy

Sidyakova V.A.

Economic efficiency of measures evaluating the quality of consumers service on the example of restaurant business 85

Section III

Economics, logistics and transport management

Zmachinski V.I., Gavrilov A.I.

Entrepreneurship and enterprise: the nature and content, the similarities and differences 95

Ivanov V.M., Gordleeva V.V., Lisin A.A. Prospects of vehicles on alternative energy sources (on the example of types of Multihull vessels)	99
Ilyushchenko I.G., Xiangyu Wu, Lisin A.A. Organizational, economic and methodological preconditions of forming a network of transport and logistics centers (TLC).....	106
Kraynova O.S. Monitoring of the corporate culture of the enterprise for the purposes of the implementation of the logistic management	114
Mordovchenkov N.V., Kuzmichev S.V., Panina E.V., The concept of guidelines for calculating the efficiency of transport infrastructure, the service sector in the region's economy: a managerial and consulting aspect	124
Tsverov V.V., Levochkina M.A. The study of factors, destabilizing the terms of delivery by river transport	135

Section IV

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

Veselov G.V., Kartashov M.V., Mineev V.I. The current state of passenger traffic in the Russian Federation	143
--	-----

Section VI

Operation of ship power equipment

Volodin Y.G., Marfina O.P., Matveev Y.I., Khramov M.Y. Guidelines for preparation of articles for the academic periodical «marine intellectual technologies».....	153
Garshin A.Y. Terminology, identification and probabilistic evaluation of danger and risk level of the ship technical means in post-emergency situation	158
Pokusaev M.N., Zubarev A.S., Grabarchuk A.Y., Vasiliev A.V., Kovalev O.P. Conducting field tests on the submission of dimethyl ether to the suction manifold of the diesel engine 6L 15/18 on the vessel RK-2091	165
Sugakov V.G., Toshev A.A., Zobov L.V. Mathematical and imitation model of the system of automatic regulation of excitation of a shipboard synchronous generator with external forcing	174
Fedorovsky K.Yu., Fedorovskaya N.K. The influence of fouling on the heat sink through the ship's plating	181

Раздел I

**Судостроение, судоремонт
и экологическая безопасность судна**

Section I

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

УДК 910.3

А.Е. Асташин, к.г.н., доцент ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

М.М. Бадьин, к.п.н., доцент ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

А.В. Самойлов, аспирант ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

Е.В. Рыжов, аспирант ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

А.И. Фомина, студент ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

А.В. Власов, студент ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 1

ДИНАМИКА ПРОТЯЖЁННОСТИ РУСЛОВОЙ СЕТИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОДОТОКОВ ЗОНЫ СМЕШАННЫХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ В XXI ВЕКЕ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ВЕЛЕТЬМА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)¹

Ключевые слова: элементарный водоток, водосборный бассейн р. Велетьма, зона смешанных хвойно-широколиственных лесов, динамика протяжённости русловой сети, Нижегородская область.

В статье приведены результаты изучения динамики протяжённости русловой сети элементарных водотоков в зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов в пределах Нижегородской области (водосборный бассейн р. Велетьма) в XXI веке. Исследование основано на материалах экспедиционных исследований, проведённых в летний период 2018 г., и ГИС-анализе данных дистанционного зондирования Земли в период с 2001 по 2018 гг. По результатам исследования определены современные местоположения истоков элементарных водотоков водосборного бассейна р. Велетьма Нижегородской области, рассчитана динамика элементарных водотоков относительно 2001 года. Установлен факт существенного сокращения протяжённости русловой сети элементарных водотоков и сильная зависимость между лесистостью территории и протяжённостью русловой сети элементарных водотоков.

Введение. В связи с попытками ПАО «РусГидро» поднять уровень воды в Чебоксарском водохранилище до НПУ 68 м, выдвигаются разного рода тезисы в пользу этого решения. В их числе – проблема обмеления Волги. Ввиду крайне тяжёлых последствий поднятия уровня воды для регионов, в пределах которых располагается Чебоксарское водохранилище [1–4], следует тщательно изучить предпосылки этого решения – так ли остра проблема судоходства, дефицита электроэнергии и есть ли реальная проблема обмеления Волги на отрезке между г. Городец и г. Новочебоксарск. Анализ литературы показал, что проблема маловодий на реках европейской части России вряд ли может считаться острой. Так, Е.В. Гуревич и М.Л. Марков установили, что «1. Экстремальные маловодные фазы водности рек на территории ЕЧР наблюдались за почти столетний период три раза – в конце 30-х, в 70-е и в начале 2000-х годов. 2. Вероятность наступления непрерывной серии маловодных лет продолжительностью два года составляет от 10 до 20%, три года подряд – 3-5%, четыре года – менее 3%.» [5].

Анализ работ зарубежных авторов показал, что проблемы, возникающие в результате создания водохранилищ на равнинных реках, признаются широким кругом специалистов [6-10], в ряде случаев предпринимаются попытки восстановления речных систем после вмешательства в их режим функционирования путём создания плотин [11], хотя признаются и положительные результаты создания водохранилищ [12–14].

¹ Статья выполнена при поддержке гранта ВОО «Русское географическое общество» Экспедиция «Плавучий университет Волжского бассейна-2018».

Помимо специалистов в области естественных наук вопросами экологического состояния речных систем как части географической оболочки занимается широкий круг учёных-социологов, экономистов, педагогов [15] и представителей других наук.

Работа посвящена изучению динамики протяжённости русловой сети элементарных водотоков, рассматриваемой как индикатор водности притоков крупных рек. Элементарные водотоки – мелкие водотоки, не имеющие притоков [16]. Эта категория водотоков отличается максимальным количеством, минимальными габаритами и очень высокой чувствительностью к изменениям внешней среды. Сеть элементарных водотоков имеет максимальные суммарные показатели протяжённости и густоты и собирает большую часть вод крупных рек. Таким образом, работа над осмыслением причин динамики водности, русловых деформаций, качества вод и других параметров состояния крупных водотоков, должна начинаться с изучения состояния элементарных водотоков [17].

Цель исследования – установить динамику протяжённости русловой сети элементарных водотоков в пределах зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов в условиях низменных равнин в бассейне Волги.

Объект исследования – водосборный бассейн малой реки – р. Велетьма (Нижегородская область), являющейся правым притоком р. Ока, впадающей, в свою очередь, в р. Волга.

Предмет исследования – динамика протяжённости русловой сети элементарных водотоков в пределах зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов в условиях низменных равнин.

Задачи исследования:

- установить современное положение истоков элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма;
- с помощью геоинформационного анализа установить динамику протяжённости русловой сети элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма в XXI веке путём сопоставления положения истоков элементарных водотоков в 2001 и 2018 гг.;
- определить вектор динамики протяжённости русловой сети элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма в XXI веке.

Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта.

Гидрологические исследования на территории бассейна р. Велетьма основаны на результатах анализа топографических карт [18], специальной литературы, данных дистанционного зондирования Земли и полевых исследований 2018 г., в ходе которых были заложены продольные профили гидрологического обследования на 9 элементарных водотоках (18% от общего числа элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма). Обобщение, расчёты и пространственный анализ данных были проведены с помощью ГИС Quantum GIS.

Результаты исследования.

1. На шести из девяти обследованных элементарных водотоках зафиксировано сокращение протяжённости русловой сети, составившее, в среднем, 27% от протяжённости обследованных водотоков (в сравнении с состоянием на 2001 г.); на трёх водотоках изменений не зафиксировано (рис. 1).

2. Ярко выраженная отрицательная динамика протяжённости русловой сети элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма наблюдается на фоне существенного сокращения лесопокрываемых площадей (рис. 1). Наиболее изменчивым ландшафтным фактором в бассейне р. Велетьма в течение рассматриваемого периода является лесистость. С 2000 по 2016 гг. площадь лесов на изучаемой территории сократилась на 43,92 км², что составляет 6,22% от площади лесов в пределах бассейна р. Велетьма в 2000 г.

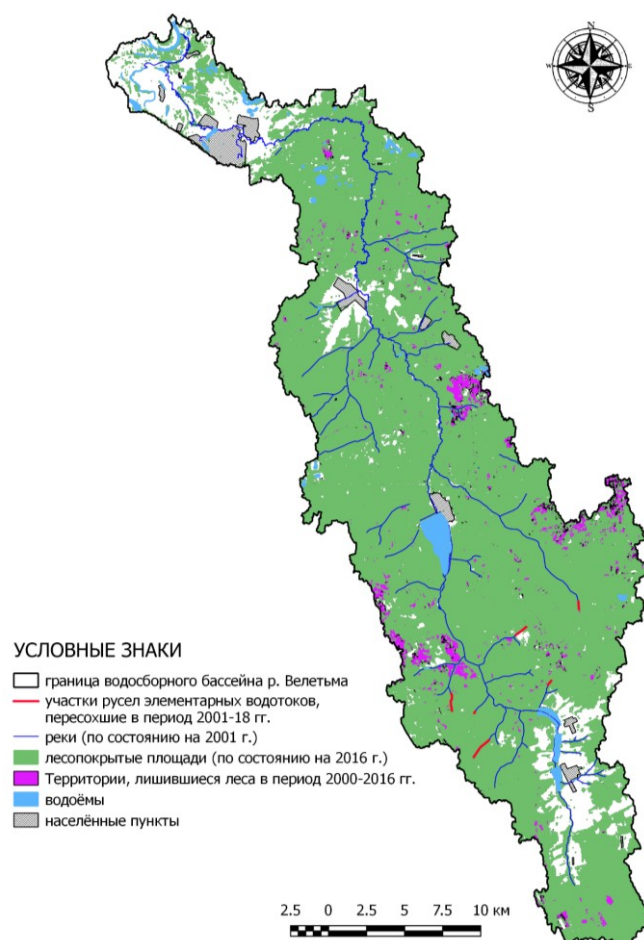


Рис. 1. Динамика протяжённости русловой сети элементарных водотоков и лесопокрываемых площадей в бассейне р. Велетьма в период 2001–2018 гг.

3. В рамках гипотезы нами рассматривалось резкое сокращение лесистости в результате лесных пожаров 2010 года, однако ретроспективный анализ лесистости за период 2000–2016 гг. на основе данных дистанционного зондирования показал, что сокращение площади лесов в 2010 году, как и в последующие несколько лет, происходило в темпах, сопоставимых с другими годами в период наблюдений, взрывных показателей уменьшения лесопокрываемых площадей, спровоцированных нерегулярными факторами (в частности – лесными пожарами), не наблюдалось.

4. В качестве механизма, определяющего связь сокращения протяжённости русловой сети элементарных водотоков на рассматриваемой территории с сокращением показателей лесистости, мы видим следующую цепочку процессов. Сокращение лесистости приводит к увеличению испаряемости, что влечёт сокращение подпитки элементарных водотоков поверхностным стоком с одной стороны, и сокращению объёмов фильтрующейся в грунт воды – с другой. В свою очередь, уменьшение объёмов фильтрующейся воды приводит к понижению уровня грунтовых вод и сокращению доли подземного питания водотоков. Кроме того, сокращение лесопокрываемых площадей провоцирует активизацию эрозионных процессов, что влечёт за собой усиление поступления обломочного материала в русла элементарных водотоков и способствует их заилению, что также приводит к деградации их русловой сети.

5. Установление роли остальных элементов ландшафта в динамике русловой сети элементарных водотоков в бассейне р. Велетьма затруднено по причине высоких фоновых показателей сокращения лесистости.

Результаты, полученные в ходе исследования, с одной стороны резко отличаются от результатов, полученных в ходе работ, проведенных авторами в рамках реализации гранта ВОО «Русское географическое общество» Экспедиция «Плавучий университет Волжского бассейна» в 2016–2017 гг. [17, 19, 20] в пределах зоны лесостепи (бассейн р. Сундовик), южной тайги (бассейн р. Ижма) и зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов (бассейн р. Линда), где повсеместно было зафиксировано преобладание процессов развития сети элементарных водотоков над процессами сокращения. Однако в пределах всех изучавшихся ранее бассейнов малых рек был зафиксирован факт увеличения лесистости. Таким образом, результаты исследований, проведенных в бассейне р. Велетьма, хотя и показали (впервые) отрицательную динамику протяженности русловой сети элементарных водотоков, подтвердили факт сильной степени корреляции протяженности русловой сети и показателей лесистости.

Помимо научных результатов, реализация грантового проекта имела серьезный образовательный эффект, связанный с вовлечением значительного числа студентов и аспирантов Нижегородских ВУЗов в экспедиционные работы, а также в обработку и анализ результатов. Это позволило значительно повысить уровень профессиональной подготовки будущих специалистов – географов, гидрологов, экологов, биологов. Участие студентов, аспирантов и молодых специалистов в проведенных научных мероприятиях (конференция «Экологические проблемы Волжского бассейна», международный научно-практический форум «Великие реки», а также в рабочих совещаниях и дискуссиях в ходе экспедиционных работ позволило им приобрести ценный опыт научной работы, в том числе, подготовки научных публикаций и участия в научных форумах. Важную роль в повышении образовательного уровня молодых исследователей сыграла также возможность непосредственной совместной работы с высококвалифицированными учеными и преподавателями.

Важный социальный эффект связан с повышением экологической культуры молодых участников проекта, а также широким освещением работы Плавучего университета Волжского бассейна в СМИ, способствующим формированию экологической культуры.

Список литературы:

- [1] Орехов В.Ф., Краснов А.Н. Проблемы Чебоксарского водохранилища «Проект 68» – прыжок с разбега на гигантские грабли // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 3 (25). С. 170–184.
- [2] Захаров А.В., Алексеев И.А. Социально-экологические проблемы Чебоксарского водохранилища // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 5. С. 90–101.
- [3] Шурганова Г.В., Ильин М.Ю., Кудрин И.А. Биоиндикационная характеристика качества воды Чебоксарского водохранилища (по данным 2011 года) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 2-1. С. 106–111.
- [4] Титова В.И., Самоделкин А.Г., Дабахова Е.В., Еремин Н.С. Прогнозная оценка потерь сельхозпроизводства Нижегородской области от предполагаемого подъема уровня водохранилища Чебоксарской ГЭС // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 13–15.
- [5] Гуревич Е.В., Марков М.Л. Маловодья на Европейской части России // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2017. № 49. С. 99–107.
- [6] Mary E. Power, Sarah J. Kupferberg, Scott D. Cooper, Michael L. Deas Rivers // Ecosystems of California. University of California Press (2016). pp. 713–752.
- [7] Harold L. Platt «A Ridiculous Failure of Government»: The Chicago River in the Age of Ecology // Rivers Lost, Rivers Regained: Rethinking City-River Relations University of Pittsburgh Press (2017). pp. 255–272.
- [8] Ellen E. Wohl Poisoning America: Commercial Impacts // Disconnected Rivers: Linking Rivers to Landscapes Yale University Press (2004). pp. 94–175.

- [9] Raymond Coppinger, Will Ryan James Bay: Environmental Considerations for Building Large Hydroelectric Dams and Reservoirs in Quebec // Social and Environmental Impacts of the James Bay Hydroelectric Project. McGill-Queen's University Press (1999). pp. 41–72.
- [10] Robert W. Troxler, Edward L. Thackston Predicting the Rate of Warming of Rivers below Hydroelectric Installations // Journal (Water Pollution Control Federation), Vol. 49, No. 8 (Aug., 1977), pp. 1902-1912.
- [11] William L. Graf Presidential Address: Damage Control: Restoring the Physical Integrity of America's Rivers // Annals of the Association of American Geographers, Vol. 91, No. 1 (Mar., 2001), pp. 1-27.
- [12] Kuntala Lahiri-Dutt Imagining Rivers // Economic and Political Weekly, Vol. 35, No. 27 (Jul. 1-7, 2000), pp. 2395-2397+2399-2400.
- [13] Mikko Saikku Taming the Rivers // Thomas Pynchon and the Dark Passages of History University of Georgia Press (2005). pp. 138–164.
- [14] Harry Taylor Problems of Flood Control // The Scientific Monthly, Vol. 16, No. 4 (Apr., 1923), pp. 343-352.
- [15] Винокурова Н.Ф., Мартилова Н.В. Глобальное экологическое образование: вектор педагогических инноваций для устойчивого будущего // Вестник Мининского университета. 2016. №2 (15). С. 19.
- [16] Erosional development of streams and their drainage basins Hydrophysical approach to quantitative morphology. By Robert E. Horton. Bulletin of the Geological society of America, vol. 56, 1945.
- [17] Асташин А.Е., Бадьин М.М., Самойлов А.В., Рыжов Е.В., Пашкин М.Н., Асташина Д.А., Фомина А.И. Ландшафтная обусловленность динамики русловой сети элементарных водотоков на территории бассейна р. Линда Нижегородской области в период 2001-2018 гг. // Естественные и технические науки. – 2018. – № 8 (122). – С. 85–94.
- [18] Топографическая карта ГГЦ. М 1:50 000, 2001 г. [Электронный ресурс], – <http://loadmap.net>
- [19] Асташин А.Е. Ландшафтная обусловленность динамики русловой сети элементарных водотоков на территории бассейна р. Ижма Нижегородской области в период 2001–2017 гг. / А.Е. Асташин, С.А. Соткина, А.В. Самойлов, Е.В. Рыжов, Н.А. Малышева Вестник ВГАВТ. 2017. № 53. С. 15–22.
- [20] Асташин А.Е. Динамика развития сети элементарных водотоков севера лесостепной зоны Нижегородской области (на примере водосборного бассейна р. Сундовик) в период 1984–2016 гг. / А.Е. Асташин, С.А. Соткина, М.М. Бадьин, Е.В. Рыжов, А.В. Самойлов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2016. № 48 (48). С. 15–24.

DYNAMICS OF CHANNEL NETWORK EXTENTION OF ELEMENTARY WATER CURRENTS OF THE MIXED CONIFEROUS AND BROAD-LEAVED WOODS ZONE IN THE 21ST CENTURY (BY THE EXAMPLE OF A CATCHMENT BASIN OF THE VELETMA RIVER OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION)

A.E. Astashin, Ph.D. in geography, associate professor, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

M.M. Badyin, Ph.D. in pedagogics, associate professor, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

A.V. Samoylov, graduate student, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

E.V. Ryzhov, graduate student, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

A.I. Fomina, student, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

*A.V. Vlasov, student, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
603950, Nizhny Novgorod, Ulyanov Str., 1*

Keywords: an elementary waterway, a catchment basin of the Veletma River, a zone of the mixed coniferous and broad-leaved woods, dynamics of extent of channel network, the Nizhny Novgorod Region.

The article contains the results of studying of dynamics of extent of channel network of elementary water currents in a zone of the mixed coniferous and broad-leaved woods within the Nizhny Novgorod Region (a catchment basin of the Veletma River) in the 21st century. The research is based on materials of the forwarding researches conducted during the summer period of 2018 and the GIS-analysis of data of remote sensing of Earth during the period from 2001 to 2018. Based on the results of the study, the current locations of the sources of elementary watercourses in the Veletma river catchment area of the Nizhny Novgorod region are determined, the dynamics of elementary watercourses relative to 2001 is calculated. The fact of significant reduction of extent of channel network of elementary water currents is established and strong dependence between woodiness of the territory and extent of channel network of elementary water currents is revealed.

References:

- [1] Orekhov V.F., Krasnov A.N. Problemy Cheboksarskogo vodokhranilishcha «Proekt 68» – pryzhok s razbega na gigantskie grabli // Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2013. № 3 (25). pp. 170-184.
- [2] Zakharov A.V., Alekseev I.A. Sotsial'no-ekologicheskie problemy Cheboksarskogo vodokhranilishcha // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2012. № 5. pp. 90-101.
- [3] Shurganova G.V., Il'in M.Yu., Kudrin I.A. Bioindikatsionnaya kharakteristika kachestva vody Cheboksarskogo vodokhranilishcha (po dannym 2011 goda) // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. 2014. № 2-1. pp. 106-111.
- [4] Titova V.I., Samodelkin A.G., Dabakhova E.V., Eremin N.S. Prognoznaya otsenka poter' sel'khozproduktov Nizhegorodskoy oblasti ot predpolagaemogo pod'ema urovnya vodokhranilishcha Cheboksarskoy GES // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013. № 9. pp. 13-15.
- [5] Gurevich E.V., Markov M.L. Malovod'ya na Evropeyskoy chasti Rossii // Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2017. № 49. pp. 99-107.
- [6] Mary E. Power, Sarah J. Kupferberg, Scott D. Cooper, Michael L. Deas Rivers // Ecosystems of California. University of California Press (2016). pp. 713-752.
- [7] Harold L. Platt «A Ridiculous Failure of Government»: The Chicago River in the Age of Ecology // Rivers Lost, Rivers Regained: Rethinking City-River Relations University of Pittsburgh Press (2017). pp. 255-272.
- [8] Ellen E. Wohl Poisoning America: Commercial Impacts // Disconnected Rivers: Linking Rivers to Landscapes Yale University Press (2004). pp. 94-175.
- [9] Raymond Coppinger, Will Ryan James Bay: Environmental Considerations for Building Large Hydroelectric Dams and Reservoirs in Quebec // Social and Environmental Impacts of the James Bay Hydroelectric Project. McGill-Queen's University Press (1999). pp. 41-72.
- [10] Robert W. Troxler, Edward L. Thackston Predicting the Rate of Warming of Rivers below Hydroelectric Installations // Journal (Water Pollution Control Federation), Vol. 49, No. 8 (Aug., 1977), pp. 1902-1912.
- [11] William L. Graf Presidential Address: Damage Control: Restoring the Physical Integrity of America's Rivers // Annals of the Association of American Geographers, Vol. 91, No. 1 (Mar., 2001), pp. 1-27.
- [12] Kuntala Lahiri-Dutt Imagining Rivers // Economic and Political Weekly, Vol. 35, No. 27 (Jul. 1-7, 2000), pp. 2395-2397+2399-2400.
- [13] Mikko Saikku Taming the Rivers // Thomas Pynchon and the Dark Passages of History University of Georgia Press (2005). pp. 138-164.
- [14] Harry Taylor Problems of Flood Control // The Scientific Monthly, Vol. 16, No. 4 (Apr., 1923), pp. 343-352.
- [15] Vinokurova N.F., Martilova N.V. Global'noe ekologicheskoe obrazovanie: vektor pedagogicheskikh innovatsiy dlya ustoychivogo budushchego // Vestnik Mininskogo universiteta. 2016. № 2 (15). pp. 19.
- [16] Erosional development of streams and their drainage basins Hydrophysical approach to quantitative morphology. By Robert E. Horton. Bulletin of the Geological society of America, vol. 56, 1945.
- [17] Astashin A.E., Bad'in M.M., Samoylov A.V., Ryzhov E.V., Pashkin M.N., Astashina D.A., Fomina A.I. Landshaftnaya obuslovlennost' dinamiki ruslovoy seti elementarnykh vodotokov na

territorii basseyna r. Linda Nizhegorodskoy oblasti v period 2001-2018 gg. // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. – 2018. – № 8 (122). – pp.85-94.

[18] Topograficheskaya karta GGTs. M 1:50 000, 2001 g. [Elektronnyy resurs], - <http://loadmap.net>

[19] Astashin, A.E. Landshaftnaya obuslovlennost' dinamiki ruslovoy seti elementarnykh vodotokov na territorii basseyna r. Izhma Nizhegorodskoy oblasti v period 2001-2017 gg. / A.E. Astashin, S.A. Sotkina, A.V. Samoylov, E.V. Ryzhov, N.A. Malysheva

Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. 2017. № 53. pp. 15-22.

[20] Astashin A.E. Dinamika razvitiya seti elementarnykh vodotokov severa lesostepnoy zony Nizhegorodskoy oblasti (na primere vodosbornogo basseyna r. Sundovik) v period 1984-2016 gg. / A.E. Astashin, S.A. Sotkina, M.M. Bad'in, E.V. Ryzhov, A.V. Samoylov // *Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta*. 2016. № 48 (48). pp. 15-24.

Статья поступила в редакцию 10.12.2018 г.

УДК 629.12.001.33

А.А. Кеслер, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРЕБНЫХ КОЛЕС НА РЕЧНЫХ СУДАХ

Ключевые слова: движительно-рулевой комплекс, гребное колесо, винто-рулевая колонка, главная энергетическая установка речного судна

В современной отечественной практике судоходства наметилась тенденция по возрождению применения гребных колес на речных судах. Наряду с «традиционной» областью их использования, т.е. на судах для малых рек при глубинах менее 1 м, установка колес планируется на пассажирском судне класса «О» Российского Речного Регистра (РРР) при осадке около 1,2 м. Такое «расширение» области применения гребных колес в современных условиях представляется сомнительным и является предметом рассмотрения в статье. В работе представлены результаты обобщения и анализа материалов по эффективности применения на речных судах гребных колес. Отмечается, что использование гребных колес целесообразно в условиях малых рек и значительных нагрузках на движитель. Получены сравнительные данные по эффективности главной энергетической установки пассажирского судна класса «О» РРР при применении на нем в качестве движителя винто-рулевой колонки или гребного колеса. Отмечается, что установка на данном судне винто-рулевых колонок, вместо кормовых гребных колес, позволит, согласно приближенным расчетам, уменьшить необходимую мощность главных двигателей и, кроме того, улучшить управляемость судна.

В течение последнего десятилетия нижегородская группа компаний (ГК) «ГАМА» спроектировала и построила три мелкосидящих (осадка 0,73 м, класс Российского Речного Регистра (РРР) – «Р») пассажирских судна типа «Сура». В качестве движительно-рулевого комплекса на этих судах используются два кормовых гребных колеса с неповоротными плицами. ГК «ГАМА» также заявила о намерении расширить область применения пассажирских судов с гребными колесами – создать, с применением колес, речное круизное судно класса «О» РРР и осадкой 1,2 м; проектное обозначение судна – ПКС-130 [1].

Задача выбора для проектируемого судна типа движительно-рулевого комплекса и его размещения на корпусе относится к числу важных. В статье сделана попытка выявить области целесообразного применения на водоизмещающих судах для малых

и боковых рек в качестве движительно-рулевого комплекса гребных колес, а также оценить их эффективность по сравнению с другими типами движителей, прежде всего, винтами.

Результаты статистической обработки пропульсивных характеристик судов для малых рек приведены на рисунке 1а по данным [2]. На рисунке 1б, для сравнения, даны значения пропульсивного коэффициента транспортных средств для малых рек и судов классов «О» и «М» по РРР.

Пропульсивный коэффициент (η , см. рисунок 1) учитывает как гидравлический к.п.д. движителя, так и его взаимодействие с корпусом судна, т.е. коэффициент влияния корпуса судна. Коэффициент нагрузки движителя по мощности определялся по формуле

$$\sigma'_n = \frac{2P}{\rho v^3 F},$$

где P – мощность, подведенная к движителю;

ρ – плотность воды;

v – скорость хода судна;

F – площадь гидравлического сечения движителя.

По данным рисунка 1а в диапазоне значений $\sigma'_n = (4-10)$ на судах для малых рек в качестве движителей в основном используются гребные колеса и водометы; при этом η судов с гребными колесами может достигать значения 0,44. На ряде грузовых судов установлены открытые гребные винты, коэффициент нагрузки которых лежит в диапазоне 2–4, а пропульсивный к.п.д. может достигать значения 0,54.

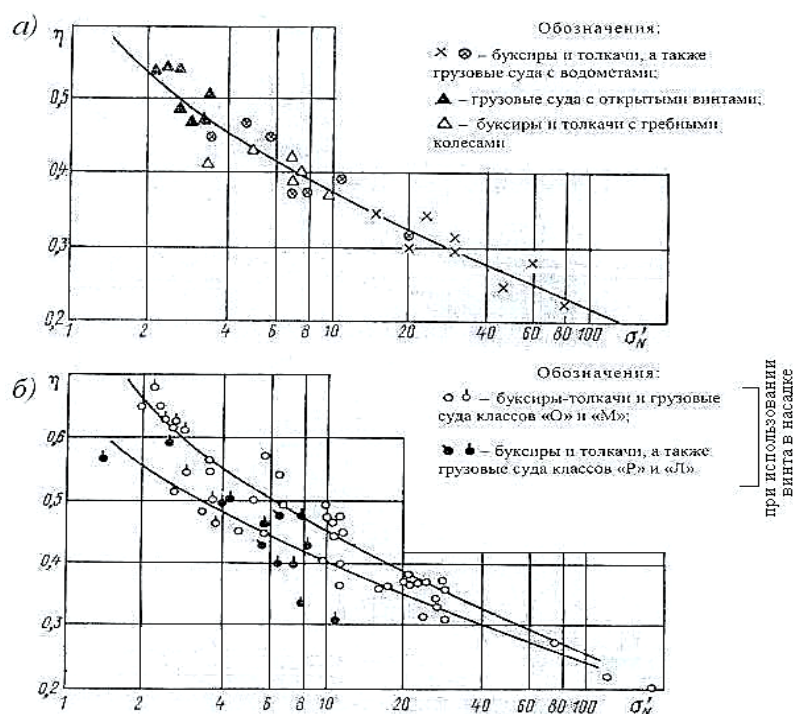


Рис. 1. Влияние коэффициента нагрузки движителя по мощности (σ'_n) на изменение пропульсивного коэффициента судна (η)

Наряду с открытыми винтами, на судах классов «Р» и «Л» при $\sigma'_n = 3-8$, используются винты в насадке; в этом случае максимальное значение η составляет 0,59. У судов классов «О» и «М», которые эксплуатируются на боковых и магистральных реках, использование комплекса винт–насадка при $\sigma'_n = 2-3$ позволяет достичь $\eta = 0,65$.

Данные рисунка 1 свидетельствуют – с увеличением коэффициента нагрузки движителя пропульсивный к.п.д. судна уменьшается.

Модельные и натурные исследования по колесным движителям отечественными специалистами проводились в 1936–1939 гг., 1946–1947 гг. и 1978–1985 гг.; при этом были рассмотрены (изучены) ряд предложений по конструкции гребного колеса [2]. В таблице 1 приведены значения пропульсивного к.п.д. для основных исследованных технических решений по гребным колесам.

Таблица 1

Значения пропульсивного коэффициента полезного действия при использовании гребных колес

[3]	Источник [2]				
Данные по судам				Данные по моделям	
Расчеты по судну «Сура-2» с колесами в корме и неподвижными плицами	Буксир пр. 1721 с бортовыми колесами с поворотными плицами (БКПП) в расчетном режиме буксировки	Буксир пр. 1721 с БКПП и волновыпрямителем за колесом	Обработка данных по ряду буксиров и толкачей	Модель с бортовыми колесами с поворотными плицами, при размещении колес по схеме «тандем»	Высокооборотное гребное колесо с поворотными плицами конструкции Ф.И. Михайлова
ок. 0,42	0,46	0,48	0,44	0,47	0,46

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что гребные колеса с поворотными плицами, конструкция которых «отрабатывалась в течение многих десятилетий», более эффективны по сравнению с колесами с неповоротными плицами. Размещение гребных колес за кормой судна (рисунок 2) рассматривается как «вынужденное» решение (например, ввиду ограничения судна по ширине); при этом они, в отличие от бортовых, оказывают «засасывающее» действие на корпус судна и по этой причине увеличивается сила сопротивления движению судна.



Рис. 2. Судно «Сура-2», оборудованное кормовыми колесами с неповоротными плицами

В работе [2] показаны пути повышения эффективности колесного движителя:

- установка после гребного колеса волновыпрямителя;
- установка последовательно пары гребных колес (схема «тандем»).

В первом случае испытания проводились в натуральных условиях на буксире пр. 1721, во втором – на модели; значения пропульсивного к.п.д. составили 0,48 и 0,47 соответственно (таблица 1). Отмечается, что «прирост упора комплекса за счет установки волновыпрямителей составил 3–5% без добавочных затрат мощности», а «по результатам испытаний комплекса «тандем» последний лишь незначительно уступает по к.п.д. изолированному гребному колесу с волновыпрямителем». Эти опытные конструкции в эксплуатационной практике, по имеющейся информации, применения не получили.

В 1983–1984 гг. были проведены испытания крупномасштабной модели высокооборотного гребного колеса рычажно-шарнирного типа конструкции Ф.И. Михайлова (рисунок 3). Установлено, что такое колесо «в широком диапазоне нагрузок обладает той же эффективностью, что и традиционное с поворотными плицами». Согласно представленным данным пропульсивный к.п.д. при использовании колеса Михайлова не превышает 0,46, что практически равно значению этого коэффициента для «традиционных» гребных колес с поворотными плицами. Случаи практического применения на судах гребного колеса конструкции Михайлова не известны.

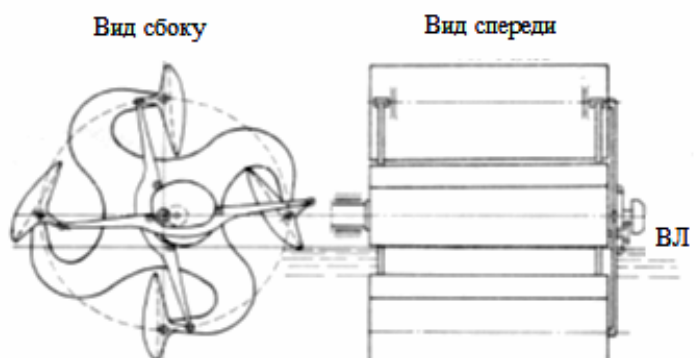


Рис. 3. Схема рычажно-шарнирного высокооборотного гребного колеса

Выполненный анализ работ по эффективности гребных колес дает основания считать, что пропульсивный к.п.д. судов находится в диапазоне:

- при расположении колес по бортам судна $\eta = 0,43–0,46$;
- при размещении колес за кормой судна $\eta = 0,39–0,42$.

Использование гребных колес предусматривается на упомянутом выше круизном судне для линии Москва – Нижний Новгород: пр. ПКС-130; опубликованные по пр. ПКС-130 материалы вызвали интерес у специалистов по судовождению [4]. Основные показатели судна пр. ПКС-130 даны в таблице 2 в сопоставлении с данными по пассажирскому пароходу пр. 737А; такие пароходы в прошлом эксплуатировались на линии Москва – Горький (в настоящее время – Н. Новгород).

Суда пр. ПКС-130 и 737А имеют осадку 1,2 м, класс PPP – «О», практически равные значения скорости хода, водоизмещение судов отличается на 18%; при таком соотношении показателей допустимо выполнить сравнительную оценку эффективности использования мощности главной энергетической установки (ГЭУ) судов. Для этого был использован принятый в судостроении показатель – адмиралтейский коэффициент, определяемый по формуле:

$$C = \frac{D^{\frac{2}{3}} \cdot v^3}{P},$$

где D – полное водоизмещение судна, т;

v – скорость хода судна, км/ч;

P – мощность главных двигателей, кВт.

Таблица 2

Характеристики пассажирских судов с гребными колесами

№ проекта	Главные размерения по КВЛ, м			L/B	Водоизмещение полное, D , т	Коэффициент пол- ноты водоизмеще- ния δ	Мощность ГЭУ, P , кВт	Скорость хода, v , км/ч	Пассажироме- стимость, чел.	Класс Российского Речного Регистра	Местоположение и тип движителей	Наличие рулей	Адмиралтейский коэффициент, C
	L	B	T										
ПКС-130	55,0	11,7	1,2	4,7	663	0,86	637	20,0	130-212	«О»	гребные колеса в корме	нет	945
737А	69,6	8,5	1,2	8,1	542	0,765	383	19,0	360	«О»	гребные колеса по бортам	один руль площадью 5,2 м ²	1200

Из таблицы 2 следует, что значение адмиралтейского коэффициента для судна пр. ПКС-130 на 27% меньше, чем у судна пр. 737А. Причины этого кроются, в частности, в следующем:

– особенности формы корпуса (маленькое значение L/B и большое δ) судна пр. ПКС-130 вызывают относительный рост сопротивления воды его движению (увеличивается буксировочная мощность);

– на судне пр. ПКС-130 предусмотрено кормовое расположение гребных колес, что вызывает рост сопротивления движению корпуса (уменьшение пропульсивного к.п.д. судна).

Осадка судна пр. ПКС-130 составляет 1,2 м; такое значение осадки позволяет отнести это судно к «смежным» по осадке по отношению к транспортным средствам для малых рек. Исходя из зависимостей рисунка 1, при проектировании таких («смежных») судов (судов класса «О») следует рассматривать, наряду с применением гребных колес, использование открытого винта (ОВ) и комплекса винт–насадка (ВН).

Расчеты по ОВ и ВН, применительно к судну пр. ПКС-130, выполнены по Руководству [5] с использованием расчетных диаграмм с показателями винта: для ОВ – 4-х лопастный винт с дисковым отношением 0,55; для ВН – 4-х лопастный винт с дисковым отношением 0,58. Расчеты выполнены при следующих исходных условиях:

– сила сопротивления движению судна при $v = 20$ км/ч составляет $R = 53$ кН [6];

– ширина корпуса судна (11,7 м) позволяет разместить за кормой четыре ОВ или ВН при диаметре винта $D = 0,95$ м ($D^* = D/T = 0,95/1,2 = 0,79$);

– ОВ или ВН входят в состав винто-рулевой колонки (ВРК)*);

– соотношение значений мощности на фланце дизеля и на валу винта (ϵ) принято равным 1,15 (ϵ учитывает запас мощности двигателя и потери при ее передаче на винт).

*) Гидравлический к.п.д. (ηр) ОВ или ВН в составе ВРК принят на 5% меньше, чем ηр, полученный по расчетной диаграмме; это соответствует практике эксплуатации ВРК.

Результаты приближенных расчетов по движительно-рулевому комплексу судна пр. ПКС-130 для случая применения на нем винто-рулевых колонок даны в таблице 3. Сравнение этих данных с опубликованными характеристиками по судну пр. ПКС-130 (таблица 2) и показателями работы гребных колес (см. выше) позволяет отметить следующее:

- значение пропульсивного к.п.д. при использовании ОВ ($\eta = 0,52$) и ВН ($\eta = 0,57$) превышают максимальное значение этого коэффициента в случае установки гребных колес ($\eta = 0,46$);
- полученные значения пропульсивного к.п.д. как для ОВ, так и ВН согласуются с данными рисунка 1;
- минимальная мощность ГЭУ судна пр. ПКС-130 соответствует использованию на нем ВН (594 кВт).

Таблица 3

Основные показатели движительно-рулевого комплекса судна пр. ПКС-130 при использовании гребных винтов

Винто-рулевая колонка при использовании:	Диаметр винта, м	Частота вращения винта, мин ⁻¹	Гидравлический к.п.д., η_p	Пропульсивный к.п.д., η	Мощность на валу винта, кВт	Мощность ГЭУ судна, кВт	коэффициент нагрузки движителя по мощности, σ'_n
ОВ	0,95	576	0,49	0,52	142	653	2,4
ВН	0,95	480	0,57	0,57	129	594	1,92

Тип движителя судна, как правило, выбирается с учетом его роли в обеспечении рулевой силы (маневренности судна). Вопросам совершенствования управления судами с кормовыми гребными колесами посвящены ряд работ [7], [8], [9], [10], [11]; при этом главное внимание было уделено оптимизации систем контроля и управления механизмами и агрегатами судна. Особенности влияния на управление судна кормового расположения гребных колес и сравнительный анализ эффективности применения для управления судном других типов движительно-рулевого комплекса в работах не рассматривались. В тоже время, как свидетельствует практика судоходства, винто-рулевые колонки, предназначенные для обеспечения как поступательного движения судна, так и маневренных операций, являются наиболее предпочтительным типом движителя для пассажирских и ряда других типов судов.

Например, около 40 европейских речных пассажирских судов оборудовано винто-рулевыми колонками [12] (рисунок 4).

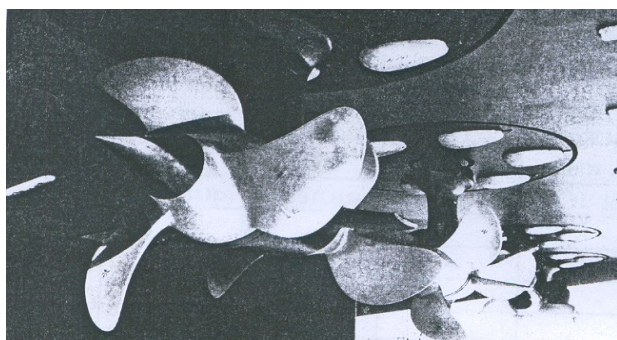


Рис. 4. Четыре винто-рулевые колонки на речном круизном судне «А-Rosa Aqua»

Колонки размещены в корме; каждая из них удерживает два винта. Колонки управляются джойстиками – «отдельно для двух колонок правого и левого бортов».

Список литературы:

- [1] Галкин Д.Н., Малый Ю.А. Отличительные особенности пассажирского круизного теплохода нового проекта // Речной транспорт (XXI век), № 2, 2015, С. 32–33.
- [2] Павленко В.Г. Грузовые транспортные средства для малых рек / Павленко В.Г., Сахновский Б.М., Врублевская Л.Н. – Л.: Судостроение, 1985. – 288 с.
- [3] Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Малый Ю.А. Опыт эксплуатации и совершенствования конструкции колесного судна «Сура» // Речной транспорт (XXI век), № 3, 2014, С. 47–50.
- [4] Чуплыгин Г.Н., Клементьев А.Н., Тихонов В.И. Особенности эксплуатации судов, оснащенных колесным движительно-рулевым комплексом // Речной транспорт (XXI век), № 4, 2017, С. 15–19.
- [5] Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания. Под ред. А.М. Басина и Е.И. Степанюка. – Л.: Транспорт, 1977. – 272 с.
- [6] Галкин Д.И., Маркин Е.П., Сироткин Е.М., Корнев А.Б. Подробности подготовки к проектированию нового мелкосидящего колесного пассажирского судна // Речной транспорт (XXI век), № 2, 2016, С. 21–19.
- [7] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Контроль вектора тяги колесного движительного комплекса теплохода // Вестник Астраханского государственного технического университета (АГТУ). Серия «Морская техника и технология». – № 3, 2011 – с. 10–15.
- [8] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Плющаев В.И. Синтез алгоритма управления судна с КДРК // Вестник АГТУ. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». – № 2, 2012. – с. 34–39.
- [9] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Разработка алгоритма управления движением колесного судна с использованием виртуального руля // Вестник АПУ. Серия – «Морская техника и технология». – № 1, 2013. – с. 17–22.
- [10] Поляков И.С. Моделирование расхода топлива в различных эксплуатационных режимах судна с колесным движителем // Вестник ВГАВТ – № 35, 2013. с. 29–33.
- [11] Грошева Л.С., Плющаев В.И., Поляков И.С., Соловьев Д.С. Исследование устойчивости и качества системы автоматического управления удержанием судна с КДРК на заданной траектории при изменении условий плавания // Вестник АГТУ. Серия «Морская техника и технология». – № 3, 2014. – с. 28–39.
- [12] Информационный отдел. Четыре ВРК на судне // Судостроение, 2014, № 3, С.75.

USAGE OF ROWING WHEELS ON RIVER CRAFTS

A.A. Kessler, Ph.D. (Tech.), associate professor

Volga State University of Water Transport

603951, Nizhniy Novgorod, Nesterov str., 5

Keywords: *propulsion and steering complex, rowing wheel, steering column, main propulsion system of the river ship*

The trend on revival of application of rowing wheels on river crafts was outlined in modern domestic practice of navigation. Along with the «traditional» field of their use, i.e. on vessels for the small rivers with depths less than 1 m, installation of wheels is planned on the passenger ship of class «O» of the Russian River Register (RRR) at draft about 1.2 m. Such «expansion» of the field of application of rowing wheels in modern conditions is doubtful and is a consideration subject in this article. The paper presents the results of generalization and the analysis of materials on efficiency of application of rowing wheels on river boats. It is noted that use of rowing wheels is expedient in the conditions of the small rivers and considerable loads of the propeller. The comparative data of the main power station efficiency of the passenger ship class «O» RRR with application of a steering column as the propeller or a rowing wheel are obtained. It is noted that installation of steering columns on this vessel, instead of fodder rowing wheels will allow to reduce, according to approximate calculations, the necessary power of the main engines and, besides, to improve controllability of the vessel.

References

- [1] Galkin D.N., Malyj YU.A. Otlichitel'nye osobennosti passazhirskogo kruiznogo tep-lohoda novogo proekta // *Rechnoj transport (XXI vek)*, № 2, 2015, S. 32–33.
- [2] Pavlenko V.G. Gruzovye transportnye sredstva dlya malyh rek / Pavlenko V.G., Sahnovskij B.M., Vrublevskaya L.N. – L.: Sudostroenie, 1985. – 288 s.
- [3] Galkin D.N., Ital'yancev S.A., Malyj YU.A. Opyt ehkspluatacii i sovershenstvovaniya konstrukcii kolesnogo sudna «Sura» // *Rechnoj transport (XXI vek)*, № 3, 2014, S. 47–50.
- [4] CHuplygin G.N., Klement'ev A.N., Tihonov V.I. Osobennosti ehkspluatacii sudov, osnashchennyh kolesnym dvizhitel'no-rulevym kompleksom // *Rechnoj transport (XXI vek)*, № 4, 2017, S. 15–19.
- [5] Rukovodstvo po raschetu i proektirovaniyu grebnyh vintov sudov vnutrennego plava-niya. Pod red. A.M. Basina i E.I. Stepanyuka. – L.: Transport, 1977. – 272 s.
- [6] Galkin D.I., Markin E.P., Sirotkin E.M., Kornev A.B. Podrobnosti podgotovki k proektirovaniyu novogo melkosidyashchego kolesnogo passazhirskogo sudna // *Rechnoj trans-port (XXI vek)*, № 2, 2016, S. 21–19.
- [7] Grosheva L.S., Merzlyakov V.I., Perevezencev S.V., Plyushchaev V.I. Kontrol' vektora tyagi kolesnogo dvizhitel'noro kompleksa teplohoda // *Vestnik Astrahanskogo gosudar-stvennogo tekhnicheskogo universiteta (AGTU). Seriya «Morskaya tekhnika i tekhnologiya»*. – № 3, 2011 – s. 10–15.
- [8] Grosheva L.S., Merzlyakov V.I., Plyushchaev V.I. Sintez algoritma upravleniya sudna s KDRK // *Vestnik AGTU. Seriya «Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika»*. – № 2, 2012. – s. 34–39.
- [9] Grosheva L.S., Merzlyakov V.I., Perevezencev S.V., Plyushchaev V.I. Razrabotka algorit-ma upravleniya dvizheniem kolesnogo sudna s ispol'zovaniem virtual'nogo rulya // *Vest-nik APU. Seriya – «Morskaya tekhnika i tekhnologiya»*. – № 1, 2013. – s. 17–22.
- [10] Polyakov I.S. Modelirovanie rashkoda topliva v razlichnyh ehkspluatacionnyh rezh-mah sudna s kolesnym dvizhitelem // *Vestnik VГАVТ* – № 35, 2013. s. 29–33.
- [11] Grosheva L.S., Plyushchaev V.I., Polyakov I.S., Solov'yov D.S. Issledovanie ustojchivo-sti i kachestva sistemy avtomaticheskogo upravleniya uderzhaniem sudna s KDRK na zadan-noj traektorii pri izmenenii uslovij plavaniya // *Vestnik AGTU. Seriya «Morskaya tekhnika i tekhnologiya»*. – № 3, 2014. – s. 28–39.
- [12] Informacionnyj otдел. CHetyre VRK na sudne // *Sudostroenie*, 2014, № 3, S.75.

Статья поступила в редакцию 11.12.2018 г.

УДК 629.122.

Д.С. Мизгирев, д.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: mizgirevds@yandex.ru

М.А. Борисов, аспирант кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: borisovmihail2011@mail.ru

В.Н. Власов, ст. преподаватель кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: vlasov_v@kp.ru
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Ключевые слова: *качество воздуха, микроклимат, микроклимат помещений судов,*

система вентиляции судов, оптимальные микроклиматические условия, допустимые микроклиматические условия, нормативные документы, ионизация воздуха.

Актуальность требований к системам обеспечения микроклимата судовых помещений с учетом современной нормативной документации. Целью работы является обзор норм, правил и требований касательно микроклимата и качества воздуха в помещениях судов. Существующие на данный момент нормативные документы работают неизменно на протяжении более 15 лет и охватывают не полный спектр оценки. В данной работе произведен обзор и сравнение требований с нормами международных нормативов и стандартов. Выявлены более жесткие требования, которые следует применять при проектировании систем вентиляции и кондиционирования, а также обеспечения микроклимата судовых помещений. Для достижения современных требований к качеству воздуха и максимального эффекта в экономическом и экологическом аспектах необходимо использование современных универсальных методов и приемов.

Введение

Комплекс условий для пребывания на судах экипажа и пассажиров называют обитаемостью. Она в свою очередь, характеризуется несколькими факторами прямого воздействия на физиологию человеческого организма. К ним относятся:

- биологические факторы (обеспечение судна водой и пищей);
- физические факторы (уровень шума, вибрации, качки, излучений и освещенности помещений);
- химические факторы (состав газовой среды в помещениях);
- социальные факторы (режим труда и отдыха, психологический климат, условия размещения).

С точки зрения гигиены, создание комфортного микроклимата в помещениях является одним из наиболее значимых направлений в повышении обитаемости судов, так как воздух является основой человеческой жизни. Этот факт заставляет задуматься также и о химическом составе воздуха, так как с ростом технического прогресса, обостряются экологические проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды и воздуха в том числе.

Основная часть

Для поддержания нормальной и безопасной эксплуатации судна, а также для создания оптимальных условий для присутствия и проживания на нем людей служат судовые системы. В некоторых судовых помещениях наблюдается высокий уровень тепловыделения от установленного в них оборудования. Так как теплоемкость воздуха очень мала, то даже несущественный избыток теплоты, сообщаемый помещению, приводит к быстрому повышению температуры, влажности а также концентрации вредных газов. Система вентиляции (СВ) применяется для удаления избытков теплоты, влаги и вредных газов из помещений путем нагнетания в них свежего воздуха и удаления загрязненного [1]. Так же, с 60-х годов прошлого века на некоторых судах появились первые системы кондиционирования воздуха (СКВ), обеспечивающие благоприятные для обитания человека условия. Под такими системами понимается ряд технологических процессов обработки воздуха, который поддерживает определенные параметры (влажность, температура, давление) газовой среды помещений на благоприятном для человека уровне.

Система вентиляции предназначена для подачи в судовые помещения наружного и удаления из них загрязненного воздуха с целью обеспечения заданных условий вентилирования и ассимиляции тепловыделений (без обработки воздуха), а также, в некоторых случаях создания подпора или разряжения воздуха [2]. Также система вентиляции является одной из обеспечивающих комфортные микроклиматические условия для обитания людей и одним из ключевых звеньев в обеспечении качества воздуха.

При проектировании систем вентиляции и кондиционирования руководствуются действующими стандартами, нормами и правилами, регламентирующими условия для благоприятного обитания людей и оптимальными для работы механизмов:

1. В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» Правительства Российской Федерации существуют технические регламенты о безопасности объектов морского [3] и внутреннего водного [4] транспорта содержащие обязательные для соблюдения минимальные требования безопасности объектов водного транспорта, направленные на достижение целей, предусмотренных настоящими документами.

2. Согласно СанПиН 2.5.2-703-98. «Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания» [5] в помещениях судов, оборудованных системами *вентиляции и отопления*, регламентируется температура (t_v) и скорость движения воздуха (v); так же в помещениях оборудованных системой воздушного отопления в холодный период измеряется относительная влажность воздуха (ϕ).

В помещениях, оборудованных системой *кондиционирования* воздуха, измеряются: температура (t_c), скорость движения (v), относительная влажность воздуха (ϕ) и температура ограждений – стен, потолка, пола (t_p) [5].

3. Требования по проектированию судовых систем вентиляции и кондиционирования, с точки зрения конструктивного исполнения элементов и оборудования, а также их расположения на судне приведены в Правилах Речного [6] и Морского [7] Регистров.

4. При теплотехнических расчетах СВ, СКВ и входящего в них оборудования используют параметры наружного воздуха, воздуха помещений, забортной воды приведенные в ГОСТ 24389-89 «Системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления судов» [8].

5. Общие требования, правила и нормы проектирования, методы расчета, типовые схемы и состав оборудования, обеспечивающие решение комплекса вопросов создания и поддержания параметров воздушной среды судовых помещений устанавливает РД5.5584-89 «Системы кондиционирования воздуха и вентиляции судов» [2].

Основными показателями, подвергающимися надзору контролирующих органов при проектировании вентиляции, являются: расчетный воздухообмен, минимальная норма подачи воздуха на 1 человека и расчет на ассимиляцию избыточных тепловыделений. Условия воздухообмена помещений зависят от принадлежности к одной из основных групп, соответствующих целевому назначению: общественные, санитарные, жилые, служебные, медицинского назначения, машинные, пищеблоki.

Комфортные условия среды обитания обуславливаются в удержании физиологических и эмоциональных внешних возбудителей на оптимальном уровне адаптационных возможностей человека. Российскими судовыми нормативными документами не предусмотрено определение качества воздуха. Но если обратиться в свод правил СП 60.13330.2012 СНиП 41-01-2003. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [9] можно найти определение. «Качество воздуха – состав воздуха в помещении, при котором при длительном воздействии на человека обеспечивается оптимальное или допустимое состояние организма человека» [9]. В документе [9] дополнительно сформулированы определения оптимального и допустимого качества воздуха:

– «*оптимальное качество воздуха* – состав воздуха в помещении, при котором при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивается комфортное (оптимальное) состояние организма человека» [9];

– «*допустимое качество воздуха* – состав воздуха в помещении, при котором при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивается допустимое состояние организма человека» [9].

Также пункт 4.2 [9] гласит: «В зданиях следует предусматривать технические решения, обеспечивающие:

а) взрывопожаробезопасность систем внутреннего теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования [9];

б) нормируемые параметры микроклимата и концентрацию вредных веществ в воздухе обслуживаемой зоны помещений жилых, общественных зданий и сооружений и общественных зданий административного назначения согласно СП 44.13330, ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.2645, СанПиН 2.1.3.2630, СанПиН 2.4.1.1249 и требованиям настоящего свода правил [9];

в) нормируемые параметры микроклимата и концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных, лабораторных и складских помещений в зданиях любого назначения согласно ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.2.4.548 и требованиям настоящего свода правил [9];

г) нормируемые уровни шума и вибраций в здании при работе оборудования и систем теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования (далее – отопительно-вентиляционного оборудования) согласно СП 51.13330 [9].

д) нормируемое качество воздуха [9];

е) нормируемую чистоту воздуха в чистых помещениях [9];

ж) охрану атмосферного воздуха от вентиляционных выбросов вредных веществ [15];

и) ремонтпригодность систем внутреннего теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования» [9].

Таким образом, мы видим, что в нормативных документах, относящихся к судостроению и эксплуатации флота, отсутствуют некоторые немаловажные требования, которые отмечены в тексте выше.

Такие же недочеты можно обнаружить, проанализировав технические регламенты водного транспорта и регламента о безопасности зданий и сооружений и свести нормируемые параметры в таблицу 1 [3,4,10].

Таблица 1

Сравнение технических регламентов внутреннего водного транспорта, морского транспорта и регламента зданий и сооружений касательно систем вентиляции

Технический регламент о безопасности		
Объектов внутреннего водного транспорта	Объектов морского транспорта	Зданий и сооружений
П 174. Должна быть предусмотрена искусственная вентиляция жилых, служебных, санитарно-гигиенических, машинных, аккумуляторных, грузовых помещений, помещений грузовых насосов, коффердамов, камбузов и помещений пищеблоков, отделений холодильных машин, туннелей валопроводов, отвечающая требованиям настоящего технического регламента и международных договоров Российской Федерации. Вентиляция машинных помещений должна обеспечивать приток воздуха, необходимого для обслуживания и работы объектов энергетической	П 143. К вентиляции, водоснабжению и отоплению предъявляются следующие требования: а) должна быть предусмотрена искусственная вентиляция жилых, служебных, санитарно-гигиенических, машинных, аккумуляторных, грузовых насосных помещений, камбузов и помещений пищеблоков, отделений холодильных машин и туннелей валопроводов. Вентиляция машинных помещений должна обеспечивать приток воздуха, необходимого для обслуживания и работы объектов энергетической установки при спецификационных условиях эксплуатации	Статья 10. Требования безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях П.2. Здание или сооружение должно быть спроектировано и построено таким образом, чтобы в процессе эксплуатации здания или сооружения обеспечивались безопасные условия для проживания и пребывания человека в зданиях и сооружениях по следующим показателям: 1) качество воздуха в производственных, жилых и иных помещениях зданий и сооружений и в рабочих зонах производственных зданий и сооружений; 6) микроклимат помещений; 10) уровень ионизирующего излучения в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих

Технический регламент о безопасности		
Объектов внутреннего водного транспорта	Объектов морского транспорта	Зданий и сооружений
установки при предусмотренных проектом характеристиках воздухопотребления объектов энергетической установки и условиях эксплуатации судна. Должно обеспечиваться удаление воздуха из нижних зон помещений, а также из мест под настилом, где возможно скопление газов тяжелее воздуха. П 175. Помещение аварийного дизель-генератора должно быть оборудовано устройством, обеспечивающим достаточный приток воздуха для работы дизель-генератора с полной нагрузкой во всех условиях эксплуатации при закрытых дверях и люках. П. 176. Закрытые помещения и грузовые трюмы, предназначенные для перевозки автотранспорта и другой подвижной техники с топливом в баках, должны оборудоваться независимой искусственной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей не менее: а) 10-кратного обмена воздуха в час на паромах и пассажирских судах, перевозящих более 36 пассажиров; б) 6-кратного обмена воздуха на иных судах. П. 177 Приемные отверстия системы вентиляции должны располагаться на высоте не менее 2,4 метра над уровнем палубы и на расстоянии не менее 5 метров от отверстий танков и 10 метров от отверстий предохранительных клапанов. П. 178 Конструкция вентиляторов в максимальной степени должна исключать возможность искрообразования [3].	судна. Необходимо обеспечить удаление воздуха из нижних зон помещений, а также мест под настилом, где возможно скопление газов тяжелее воздуха; б) помещение аварийного дизель-генератора должно быть оборудовано устройством, обеспечивающим приток воздуха для работы дизель-генератора с полной нагрузкой во всех условиях эксплуатации при закрытых дверях (люках); в) закрытые помещения и грузовые трюмы, предназначенные для перевозки автотранспорта и другой подвижной техники с топливом в баках, должны оборудоваться независимой искусственной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей не менее 10-кратный обмен воздуха в час на пароме и пассажирском судне, перевозящем более 36 пассажиров, и 6-кратный обмен воздуха на ином судне; г) конструкция вентиляторов в максимальной степени должна исключать возможность искрообразования; д) при проектировании и изготовлении систем водоснабжения, отопления и вентиляции должна быть разработана система мер, обеспечивающих безопасность экипажей судов и пассажиров в случае возникновения неблагоприятных аварийных ситуаций (пожар, взрыв, утечка токсических соединений, поступление в окружающую среду опасных и вредных факторов биологической, химической или физической природы); П. 139 б. при нормальных условиях эксплуатации судна вентиляция машинных помещений должна быть	зонах производственных зданий и сооружений, а также на прилегающих территориях. Статья 20. Требования к обеспечению качества воздуха 1. В проектной документации зданий и сооружений должно быть предусмотрено оборудование зданий и сооружений системой вентиляции. В проектной документации зданий и сооружений может быть предусмотрено оборудование помещений системой кондиционирования воздуха. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать подачу в помещения воздуха с содержанием вредных веществ, не превышающим предельно допустимых концентраций для таких помещений или для рабочей зоны производственных помещений. 2. В проектной документации здания и сооружения с помещениями с пребыванием людей должны быть предусмотрены меры по: 1) ограничению проникновения в помещения пыли, влаги, вредных и неприятно пахнущих веществ из атмосферного воздуха; 2) обеспечению воздухообмена, достаточного для своевременного удаления вредных веществ из воздуха и поддержания химического состава воздуха в пропорциях, благоприятных для жизнедеятельности человека; 3) предотвращению проникновения в помещения с постоянным пребыванием людей вредных и неприятно пахнущих веществ из трубопроводов систем и устройств канализации, отопления, вентиляции, кондиционирования, из воздухопроводов и технологических трубопроводов, а также выхлопных газов из встроенных автомобильных стоянок; 4) предотвращению проникновения почвенных газов (радона, метана) в помещения, если в процессе инженерных изысканий обнаружено их наличие на терри-

Технический регламент о безопасности		
Объектов внутреннего водного транспорта	Объектов морского транспорта	Зданий и сооружений
	достаточной для предотвращения скопления паров нефтепродуктов [4].	тории, на которой будут осуществляться строительство и эксплуатация здания или сооружения [10].

Проанализировав документы [3,4,10] можно сделать общие выводы касательно систем вентиляции:

- в помещениях в принципе должна присутствовать система вентиляции;
- при проектировании систем вентиляции машинных помещений должен быть предусмотрен приток свежего воздуха, необходимого для нормальной эксплуатации и обслуживания энергетической установки при расчетных показателях потребления воздуха, а также следует избегать появления застойных зон, и предусмотреть удаление воздуха из нижних зон помещений, в том числе из мест под настилом.
- предусмотрены типовые конструктивные решения для расположения приемных и вытяжных отверстий вентиляционных каналов.

Однако есть существенный недочет в регламентах [3,4] касательно качества воздуха: не учитываются требования по поддержанию оптимального и допустимого микроклимата для здоровья человека. Нахождение на судне людей столь же естественно, как и в зданиях. Следовательно, регламенты [3,4] должны включать в себя объем требований к микроклимату помещений и качеству воздуха не менее указанного в техническом регламенте по безопасности зданий и сооружений [10].

Нормы микроклимата для судовых помещений регламентируются СанПиНом 2.5.2-703-98 [5], помещения, в свою очередь, разделены по группам согласно их назначению. Так как на судах присутствуют жилые, служебные и производственные помещения, целесообразно проводить сравнение сразу с несколькими стандартами с соответствующими зонами ответственности: ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные» [11] и ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [12]. Сравнение норм приведено в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение норм микроклимата судовых помещений с нормами в жилых и общественных зданиях и воздухе рабочей зоны

Наименование помещений	СанПиН 2.5.2-703-98			ГОСТ 30494-2011							
	Температура воздуха, °C	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность, %	Температура воздуха, °C		Результующая температура, °C		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
Жилая комната, общественные, медицинские	21-22	0,15-0,25	40-60	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,15	0,2
Санитарно-бытовые: прачечные, гладильные	не ниже 16	0,15–0,5	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Санитарно-											

Наименование помещения	СанПиН 2.5.2-703-98			ГОСТ 30494-2011							
	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность, %	Температу- ра воздуха, °С		Результы- рующая тем- пература, °С		Относитель- ная влаж- ность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
гигиенические:											
- туалеты	то же	Не норми- руется	Не норми- руется	19-21	18-26	18-20	17-25-	Не норми- руется	Не норми- руется	0,15	0,2
- умывальные, санблоки с ду- шем	20	Не норми- руется	Не норми- руется	24-26	18-26	23-27	17-26	Не норми- руется	Не норми- руется	0,15	0,2
Ванная, совме- щенный сан- узел***											
- душевые, раз- девалыные	25	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется	Не норми- руется
- камбузы, по- мещения кипя- тильников, по- судомоечные	не ниже 16	до 0,5	Не норми- руется	19-21	18-26	18-20	17-25	Не норми- руется	Не норми- руется	0,15	0,2
Кухня***											
Служебные: ходовые, штур- манские, радио- рубки	19–20	0,15–0,25	40–60	19- 21*	18- 23*	18- 20*	17-22*	45-30*	60*	0,2*	0,3*
Машинные:				ГОСТ 12.1.005-88**							
- на рабочих площадках в машинных и котельных от- делениях с по- стоянной вах- той при отсут- ствии ЦПУ	не ниже 12 при нера- ботающих механиз- мах	0,3–0,5 в рабочей зоне	Не нормируется	18-20	23-17	40-60	75	Не нормируется	Не нормируется	0,2	0,3
- на рабочих площадках в машинных и котельных от- делениях без постоянной вахты и других помещениях с тепловыделе- ниями	не ниже 12 при нерабо- тающих механизмах	0,3–0,5 в рабочей зоне	Не нормируется	18– 20	24-15	40-60	75	Не нормируется	Не нормируется	0,2	0,3

Наименование помещения	СанПиН 2.5.2-703-98			ГОСТ 30494-2011							
	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность, %	Температура воздуха, °С		Результующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
- в ЦПУ	19–21	до 0,3 в рабочей зоне	40–60	19–21*	18–23*	18–20*	17–22*	45–30*	60*	0,2*	0,3*
- в машинных помещениях без тепловыделений, в мастерских	15–17	то же	Не нормируется	18–20	23–17	40–60	75	Не нормируется	Не нормируется	0,2	0,3

* – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в обслуживаемой зоне общественных и административных зданий [11], категория помещения 2.

** – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений категории работ IIa (относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением изделий до 1кг) или в положении стоя или сидя при небольшом физическом напряжении) по ГОСТ 12.1.005-88 [12].

*** – наименования помещений по ГОСТ 30494-2011 [11]

Для дальнейшего анализа норм микроклимата сравним нормы воздухообмена по СанПиН 2.5.2-703-98 [5] и СНиП 31-01-2003 [13] в таблице 3.

Таблица 3

Сводная таблица параметров воздухообмена помещений
СанПиН 2.5.2-703-98 и СНиП 31-01-2003

Помещения	СанПиН 2.5.2-703-98				СНиП 31-01-2003	
	Расчетное количество приточного воздуха (расчетный воздухообмен) в теплый период, куб. м/ч, обм./ч	Минимальная норма подачи воздуха на 1 человека, куб. м/ч	Расчетное количество вытяжного воздуха, куб. м/ч, обм./ч	Примечание	Кратность или величина воздухообмена, м³ в час, не менее	
Жилые (каюты)	по расчету на ассимиляцию избыточных тепловыделений	33	по балансу с притоком		0,2	1,0
Общественные:				автономная система		
пассажирские салоны, столовые-каюткомпании, рестораны и т.п.	то же	20	то же		0,2	1,0
Санитарно-бытовые:				автономная		

Помещения	СанПиН 2.5.2-703-98				СНиП 31-01-2003	
	Расчетное количество приточного воздуха (расчетный воздухообмен) в теплый период, куб. м/ч, обм./ч	Минимальная норма подачи воздуха на 1 человека, куб. м/ч	Расчетное количество вытяжного воздуха, куб. м/ч, обм./ч	Примечание	Кратность или величина воздухообмена, м ³ в час, не менее	
				система	в нерабочем режиме	в режиме обслуживания
- прачечные	то же	33	на 5 обм./ч больше притока		0,5	90 м ³
- гладильные	5 обм./ч	33	7 обм./ч		0,5	90 м ³
- сушильные	30 обм./ч	Не нормируется	35 обм./ч		0,5	90 м ³
- кладовые белья	5 обм./ч	Не нормируется	7 обм./ч		0,2	0,2
- помещения спецодежды	6 обм./ч	Не нормируется	8 обм./ч		0,5	90 м ³
Санитарно- гигиенические помещения:				вытяжная автономная система		
- туалеты, санузлы, санблоки	Не нормируется	Не нормируется	50 куб. м/ч на 1 унитаз и 25 куб. м/ч на пис суар		0,5	25 м ³
- умывальные, душевые, раздевательные	Не нормируется	33	10 обм./ч		0,5	25 м ³
Медицинского назначения:				автономная система		
- амбулатория	по расчету на ассимиляцию избыточных тепловыделений	33	по балансу с притоком		Не нормируется	Не нормируется
- изолятор, медицинская каюта	То же	50	по балансу с притоком		Не нормируется	Не нормируется
Пищеблок:				автономная система		
- камбузы, посудомоечные	по расчету на ассимиляцию избыточных тепловыделений	50	на 5 обм./ч больше притока		0,5	60 м ³
- заготовочные	6 обм./ч	33	8 обм./ч		0,5	60 м ³
продовольственные кладовые:						
- мяса, рыбы	2–4 обм./сут.	Не нормируется	по балансу с притоком		Не нормируется	Не нормируется
- молочных про-	1–2 обм./сут.	Не норми-	То же		Не норми-	Не норми-

Помещения	СанПиН 2.5.2-703-98				СП 31-01-2003	
	Расчетное количество приточного воздуха (расчетный воздухообмен) в теплый период, куб. м/ч, обм./ч	Минимальная норма подачи воздуха на 1 человека, куб. м/ч	Расчетное количество вытяжного воздуха, куб. м/ч, обм./ч	Примечание	Кратность или величина воздухообмена, м³ в час, не менее	
					в нерабочем режиме	в режиме обслуживания
дуктов, яиц		руется			руется	руется
- овощей и картофеля	4–5 обм./сут.	Не нормируется	То же		Не нормируется	Не нормируется
- сухих продуктов	5 обм./сут.	Не нормируется	То же		Не нормируется	Не нормируется
- суточного запаса хлеба	1 – 2 обм./сут.	Не нормируется	То же		Не нормируется	Не нормируется
Служебные:						
- ходовые, штурманские, радиорубки, багермейстерские	по расчету на ассимиляцию избыточных тепловыделений	33	по балансу с притоком		Не нормируется	Не нормируется
Машинные:				автономная система		
помещения главных двигателей, дизельгенераторов, котлов	то же	Не нормируется	по балансу с притоком за вычетом воздуха, потребляемого двигателями, котлами		Не нормируется	Не нормируется
ЦПУ	то же	50	по балансу с притоком		Не нормируется	Не нормируется
- мастерские	то же	50	то же		Не нормируется	Не нормируется
- насосные отделения танкеров	30–40 обм./ч	Не нормируется	40 -50 обм./ч		Не нормируется	Не нормируется
- помещения холодильных машин	по балансу с вытяжкой	Не нормируется	20 обм./ч		Не нормируется	Не нормируется
- шкиперские, малярные	то же	Не нормируется	12 обм./ч		Не нормируется	Не нормируется
Помещения:						
- станций ППВ (с применением озона)	то же	Не нормируется	8 обм./ч	вытяжная автономная система	Не нормируется	Не нормируется
- станций ООСВ	то же	Не нормируется	10 обм./ч		Не нормируется	Не нормируется
- установок углекислого пожаротушения	то же	Не нормируется	10 обм./ч		Не нормируется	Не нормируется

Из данной таблицы видно, что судостроительные требования в плане воздухообмена являются более жесткими.

При этом СанПиН 2.5.2-703-98 [5] предупреждает об исключении возможности попадания в воздухозаборные устройства загрязненного воздуха, газов и воды, но не учитывает предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, которые необходимо брать во внимание в условиях порта с изначально загрязненной атмосферой.

В связи с вышеизложенным, к судовым системам вентиляции целесообразно применить требования ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [12]. Настоящий стандарт предусматривает нормы к качеству воздуха рабочей зоны хозяйственных предприятий и оптимальные показатели микроклимата в соответствии с выполняемой категорией работ в помещении (таблица 4). Процессы, производимые на судне, по классификации стандарта [12] соответствуют категории работ Iб – легкая физическая работа (энергозатраты 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), «работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением» [12]).

Таблица 4

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с категорией работ Iб

Период года	Температура воздуха, °С					Относительная влажность, %		Скорость дви- жения воздуха, м/с, не более	
	Опти- маль- ная	Допустимая							
		Верхняя граница				Опти- маль- ная	Допус- тимая, не более	Опти- маль- ная, не более	Допус- тимая не более
		На рабочих мес- тах		Нижняя граница					
		Постоянных							
		24	Непо- стоян- ных	Посто- янных	Непо- стоян- ных				
Холод- ный	21–23	28	25	20	17				
Теплый	22–24					40–60	60 (при 27°С)	0,2	0,1– 0,3

В стандарте ГОСТ 12.1.005-88 также приводятся определения оптимальных и допустимых микроклиматических условий.

«Оптимальные микроклиматические условия – сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции» [12].

«Допустимые микроклиматические условия – сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности» [12].

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест.

Установлены нормы содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны которые не должны превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций – максимально разовых рабочей зоны (ПДК_{мр.рз}) и среднесменных рабочей зоны (ПДК_{сс.рз}) [12].

Кроме превышения предельно допустимой концентрации по какому-либо веществу одновременно в воздухе могут содержаться вещества одонаправленного действия [12]:

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1 \quad (1),$$

где K_1, K_2, K_n – концентрация 1, 2, ..., n вредного вещества, близких по химическому строению и характеру влияния на организм человека, мг/м³,

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимая концентрация 1, 2, 3, ..., n вредного вещества, близких по химическому строению и характеру влияния на организм человека, мг/м³ [12].

Известен документ ГОСТ Р ЕН 13779-2007 «Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования» [14]. Стандарт идентичен международному, он не противоречит документам, указанным в настоящей статье, но и не дополняет их.

Обеспечение оптимальных микроклиматических условий выполняется смежной работой нескольких систем: вентиляции, кондиционирования и отопления. Причиной тому разница температур и влажности воздуха окружающей среды и теми самими оптимальными микроклиматическими условиями. В теплый период воздух в помещении охлаждается системой кондиционирования ранее применялись центральные системы кондиционирования, в настоящее время используются сплит-системы, обеспечивающие для каждого отдельного помещения свои оптимальные параметры воздуха. В холодный период, наоборот, требуется подогрев, для чего успешно служит система отопления, которая тоже имеет несколько вариаций исполнения: воздушное, водяное, паровое. Система вентиляции главной своей задачей несет обеспечение необходимого воздухообмена в помещении.

Стоит помнить, что в наше время, зачастую в системах приточной вентиляции используются разнообразные фильтры, а также кондиционеры для очистки и обеззараживания загрязненного воздуха. Химический состав воздуха после фильтрации остаётся тем же, однако он стал «мёртвым». Проходя слой фильтра, воздух оставляет на нем все свои электрические заряды [15]. Для избежания негативного влияния аэроионной недостаточности или избытка аэроионов существует СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» [16], который устанавливают санитарные требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений.

Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха производственных и общественных помещений являются:

- концентрации аэроионов (минимально допустимая и максимально допустимая) обоих полярностей p^+, p^- определяемые как количество аэроионов в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³) [16].

- коэффициент униполярности $У$ (минимально допустимый и максимально допустимый), определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности [16].

Значения нормируемых показателей концентраций аэроионов и коэффициента униполярности [16] приведены в таблице 5.

Таблица 5

**Нормируемые показатели концентраций аэроионов
и коэффициента униполярности**

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов, p (ион/см ³)		Коэффициент униполярности Y
	положительной полярности	отрицательной полярности	
Минимально допустимые	$p^+ \geq 400$	$p^- > 600$	$0,4 \leq Y < 1,0$
Максимально допустимые	$p^+ < 50000$	$p^- \leq 50000$	

Обеспечение допустимой концентрации аэроионов производится специальным прибором, получившем название ионизатор.

К сожалению, данный нормативный документ не пользуется популярностью при проектировании судов.

Вывод

Проведенный анализ нормативной и технической документации, посвященный вопросам качества воздуха и микроклимата помещений судов, выяснил, что решение проблемы повышения санитарно – гигиенических условий при проектировании систем осуществимо только при соблюдении актуальных требований, санитарных норм и норм аэроионификации.

Таким образом, в качестве рекомендации при проектировании судовых систем вентиляции и кондиционирования воздуха, с учетом самых строгих требований действующей нормативной документации следует соблюдать наиболее жесткие:

- 1) К качеству воздуха и микроклимата помещений следует применять для:
 - жилых и санитарно-бытовых СанПиН 2.5.2-703-98 [5];
 - санитарно-гигиенических и служебных помещений, камбуза ГОСТ 30494-2011 [11];
 - машинных ГОСТ 12.1.005-88[12].
- 2) Предусматривать уровень аэроионного состава в жилых и общественных помещениях, в рабочих зонах согласно требований СанПиН 2.2.4.1294-03 [16].

Однако необходимо учитывать и тот факт, что состояние воздуха и тепло-влажностные выделения в судовых помещениях и помещениях зданий и сооружений, находящихся на берегу несколько отличаются. Следовательно, методы и способы обеспечения соответствующих параметров микроклимата, качества воздуха и уровня аэроионного состава для судов следует проработать экспериментально.

При проектировании указанных систем необходимо соблюдение основных требований к судовому оборудованию:

1. Компактность, определяемая массогабаритными характеристиками оборудования судовых помещений;
2. Малое энергопотребление для уменьшения стоимости эксплуатации судна;
3. Устойчивость к работе в условиях повышенной вибрации;
4. Материалы и технологии изготовления должны иметь одобрение Регистра для обеспечения надежности при эксплуатации.

Таким образом, при решении вопроса обеспечения качества воздуха современными, комплексными методами и приемами можно добиться положительного эффекта в экономическом и экологическом аспектах.

Список литературы:

- [1] Чиняев И.А. Судовые системы. Учебник для вузов водн. трансп 3 е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 216 с.
- [2] РД5.5584-89 Системы кондиционирования воздуха и вентиляции судов. Правила проектирования. Москва, 1990 – 269с.
- [3] Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 года N 623 (с изменениями на 29 мая 2018 года)
- [4] Технический регламент о безопасности объектов морского транспорта. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации 12 августа 2010 года N 620 (с изменениями на 29 июля 2017 года)
- [5] Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.5.2-703-98. – М.: Минздрав России, 1998. – 144с.
- [6] Российский Речной Регистр, Правила (в 4-х томах), 2015 г. м 3. Электронный аналог печатного издания, утвержденного от 22.06.2018 № 48-п (об Извещении № 7). 2018.
- [7] Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VIII Системы и трубопроводы. Электронный аналог печатного издания, утвержденного 03.10.17
- [8] ГОСТ 24389-89 Системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления судов. Расчетные параметры воздуха и расчетная температура забортной воды. Москва, 1990 – 19с.
- [9] СП 60.13330.2012 «СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». 2013. – 54с.
- [10] Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Принят Государственной Думой 23 декабря 2009 (ред. от 02.07.2013)
- [11] ГОСТ 30494-2011 Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС). 2012 – 23с.
- [12] «ГОСТ 12.1.005-88 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000) – 78с.
- [13] «СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные». Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила российской федерации (принят Постановлением Госстроя РФ от 23.06.2003 N 109) 2003 – 26с.
- [14] ГОСТ Р ЕН 13779-2007 «Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования». Стандартиформ, 2008 – 49с.
- [15] Чижевский А.Л. Руководство по применению ионизированного воздуха в промышленности, сельском хозяйстве и в медицине. Методические указания при пользовании аэроионизационными установками «Союзсантехники». Москва, Госпланиздат, 1959 г. (Повторно полностью опубликовано в ЖРФМ, 1991, № 2, стр. 23–60).
- [16] СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиена труда. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений». Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Минздрав России. Москва 2003 – 5с.

THE ACTUALITY OF IMPROVING SYSTEMS FOR MAINTENANCE OF THE MICROCLIMATE OF SHIP SPACES TO MEET MODERN REGULATORY REQUIREMENTS

D.S. Mizgirev, Dr.Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of lifting and transport machines and machine repair Volga State University of Water Transport

M.A. Borisov, postgraduate of the Department of lifting and transport machines and machine repair Volga State University of Water Transport

V.N. Vlasov, senior lecturer of the Department of lifting and transport machines and machine repair Volga State University of Water Transport
603951, Nizhniy Novgorod, Nesterov str., 5

Key words: air quality, microclimate, microclimate of ship spaces, the microclimate of ship's rooms, the ventilation ship system, optimal microclimatic conditions, allowable microclimatic conditions, regulations, regulatory requirements. air ionization.

The actuality of requirements to the systems of the microclimate of ship spaces to meet modern regulations is considered in the present article. The aim of the work is to review the norms, rules and requirements concerning the microclimate and air quality in the premises of ships. The existing regulations have been in action for more than 15 years and do not cover the full range of assessments. This paper reviews and compares the requirements with the norms of international norms and standards. The more stringent requirements that should be applied in the design of ventilation and air conditioning systems, as well as ensuring the microclimate of the ship's premises are identified. To achieve modern requirements for air quality and maximum effect in economic and environmental aspects, it is necessary to use modern universal methods and techniques.

References:

- [1] CHinyaev I.A. Sudovye sistemy. Uchebnik dlya vuzov vodn. transp 3 e izd. pererab. i dop. – M.: Transport, 1984. – 216 s.
- [2] RD5.5584-89 Sistemy konditsionirovaniya vozdukha i ventilyatsii sudov. Pravila proektirovaniya. Moskva, 1990 – 269s.
- [3] Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti ob"ektov vnutrennego vodnogo transporta. Utverzhden postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 12 avgusta 2010 goda N 623 (s izmeneniyami na 29 maya 2018 goda)
- [4] Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti ob"ektov morskogo transporta. Utverzhden postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii 12 avgusta 2010 goda N 620 (s izmeneniyami na 29 iyulya 2017 goda)
- [5] Suda vnutrennego i smeshannogo (reka-more) plavaniya. Sanitarnye pravila i normy: SanPiN 2.5.2-703-98. – M.: Minzdrav Rossii, 1998. – 144s.
- [6] Rossiyskiy Rechnoy Registr, Pravila (v 4-kh tomakh), 2015g. m 3. Elektronnyy analog pechatnogo izdaniya, utverzhdenno ot 22.06.2018 № 48-p (ob Izveshchenii № 7). 2018.
- [7] Rossiyskiy Morskoy Registr Sudokhodstva. Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov. CHast' VIII Sistemy i truboprovody. Elektronnyy analog pechatnogo izdaniya, utverzhdenno 03.10.17
- [8] GOST 24389-89 Sistemy konditsionirovaniya vozdukha, ventilyatsii i otopleniya sudov. Raschetnye parametry vozdukha i raschetnaya temperatura zabortnoy vody. Moskva, 1990 – 19s.
- [9] SP 60.13330.2012 «SNiP 41-01-2003. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha». 2013. – 54s.
- [10] Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy. Prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 23 dekabrya 2009 (red. ot 02.07.2013)
- [11] GOST 30494-2011 Mezhgosudarstvennyy standart. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh. Mezhgosudarstvennaya nauchno-tekhnicheskaya komissiya po standartizatsii, tekhnicheskomu normirovaniyu i otsenke sootvetstviya v stroitel'stve (MNTKS). 2012 – 23s.
- [12] «GOST 12.1.005-88 Mezhgosudarstvennyy standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Obshchie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozdukhу rabochey zony» (utv. i vveden v deystvie Postanovleniem Gosstandarta SSSR ot 29.09.1988 N 3388) (red. ot 20.06.2000) – 78s.
- [13] «SNiP 31-01-2003. Zdaniya zhilye mnogokvartirnye». Sistema normativnykh dokumentov v stroitel'stve. Stroitel'nye normy i pravila rossiyskoy federatsii (prinyat Postanovleniem Gosstroya RF ot 23.06.2003 N 109) 2003 – 26s.
- [14] GOST R EN 13779-2007 «Ventilyatsiya v nezhilykh zdaniyakh. Tekhnicheskie trebovaniya k sistemam ventilyatsii i konditsionirovaniya». Standartinform, 2008 – 49s.

[15] CHizhevskiy A.L. *Rukovodstvo po primeneniyu ionizirovannogo vozdukha v promyshlennosti, sel'skom khozyaystve i v meditsine. Metodicheskie ukazaniya pri pol'zovanii aroionifikatsionnymi ustanovkami «Soyuzsantekhniki»*. Moskva, Gosplanizdat, 1959g. (Povtorno polnost'yu opublikovano v ZHRFM, 1991, № 2, str. 23-60).

[16] SanPiN 2.2.4.1294-03 «Gigiena truda. Fizicheskie faktory proizvodstvennoy sredy. Gigienicheskie trebovaniya k aeroionnomu sostavu vozdukha proizvodstvennykh i obshchestvennykh pomeshcheniy». Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. Minzdrav Rossii. Moskva 2003 – 5s.

Статья поступила в редакцию 30.01.2019 г.

УДК 629.5.035.5

Д.И. Осовский, к.т.н., доцент кафедры судовых энергетических установок

ФГБОУ ВО «КГМТУ», e-mail: seykgmtu@gmail.com

А.С. Шаратов, инженер-механик I кат. учебно-научной лаборатории

«Машинный зал кафедры СЭУ», ФГБОУ ВО «КГМТУ», e-mail: relicts@narod.ru

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГРЕБНОГО ВИНТА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ СТРУЙНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОДЫ НА ЛОПАСТИ

Ключевые слова: гребной винт, целевая насадка, струйное воздействие, экспериментальное исследование, вычислительная гидродинамика, коэффициент, ограниченное пространство

Тепловая и механическая напряженность главного двигателя, работающего на гребной винт фиксированного шага, зависит от изменяющихся условий эксплуатации. Ограничение влияния внешних условий эксплуатации на главный двигатель может быть достигнуто путем подачи дополнительной воды на лопасти гребного винта. Целенаправленное изменение параметров воды, подаваемой через лопастные целевые насадки, обеспечивает изменение гидродинамических параметров гребного винта, а также тепловой и механической напряженности главного двигателя. Возможность проведения экспериментального исследования гребных винтов, со струйным воздействием воды, при эксплуатации главной энергетической установки ограничена условиями эксплуатации судна. Для подтверждения теоретических данных актуально экспериментальное исследование гребных винтов в гидродинамических трубах, а также численное моделирование процессов в комплексах вычислительной гидродинамики. При исследовании гребного винта со струйным воздействием жидкости в гидродинамической трубе, по сравнению с теоретическими данными установлена постоянная погрешность эксперимента. Наличие постоянной погрешности при экспериментальном исследовании, учитываемой поправочным коэффициентом обусловлено влиянием ограниченного пространства гидродинамической трубы. Известные коэффициенты, характеризующие работу гребных винтов в стесненном пространстве, не в полной мере учитывают особенности работы гребного винта со струйным воздействием. С целью определения поправочного коэффициента проведено численное моделирование моделей экспериментального стенда и исследуемого гребного винта в комплексе вычислительной гидродинамики. По результатам расчетного исследования получена зависимость поправочного коэффициента, учитывающего влияние стесненного пространства на результаты экспериментального исследования гребного винта, оснащенного целевой насадкой дополнительного струйного воздействия. При использовании комплекса вычислительной гидродинамики определено влияние расчетной области

на достоверность получаемых результатов и доверительный интервал полученных значений коэффициента. Полученные результаты могут использоваться для уточнения размеров расчетной области при численном исследовании и выбора оптимальных размеров гидродинамических труб при эксперименте. В дальнейшем, представляет интерес исследований гребных винтов путем параллельного моделирования процессов в гидродинамической трубе и ее 3D копии в комплексе вычислительной гидродинамики.

Введение

Работа главного двигателя на винт фиксированного шага характеризуется зависимостью тепловой и механической напряженности главного двигателя от условий эксплуатации судна. Гидрометеорологические факторы и состояние элементов пропульсивного комплекса оказывает существенное влияние на режим работы гребного винта, определяющего в свою очередь тепловую нагрузку главного двигателя. Анализ влияния гидродинамических характеристик гребного винта на режимы работы главного двигателя (ГД) может быть выполнен двумя путями: экспериментальным исследованием [1] и численным моделированием [2].

Экспериментальное исследование работы главного двигателя на винт фиксированного шага в эксплуатационных условиях имеет ряд ограничений. Возможность проведения экспериментов на судах, находящихся в эксплуатации, ограничена и связана с конкретными условиями эксплуатации судна. Некоторые режимы работы главной энергетической установки, необходимые для экспериментального исследования могут быть недопустимы или опасны в рамках технической эксплуатации судна. Качественно возможно лишь накопление технических данных. При сборе данных, характеризующих режим работы главной энергетической установки (ГЭУ), проявляется погрешность, связанная с переменным воздействием на судно внешних факторов (условий эксплуатации). При этом повторяемость экспериментов может быть достигнута только при благоприятных условиях, при которых двигатель будет работать в пределах одной винтовой характеристики [3].

Зависимость тепловой нагрузки главного двигателя от гидродинамических параметров гребного винта фиксированного шага, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия, в соответствии с требованиями по обеспечению повторяемости экспериментов может быть определена путем модельных исследований в экспериментальных установках.

Особенностью экспериментального исследования гидродинамических комплексов в замкнутых трубах является постоянное отличие характеристик гребных винтов по сравнению с натурными испытаниями, что учитывается введением поправочных коэффициентов к результатам экспериментальных исследований.

При проведении модельных исследований гребных винтов в гидродинамических трубах важно сохранение подобия моделей, а также учет влияния сопоставимости размеров исследуемого объема жидкости и модели. Ограничения по размерам экспериментальных стендов, влияние ограниченного исследуемого пространства и стеснения потока должны быть учтены при проведении эксперимента [4].

Размещение гребного винта в экспериментальном стенде – гидродинамической трубе приводит к снижению концевых потерь лопастной системы, выравниванию неоднородности внешнего потока скоростей. Суммарное снижение потерь приводит к повышенной эффективности гребного винта в гидродинамической трубе по сравнению с реальными эксплуатационными значениями открытого винта в безграничном потоке.

Экспериментальные исследования гребных винтов в установках типа «гидродинамическая труба» имеют также ряд дополнительных ограничений [5]. Проведение значительного числа экспериментов связано со значительными затратами времени и ресурсов, требует изготовления моделей гребных винтов, определяя трудоемкость и ресурсоемкость исследования.

Альтернативным вариантом эксперимента является применение методов численного моделирования. Имеется большое количество подтвержденных и хорошо зарекомендовавших себя методов численного моделирования [6]-[9], дающих результаты, сопоставимые с экспериментальными исследованиями. Представляется возможным заменить часть экспериментальных исследований в гидродинамических трубах численным методом моделирования явлений в программном комплексе FlowVision [10].

Особенно актуальным является использование численного моделирования при исследовании дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой на лопасти гребного винта с целью целенаправленного управления теплонагруженностью главного двигателя.

Значительное увеличение вычислительных ресурсов позволяет эффективно использовать численное моделирование физических процессов для исследования взаимодействия гребных винтов с обтекающей их водой. Моделирование выполняется при помощи специальных программ вычислительной гидродинамики, наиболее распространенными из которых являются ANSYS CFX [11], FLUENT [12], FLOW SIMULATION SOLIDWORKS [13], FLOWVISION. Применение пакетов численного моделирования дает высокую точность при расчетах вязких течений. Одним из актуальных вопросов, связанным с применением вычислительной гидродинамики, является ограничение расчетного пространства с целью минимизации расчетного времени.

При исследовании гребных винтов, ограничение исследуемой области оказывает влияние на картину обтекания гребного винта и вносит погрешность в результаты расчета. Необходима точная оценка вносимой погрешности с целью подтверждения достоверности численного и экспериментального моделирования. Сложность оценки погрешности проведенных экспериментов, для гребных винтов оборудованных щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия, связана с отсутствием систематических эксплуатационных исследований влияния подачи дополнительной воды к лопастям.

Влияние эффекта ограниченного (стесненного) пространства на работу гребного винта установлено в начале 20 века [14]. Вопрос учета влияния стесненного пространства на результаты экспериментального исследования, рассмотрен в материалах [15].

При этом малое внимание уделяется оценке погрешности, связанной с ограничением пространства в зоне действия гребного винта, при экспериментальных исследованиях в гидродинамической трубе.

Малая освещенность данного вопроса связана с особым подходом при проектировании гребных винтов, заключающимся в систематических экспериментальных исследованиях серийных винтов в эксплуатации [16]. На основании экспериментальных исследований составлялись диаграммы [17], позволяющие определить гидродинамические характеристики конкретных винтов и влияние стесненного пространства на их параметры. Данный метод имеет хорошие показатели при значительных финансовых и временных затратах.

Учет влияния ограниченного пространства при несистематических исследованиях выполняется с помощью ввода поправочного коэффициента.

Величина поправочного коэффициента зависит от объекта моделирования, его свойств и характера влияния стесненного пространства на режим обтекания исследуемого объекта. Использование известных поправочных коэффициентов [18] для гребного винта с изменяемыми гидродинамическими параметрами и пониженными потерями невозможно, так как не учитывается комплексное изменение потерь энергии, и приводит к росту погрешности эксперимента. Необходимо сопоставление результатов численных и экспериментальных исследований гребного винта, с дополнительным струйным воздействием воды на лопасти, с целью определения достоверных значений поправочного коэффициента.

Цель работы: проанализировать условия проведения эксперимента и оценить влияние стесненного пространства на результаты численного моделирования и экспе-

риментального исследования режимов работы гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой на лопасти. Для уточнения результатов экспериментального исследования введен поправочный коэффициент, использование которого позволяет повысить точность, а также снизить трудоемкость и ресурсоемкость проводимых исследований.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование режимов работы гребного винта выполнено с целью оценки теплонагруженности двигателя в составе главной энергетической установки (ГЭУ).

На рис. 1 показана структурная схема моделируемой ГЭУ, которая предназначена для преобразования энергии топлива в движение судна. В соответствии с положением органа управления h главный двигатель, используя энергию топлива Q_n и воздух (O_{2+}), вырабатывает с коэффициентом полезного действия (КПД) η_e необходимое для вращения гребного винта количество механической (вращательной) энергии ΣP [19].

Главная передача преобразует с КПД η_n энергию ГД в энергию необходимого качества (энергию, обеспечивающую эффективное выполнение движителем его функций) $P_{гк}$, которая через валопровод передается с КПД валопровода η_v движителю. Последний преобразует энергию P_v в упор Y с пропульсивным коэффициентом $\eta_{пр}$, который через валопровод и упорный подшипник в составе экспериментального стенда передается на корпус.

В экспериментальном стенде, структурная схема которого показана на рис. 1, корпус судна заменен на фундаментную раму экспериментальной установки, а энергия затрачивается на преодоление гидродинамического момента сопротивления гребного винта, находящегося в гидродинамической трубе. Упор через упорный подшипник, передается на фундаментную раму экспериментальной установки. Потери в валопроводной имитируются дейдвудным устройством гидродинамической трубы.

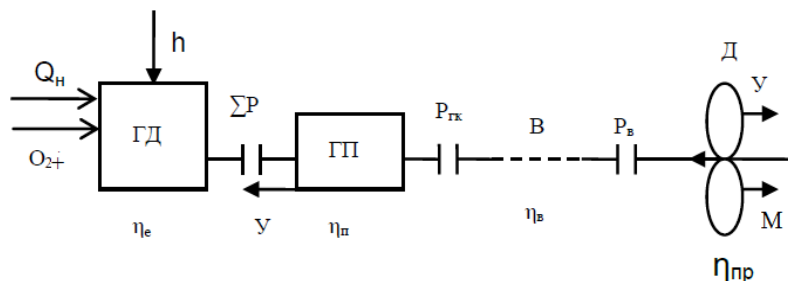


Рис. 1. Структурная схема моделируемого главного энергетического комплекса:

h – положение топливной рейки; Q_n – энергия топлива; O_{2+} – воздух;
 η_e – коэффициент полезного действия (КПД) двигателя; ГД – главный двигатель;
ГП – главная передача; ΣP – механическая энергия; η_n – КПД главной передачи;
 $P_{гк}$ – вращательная энергия передачи; η_v – КПД валопровода; P_v – энергия
подводимая к движителю; Д – движитель; $\eta_{пр}$ – пропульсивный КПД;
У – Упор; В – валопровод

В экспериментальном стенде моделируется главная энергетическая установка судна, состоящая из высокооборотного главного двигателя марки 6NVD26, оснащенного генератором постоянного тока и гребного винта фиксированного шага В-3-55 диаметром 0,5 м., оборудованного щелевой насадкой струйной подачи дополнительной воды на лопасти.

На рис. 2 показаны основные элементы и общий вид гидродинамической трубы при проведении эксперимента по исследованию гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой на лопасти.

сти. Экспериментальный стенд состоит из замкнутой трубы диаметром 0,58 м для обеспечения циркуляции воды по контуру, привода гребного вала, набора характерных и экспериментальных гребных винтов, оборудования для подачи жидкости к щелевой насадке, оборудования фиксирующего проведение эксперимента, оборудования для снятия показателей работы гребного винта в потоке жидкости.

Набегающий поток воды позволяет имитировать заглубление гребного винта, путем создания дополнительного подпора. Расстояние от места установки модели до поворота потока обеспечивает равномерное натекание потока. Приводной двигатель гребного винта оборудован контрольно-измерительными приборами, позволяющими контролировать режим работы двигателя, действующие на него нагрузки со стороны гребного винта.

Для измерения скоростного напора используются манометры, установленные до и после исследуемого винта. Для подачи дополнительной воды через щелевые насадки лопастей гребного винта используется гидрофор. Параметры подаваемой воды измеряются контрольно-измерительными приборами (КИП), находящимися на выходном фланце гидрофора.

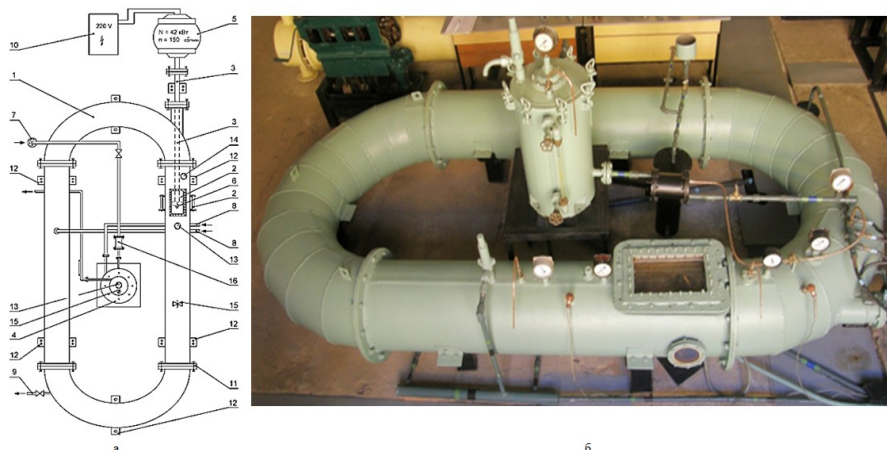


Рис. 2. Основные элементы (а) и общий вид (б) гидродинамической трубы для проведения экспериментального исследования по дополнительному струйному воздействию воды, подаваемой через щелевые насадки лопастей гребного винта: 1 – гидродинамическая труба; 2 – смотровые окна; 3 – валопровод; 4 – гидрофор; 5 – электродвигатель постоянного тока; 6 – гребной винт; 7 – трубопровод подвода сжатого воздуха к гидрофору; 8 – трубопроводы подвода воды к гидрофору и к трубе; 9 – трубопровод слива воды с гидродинамической трубы; 10 – щит управления электродвигателем; 11 – фланец соединительный гидродинамической трубы; 12 – опорные фундаменты для установки трубы; 13 – манометр давления жидкости; 14 – манометр давления жидкости в трубе до гребного винта; 15 – редукционный клапан давления воздуха гидрофора; 16 – фильтр тонкой очистки для воды, поступающей в гидрофор

На рис. 3 показаны результаты экспериментального исследования гребного винта, оборудованного щелевой насадкой струйного воздействия, в зависимости от параметров подаваемой среды.

Анализ рис. 3 позволяет говорить о наличии постоянного расхождения (постоянной погрешности) в результатах расчета гребного винта, оборудованного щелевой насадкой, по вихревой теории и экспериментальным исследованиям. Подобная разница в параметрах наблюдалась при сравнении результатов экспериментальных исследований гребного винта, до его модернизации [21], с расчетными данными по вихревой теории. Это обусловлено тем, что расчет гребного винта по вихревой теории не

учитывает влияния стесненного пространства экспериментального стенда. Стандартная поправка к влиянию стесненного пространства, используемая для гребных винтов [18] не учитывает влияние на поток дополнительного струйного воздействия воды, подаваемой на лопасти гребного винта.

Для учета влияния стесненного пространства экспериментального стенда на результаты исследования проведено численное моделирование обтекания гребного винта водой, в программном комплексе «FlowVision» [22].

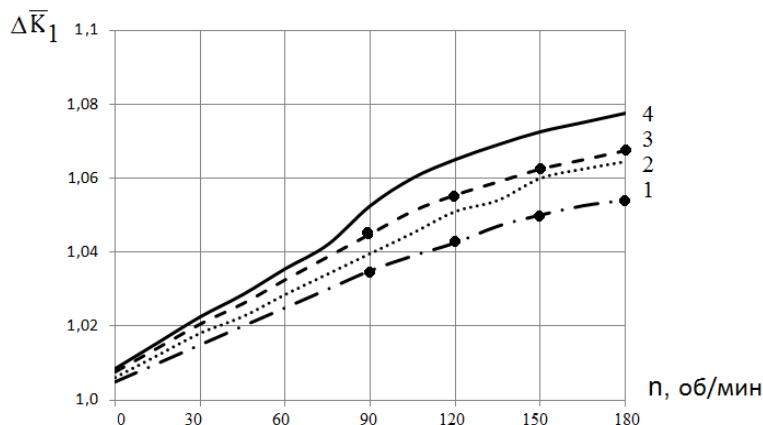


Рис. 3. Зависимость прироста относительного упора гребного винта $\Delta \bar{K}_1$, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия, от давления подаваемой воды: точки – результаты экспериментальных и теоретических исследований; линии – аппроксимирующие кривые:
1 – экспериментальное исследование при давлении вылива 0,4 МПа;
2 – расчет по вихревой теории при давлении вылива 0,4 МПа; 3 – экспериментальное исследование при давлении вылива 0,3 МПа; 4 – расчет по вихревой теории при давлении вылива 0,3 МПа

Результаты

1. Численное моделирование работы гребного винта в безграничном пространстве

Используемое для численного моделирования программное обеспечение «FlowVision» представляет собой программный комплекс вычислительной аэро- и гидродинамики [23].

FlowVision используется для моделирования потока воды, взаимодействующего с гребным винтом, и позволяет рассчитать гидродинамические параметры методом конечных объемов. Целенаправленное изменение параметров подаваемой воды на винт и щелевую насадку лопасти гребного винта позволяет реализовать различные варианты обтекания и моделировать поле возможных режимов работы ГД.

Моделирование процесса обтекания гребного винта, оборудованного щелевой насадкой струйной подачи дополнительной воды на лопасти, выполнено в программе FlowVision 2.56 [24] и состояло из следующих этапов:

1. В пакете твердотельного моделирования созданы элементы, позволяющие моделировать бесконечное пространство (параллелепипед) воды, обтекающей гребной винт, лопасти которого оборудованы щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия. Размеры параллелепипеда ($4 \times 4 \times 4$ диаметра гребного винта) выбраны в соответствии с рекомендациями [23], обеспечивающими исключение влияния ограниченности исследуемого объема воды на картину обтекания.

2. При помощи инструмента «фильтр» модель гребного винта помещалась в расчетную область (бокс). Для гребного винта задавался угол набегающего потока, частота вращения, а также параметры дополнительно подаваемой воды через щелевую насадку лопасти.

3. На основе созданного параллелепипеда (бокса) в пакете FlowVision создан проект по исследованию работы гребного винта в потоке несжимаемой жидкости. Основные параметры метода, использованные для моделируемых объектов: анизотропная стенка для гребного винта и k-ε модель турбулентности [25] для жидкости.

Граничные условия потока:

- на входе в бокс – «вход»; вектор скорости воды, направленный по нормали от грани бокса перед винтом; матрица скоростей потока воды, в каждой ячейке которой задана осевая скорость потока, набегающего на гребной винт;

- на выходе – «свободный выход»; нулевой градиент давления воды на границе, противоположной входу; параметры на границе равны значениям в близлежащих ячейках расчетной области;

- на стенках бокса «симметрия»; для симметрии использовано условие непротекания потока по параметрам скорости, для остальных параметров используется условие равенства значений переменных в симметричных границах;

- для винта – «стенка»; на границе области задается условие прилипания, т.е. обращение в ноль тангенциальной скорости потока воды;

- для выливаемой среды – «вход» с заданной по нормали скоростью на грани щелевой насадки, перпендикулярной засасывающей поверхности лопасти; матрица скоростей воды, в каждой ячейке которой задана скорость потока, направленная по нормали от поверхности истечения.

4. Расчет выполнялся для различных скоростей набегающего потока, угловой скорости вращения гребного винта и параметров подаваемой воды. Критерием сходимости служили величины выводимых программой невязок ($1 \cdot 10^{-6}$), а также динамика изменения параметров гидродинамических сил характеризующая достижение установленного режима.

На рис. 4 показано векторное поле скоростей, полученное при обтекании гребного винта с подачей дополнительной жидкости через щелевой аппарат на входной кромке подсосывающей поверхности лопасти. Результаты численного моделирования работы гребного винта при различных угловых скоростях вращения и фиксированных параметрах подаваемой воды показаны ниже на рис. 7.

Анализ градиента векторного поля скорости (рис. 4), вызванного воздействием гребного винта на поток, позволяет говорить о возможности сохранения достоверности результатов моделирования при ограничении расчетной области, при условии определения (в пределах) доверительного интервала.

С целью учета влияния ограниченного пространства на результаты моделирования, а также определения доверительного интервала рассчитываемых параметров, в программном комплексе FlowVision смоделирован экспериментальный стенд – виртуальная гидродинамическая труба.

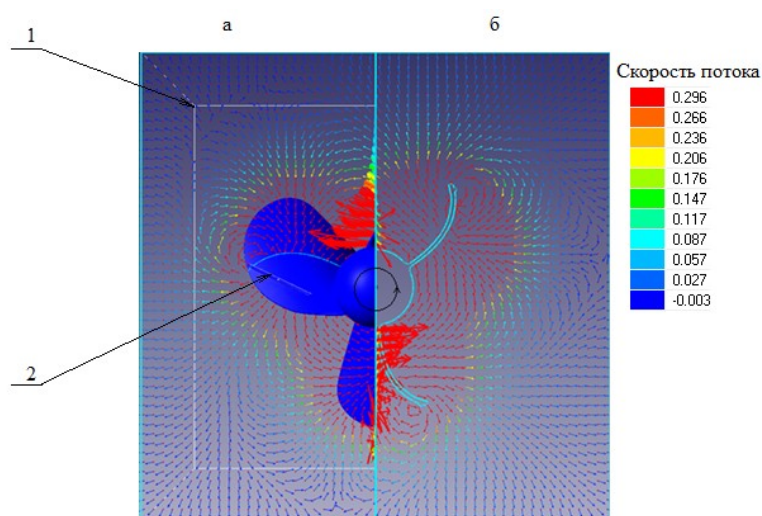


Рис. 4. Векторное поле скоростей исследуемого гребного винта, с лопастью щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия воды, в разрезе расчетной области (а) и среднем сечении (б):
1 – граница значительного изменения градиента скорости потока;
2 – расположение щелевой насадки

2. Численное моделирование работы гребного винта в виртуальной гидродинамической трубе

Для численного исследования предварительно была создана 3D-модель гидродинамической трубы с геометрическими размерами, соответствующими реальному экспериментальному стенду (см. табл. 1). Виртуальная гидродинамическая труба используется для численного исследования взаимодействия гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия с потоком несжимаемой жидкости в условиях экспериментального стенда. Дублирование экспериментального исследования численным моделированием, имеющим схожие особенности течения несжимаемой жидкостью, позволяет учесть взаимное влияние винта и трубы, что повышает достоверность определяемых параметров и характеристик.

На результаты численного моделирования гребного винта в виртуальной гидродинамической трубе оказывают влияния два фактора – ограничение расчетной области и стесненное пространство. Ограничение расчетной области вносит искажения в картину обтекания гребного винта, приводя к росту погрешности численного моделирования. Стеснение пространства (обусловленное близостью стенки трубы) в зоне действия гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия воды на лопасти приводит к дополнительному снижению концевых потерь, что дает постоянную погрешность эксперимента. В связи с этим численное исследование процесса взаимодействия потока жидкости и гребного винта, лопасти которого оборудованы щелевыми насадками, выполнено в два этапа.

Таблица 1

Основные характеристики экспериментального стенда

Показатель	Размерность	Значение
Длина габаритная, L	м	4
Ширина, В	м	2,5
Диаметр, D	м	0,58

Максимальный объем воды, V	м ³	10,4
Расход воды при скорости 1м/с, V	м ³ /мин	12

На рис. 5 показана 3D-модель разработанной экспериментальной установки в программном комплексе «FlowVision».

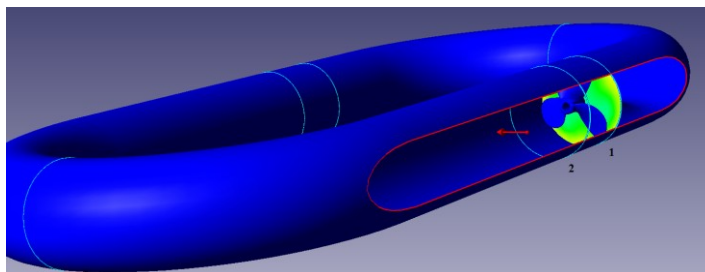


Рис. 5. 3D-модель экспериментального стенда в программном комплексе FLOWVISION: 1 – «вход» потока на гребной винт; 2 – сечение «свободный выход»

На первом этапе, для оценки влияния стесненного пространства на результаты численного моделирования гребного винта, оборудованного щелевой насадкой выполнена серия численных исследований.

Для 3D-модели гидродинамической трубы (рис. 5) при исследовании дополнительного снижения концевых потерь энергии на гребном винте, оборудованном щелевой насадкой использованы следующие граничные условия:

- на стенках трубы – «стенка»; на границе области задается условие непротекания, т.е. обращение в ноль нормали составляющей скорости потока воды (нулевой нормальной скорости);

- для винта – «стенка»; на границе области задается условие прилипания, т.е. обращение в ноль тангенциальной скорости потока воды; для динамики гребного винта задаются параметры подводимой механической энергии, эквивалентные реальному гидродинамическому стенду;

- для выливаемой среды – «вход» с заданной по нормали скоростью на грани щелевой насадки, перпендикулярной засасывающей поверхности лопасти; матрица скоростей воды, в каждой ячейке которой задана скорость потока, направленная по нормали от поверхности истечения.

– Результаты численного моделирования использованы для определения поправочного коэффициента влияния стесненного пространства гидродинамической трубы на результаты моделирования. Для учета введенного поправочного коэффициента используются следующие выражения:

$$K_{\text{сп}} = \frac{K_2 (\text{гидродинамическая труба})}{K_2 (\text{свободная вода})};$$

$$\bar{d} = \frac{d(\text{стесненного пространства})}{d(\text{исследуемого гребного винта})}.$$

где K_2 – коэффициент гидродинамического момента гребного винта.

Результаты численного моделирования, выраженные в виде зависимости коэффициента стесненного пространства $K_{\text{сп}}$ от характерного размера $\bar{d}$, показаны на рис. 6 жирной линией.

На втором этапе, для оценки влияния размеров расчетной области на достоверность картины обтекания гребного винта и погрешность полученных данных выполнена серия численных исследований. При моделировании в ПО FlowVision использовался участок 1–2 (см. рис. 5) виртуальной гидродинамической трубы, при этом граничные условия соответствовали условиям моделирования безграничного пространства:

- на плоскости, перпендикулярной стенке трубы, перед гребным винтом (рис. 5, сечение 1) – «вход» с заданной скоростью по нормали от поверхности;
- на плоскости, перпендикулярной стенке трубы, за гребным винтом (рис. 5, сечение 2) – «свободный выход»;
- на стенке трубы «симметрия»;
- для винта – «стенка»;
- для выливаемой среды – «вход» с заданной по нормали скоростью.

Диаметр участка трубы, путем масштабирования расчетной области, изменялся в пределах 1,04–3,0 диаметров моделируемого винта (что соответствует реальным геометрическим размерам 0,52–1,5 м.).

Результаты численного моделирования, выраженные в виде доверительного интервала коэффициента стесненного пространства, показаны на рис. 6 в виде штрих-пунктирных линий.

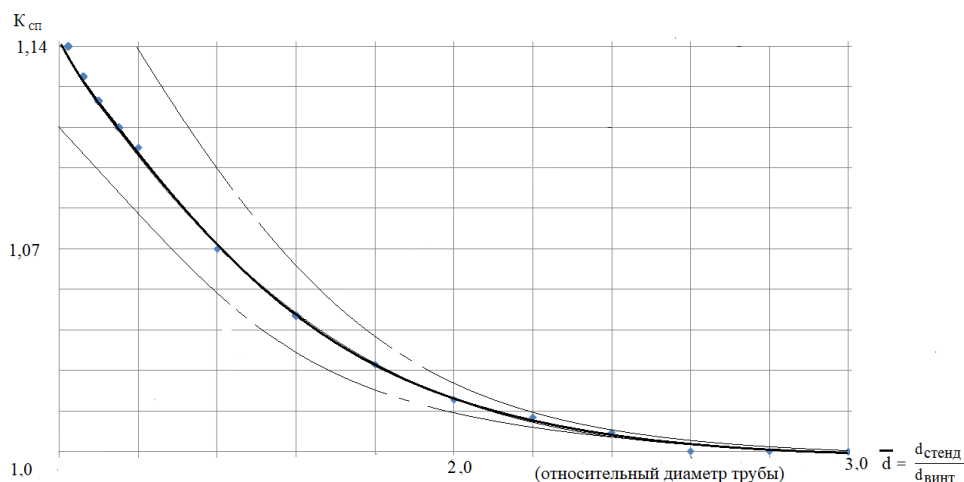


Рис. 6. Зависимость величины поправочного коэффициента $K_{сп}$, от характерного размера стесненного пространства $\bar{d}$:
сплошная линия – величина поправочного коэффициента;
штрих-пунктирная линия – доверительный интервал численного моделирования

Анализ рис. 6 позволяет оценить влияние размера расчетной области на показатели работы гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия на поток. При численном расчете гребного винта, оборудованного щелевой насадкой, для формирования большого объема расчетных данных допускается ограничение расчетного пространства в размерах 1,5 – 2 диаметра гребного винта.

Проанализируем результаты экспериментального исследования гидродинамических характеристик гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия для подтверждения полученного поправочного коэффициента.

3. Влияние ограниченного пространства на работу гребного винта с дополнительным струйным воздействием жидкости на засасывающую поверхность лопасти

Экспериментальное исследование гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия воды, выполнено при различных величинах относительной поступи гребного винта λ_p , которая зависит от частоты вращения и скорости набегающего потока. Учет избыточного давления вылива и расхода среды выполнен через коэффициент импульса струи C_μ [26].

На рис. 7 показаны гидродинамические характеристики гребного винта, оборудованного щелевой насадкой, при давлении подаваемой воды 0,3 МПа. Параметры щелевой насадки и расход подаваемой среды учитываются коэффициентом импульса струи $C_\mu = 2,8$.

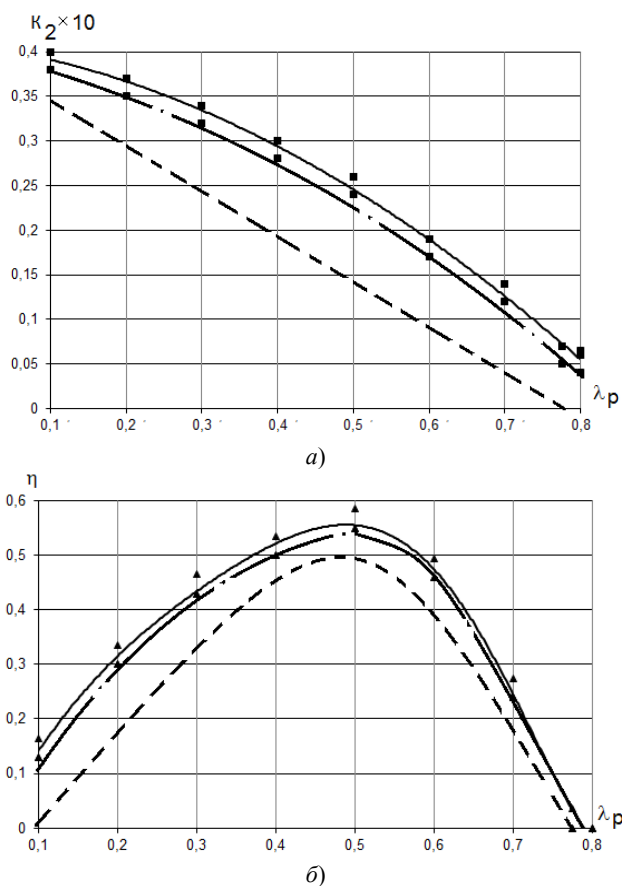


Рис. 7. Коэффициент момента гребного винта (а) и КПД гребного винта (б), лопасти которого оборудованы щелевой насадкой струйной подачи дополнительной воды на лопасти: пунктирная линия – теоретическая характеристики винта – прототипа; сплошная линия – расчетные результаты щелевая насадка включена с $C_\mu=2,8$ в условиях стеснённого пространства; штрихпунктирная линия – расчетные результаты щелевая насадка включена с $C_\mu=2,8$ при отсутствии стесненного пространства; точки – данные полученные в реальной и виртуальной гидродинамической трубе, щелевая насадка включена с $C_\mu=2,8$

На рис. 7 видно, что стеснённое пространство увеличивает эффективность гребного винта по сравнению с неограниченным пространством. Совпадение результатов численного моделирования с экспериментальным исследованием, при вводе поправочного коэффициента, который для экспериментального стенда имеет значение $K_{сп} = 1,11$, подтверждает достоверность полученных результатов.

Заключение

В результате выполненного анализа, установлена постоянная погрешность результатов экспериментального исследования относительно результатов расчета гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия по вихревой теории. Для верификации полученных результатов и анализа причин постоянной погрешности проведено численное моделирование и расчет гребного винта, оборудованного щелевой насадкой в программном комплексе FlowVision. Ограничение расчетной области и переход от безграничного исследуемого пространства к стесненному позволил:

1. Рассчитать поправочный коэффициент $K_{сп}$ (см. рис. 6), учитывающий влияния стесненного пространства на результаты численного исследования гребного винта, оборудованного щелевой насадкой дополнительного струйного воздействия несжимаемой жидкости на поток, обтекающий гребной винт.

2. Определить влияние размеров расчетной области на результаты моделирования, путем установления доверительного интервала полученного коэффициента (см. рис. 6);

Результаты, полученные при расчете гребного винта с щелевой насадкой подачи дополнительной воды в программном комплексе FlowVision, с допустимой погрешностью подтверждаются теоретическими данными моделирования с использованием вихревой теории и экспериментально полученными данными, при проведении экспериментов в гидродинамической трубе [26].

На основании полученных данных, путем сравнения результатов численного и экспериментального исследования произведена оценка влияния стесненного пространства гидродинамической трубы на результаты эксперимента. Для гидродинамической трубы (см. табл. 1) и моделируемого гребного винта диаметром 0,5 м. значение $K_{сп} = 1,11$.

Подобие результатов моделирования гребного винта при экспериментальном и численном исследовании позволяет говорить о возможности сохранения точности и достоверности полученных данных, для экспериментальных исследований в эксплуатационных условиях.

Дополнительно установлено, что метод численного моделирования, в условиях ограничения расчетной области может быть использован для первоначального моделирования процессов, протекающих при изменении параметров подаваемой среды, скорости набегающего потока с целью накопления большого массива расчетных данных и оптимизации щелевой насадки.

Полученные результаты, характеризующие влияние стесненного пространства на режим работы гребного винта и гидродинамические характеристики, будут использоваться для уточнения параметров воздействия на тепловую и механическую нагрузку главного двигателя.

Список литературы:

- [1] Нгуен К.Д. Теоретический и экспериментальный анализ тепловых выбросов с отработавшими газами судовых дизелей / Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. 2012. №1. С. 117–122.
- [2] Bugeja S., Rasu M.G. Development of dispersion model of a two-stroke engine outboard plume / WSEAS Transactions on Fluid Mechanics. 2017. vol. 12. Art. 1. Pp. 1–6.
- [3] Солодов В.С., Юдин Ю.И. Применение методов планирования активного эксперимента для идентификации судового комплекса / Вестн. МГТУ, Тр. Мурман. гос. техн. ун-та. 2006. Т. 9. №2. С. 187-190.
- [4] Русецкий А.А., Хомяков А.А. Методы обеспечения однородности поля скорости и снижения интенсивности турбулентности потока в установках с обращенным движением / Морской Вестник. №1(5). 2003. С. 126–130.

- [5] Васильев А.В. Влияние формы трубы на кавитационные характеристики крыльцевого профиля / Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, вып. 4(288), 1997. С.8-14
- [6] Gourdain N., Jardin T., Serre R., Prothin S., Moschetta J.M. Application of a lattice Boltzmann method to some challenges related to micro-air vehicles / International Journal of Micro Air Vehicles. 2018. 10 (3). Pp. 285-299. DOI: 10.1177/1756829318794174.
- [7] Shin K.W., Andersen P. CFD analysis of cloud cavitation on three tip-modified propellers with systematically varied tip geometry / Journal of Physics: Conference Series. 2015. vol.656. Pp. 12–39. DOI: 10.1088/1742– 6596/656/1/012139.
- [8] Sun Yu., Yumin S., Xiaoxiang W., Haizhou H. Experimental and numerical analyses of the hydrodynamic performance of propeller boss cap fins in a propeller–rudder system / Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2016. vol.10. Pp.145–149. DOI:10.1080/19942060.2015.1121838.
- [9] Nouri N.M., Mohammadi S., Zarezadeh M. Optimization of a marine contra-rotating propellers set / Ocean Engineering. 2018. Vol.167. Pp. 397–404.
- [10] Король Ю.М., Корнелюк О.Н. Влияние лопастных и профильных характеристик на гидродинамическую эффективность гребных винтов / Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2017. №4(70). С. 80–88.
- [11] Nakisa M., Behrouzi F., Maimun A., Samad R., Ahmed Y.M. Numerical study on propeller performance for a vessel in restricted water / Procedia Engineering. 2017. vol. 194. Pp. 128-135. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.126.
- [12] Paik K.J., Park H.G., Seo J. RANS simulation of cavitation and hull pressure fluctuation for marine propeller operating behind-hull condition / International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. 2013. Vol. 5(4). Pp. 502-512. DOI: 10.2478/IJNAOE-2013-0149.
- [13] Othman M.N.K., Razlan, Z.M., Hazry, D., Wan, K., Shahriman, A.B., Yaacob, S., Ahmed, S.F., Hussain, A.T. Internal air flow analysis of a bladeless micro aerial vehicle hemisphere body using computational fluid dynamic / AIP Conference Proceedings. 2014. vol.1635. Pp. 182-186. DOI: 10.1063/1.4903581.
- [14] Осовский Д.И., Шаратов А.С. Моделирование струйно-механизированной винтовой насадки по вихревой теории / Водный транспорт. 2012. №1(13). С.129-136.
- [15] Жамалов Р. Р., Королев, Е. В., Котин, А. И. Аэродинамические трубы как инструмент исследования / Вестник НГИЭИ. 2012. №12. С. 54-62.
- [16] Басин А. М., Степанюк А. М. Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания – Л: «Транспорт». 1977. 269с.
- [17] Шостаков В.П., Гершаник В.И., Кот В.П., Бондаренко Н.С. Проектирование пропульсивной установки судов с прямой передачей мощности на винт / под ред. В.П. Шостака. – Николаев: УГМТУ. 2003. 500с.
- [18] Go J.S., Yoon H.S., Jung J.H. Effects of a duct before a propeller on propulsion performance / Ocean Engineering. Vol. 136. 2017. Pp. 54-66. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2017.03.012.
- [19] Баёв А.С. Судовые энергетические установки, их проектирование и эксплуатация: монография – М.: РАЕ, 2017. 435с.
- [20] Шаратов А.С. Струйное воздействие на динамику гребного винта / Вісник двигунобудування. 2010. вып.№2(23). С. 82–85.
- [21] Осовский Д.И., Шаратов А.С. Управление гидродинамическими характеристиками гребных винтов / Рыбное хозяйство Украины. 2007. №3 (50). С. 25–28.
- [22] Сертификация FlowVision. Url:<http://www.tesis.com.ru/software/flowvision/> (дата обращения 08.04.2018).
- [23] Король Ю. М. FLOWVISION в учебном процессе и компьютерных исследованиях / 36. наук.праць НУК. – Миколаїв: НУК. 2010. № 5 (434). С. 19–26.
- [24] FlowVision, версия 2.54 / Руководство пользователя. М.: ООО ТЕСИС, 2008. – 284 с.
- [25] Аксенов А. А., Жлуктов С. В., Калашников С. В., Митин А.Л. К вопросу применения модели турбулентности k-ε FlowVision для исследования обтекания профиля крыла при малых числах Рейнольдса / Инженерные системы – 2017. Труды Международного форума. 2017. С. 82–89.
- [26] Осовский Д. И., Шаратов А. С. Исследование гидродинамических характеристик гребного винта, оборудованного струйной механизацией в гидродинамической трубе / Рыбное хозяйство Украины: научно-производственный журнал. 2007. №6. С. 37–38.

THE INFLUENCE OF LIMITED SPACE ON RESULTS OF A COMPUTATIONAL AND PILOT STUDY OF THE PROPELLER WITH ADDITIONAL JET IMPACT OF WATER ON BLADES

D.I. Osovskii, Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of ship power plant Kerch State Maritime Technological University

A.S. Sharatov, mechanical engineer of 1 category educational and scientific laboratory «Engine room Sh.P.P» Kerch State Maritime Technological University
Kerch State Maritime Technological University
298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str. 82

Keywords: propeller, slot nozzle, jet impact, experimental study, computational hydrodynamics, coefficient, limited space

Thermal and mechanical tension of the main engine working for marine propeller of the fixed step depends on the changing service conditions. Restriction of influence of external service conditions on the main engine can be achieved by supply of additional water on the blade of the propeller. Purposeful change of parameters of the water pumped through bladed slot-hole nozzles provides change of hydrodynamic parameters of the propeller that provides change of thermal and mechanical tension of the main engine. The possibility of carrying out a pilot study of propeller with jet influence of water, at operation of the main propulsion plant is limited to vessel trial conditions. To confirm the theoretical data an experimental study of propellers in hydrodynamic pipes as well as numerical simulation of processes in computational hydrodynamics complexes is important. At a research of the propeller with jet, influence of water in a hydrodynamic pipe the constant error of an experiment comparatively with theoretical data is established. There is a presence of a constant error in the experimental study, which is taken into account by the correction factor due to the influence of the limited space of the hydrodynamic pipe. The known correction factors describing the work of the propellers do not fully take into account the peculiarities of work of the propeller with a jet effect. In order to determine the correction factor, a numerical simulation of the models of the experimental test bench and the propeller screw under study was carried out in the computational complex dynamics. According to the results of the design study, the dependence of the correction factor was obtained which takes into account the influence of the constrained space on the results of an experimental study of the propeller equipped with a slotted nozzle for additional jet action.

When using the computational hydrodynamics complex, the influence of the computational domain on the reliability of the results obtained and the confidence interval of the obtained coefficient values are determined. The results obtained can be used to clarify the size of the computational domain in a numerical study and the choice of the optimal size of hydrodynamic tubes in the experiment. In future, it is of interest to research propellers by parallel modeling of processes in a hydrodynamic pipe and its 3D copy in the computational fluid dynamics complex.

References

- [1] Nguyen, C.D. «Theoretical and experimental analysis of thermal pollutants with exhaust gases of marine diesel engines.» Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies 2012, vol.1, p. 117.
- [2] Bugeja, S., Rasu, M.G. «Development of dispersion model of a two-stroke engine outboard plume.» WSEAS Transactions on Fluid Mechanics, (12)2017, Art. 1, p. 1.
- [3] Solodov, V.S., Iudin, I.U.I. «Primenenie metodov planirovaniya aktivnogo eksperimenta dlya identifikatsii sudovogo kompleksa.» Vestnik MGTU: Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2006, vol. 9, no. 2, p. 187.
- [4] Ruseckij, A.A., Homyakov, A.A. «Metody obespecheniya odnorodnosti polya skorosti i snizheniya intensivnosti turbulentnosti potoka v ustanovkah s obrashchennym dvizheniem.» Morskoy Vestnik, 2003, vol.1(5), p. 126.

- [5] Vasilev A.V. «Vliyanie formy trubyy na kavitatsionnye harakteristiki kryl'evogo profilya.» Trudy CNII im. akad. A.N. Krylova, 1997, vol. 4(288), p.8
- [6] Gourdain, N., Jardin, T., Serre, R., Prothin, S., Moschetta, J.M. «Application of a lattice Boltzmann method to some challenges related to micro-air vehicles.» International Journal of Micro Air Vehicles. 2018. 10 (3). p. 285. DOI: 10.1177/1756829318794174.
- [7] Shin, K.W., Andersen, P. «CFD analysis of cloud cavitation on three tip-modified propellers with systematically varied tip geometry.» Journal of Physics: Conference Series. 2015. vol. 656. p. 12. DOI: 10.1088/1742-6596/656/1/012139.
- [8] Sun, Yu., Yumin, S., Xiaoxiang, W., Haizhou, H. «Experimental and numerical analyses of the hydrodynamic performance of propeller boss cap fins in a propeller-rudder system.» Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2016. vol.10. p.145. DOI:10.1080/19942060.2015.1121838.
- [9] Nouri, N.M., Mohammadi, S., Zarezadeh, M. «Optimization of a marine contra-rotating propellers set.» Ocean Engineering. 2018. Vol.167. p. 397.
- [10] Korol, Y.M., Kornelyuk O.N. «Influence of blade and profile characteristics on hydrodynamic efficiency of marine propeller.» Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta. 2017. vol. 4(70), p. 80.
- [11] Nakisa, M., Behrouzi, F., Maimun, A., Samad, R., Ahmed, Y.M. «Numerical study on propeller performance for a vessel in restricted water.» Procedia Engineering. 2017. vol. 194. p. 128. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.126.
- [12] Paik, K.J., Park, H.G., Seo, J. «RANS simulation of cavitation and hull pressure fluctuation for marine propeller operating behind-hull condition.» International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. 2013. Vol. 5(4). p. 502. DOI: 10.2478/IJNAOE-2013-0149.
- [13] Othman, M.N.K., Razlan, Z.M., Hazry, D., Wan, K., Shahriman, A.B., Yaacob, S., Ahmed, S.F., Hussain, A.T. «Internal air flow analysis of a bladeless micro aerial vehicle hemisphere body using computational fluid dynamic.» AIP Conference Proceedings. 2014. vol.1635. p. 182. DOI: 10.1063/1.4903581.
- [14] Osovskii, D.I., Sharatov A.S. «Modeling jet surface mechanization rowing screw under the vertical theory.» Vodnyj transport. 2012. vol. 1(13). p.129.
- [15] ZGamalov, R.R., Korolev, E.V., Kotin, A.I. «Windpipes – a research tool» Vestnik NGIEHI. 2012. vol. 12. p. 54.
- [16] Basin, A. M., Stepaniuk, A. M. Rukovodstvo po raschetu i proektirovaniyu grebnyh vintov sudov vnutrennego plavaniya, Leningrad. «Transport». 1977. 269 p.
- [17] Shostak, V.P., Gershanik, V.I., Kot, V.P., Bondarenko, N.S. Designing a marine propulsive unit, Nikolaev. UGMTU. 2003. 500 p.
- [18] Go, J.S., Yoon, H.S, Jung J.H. «Effects of a duct before a propeller on propulsion performance.» Ocean Engineering. 2017. vol. 136. p. 54. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2017.03.012.
- [19] Bayov, A.S. Cudovye ehnergeticheskie ustanovki, ih proektirovanie i ehkspluatatsiya: monografiya, Moskow. PAE. 2017. 435 p.
- [20] Sharatov, A.S. «Jet influence on dynamics rowing screw.» Vestnik dvigatelestroeniya. 2010. vol. 2(23). p. 82.
- [21] Osovskii, D.I., Sharatov A.S. «Upravlenie gidrodinamicheskimi harakteristikami grebnyh vintov.» Rybnoe hozyajstvo Ukrainy. 2007. Vol. 3(50). p. 25.
- [22] Certification FlowVision, Available at: <http://www.thesis.com.ru/software/flowvision/> (accessed 08 April 2018).
- [23] Korol, Y.M. «FLOWVISION v uchebnom processe i kompyuternyh issledovaniyah.» Zb. nauk.prac' NUK. Mikolaiv. NUK. 2010. vol. 5(434). p. 19.
- [24] FlowVision, version 2.54 Manual. Moskov, OOO TESIS. 2008. 284 p.
- [25] Aksenov, A. A., Zhukov, S. V., Kalashnikov, S. V., Mitin, A.L. «K voprosu primeneniya modeli turbulentnosti k-ε FlowVision dlya issledovaniya obtekaniya profilya kryla pri mal'kh chislakh Rejnol'dsa.» Inzhenernye sistemy – 2017. Trudy Mezhdunarodnogo foruma. 2017. p. 82.
- [26] Osovskii, D.I., Sharatov, A.S. «Issledovanie gidrodinamicheskikh kharakteristik grebnogo vinta, oborudovannogo struinoi mekhanizatsiei v gidrodinamicheskoi tube.» Rybnoe khozyaistvo Ukrainy: nauchno-proizvodstvennyi zhurnal. (2007). vol. 6 p. 37.

Статья поступила в редакцию 18.12.2018 г.

УДК 629.127

М.Н. Покусаев, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация водного транспорта» ФГБОУ ВО «АГТУ», e-mail: evt@astu.org

К.О. Сибряев, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Эксплуатация водного транспорта» ФГБОУ ВО «АГТУ», e-mail: evt@astu.org

А.А. Хмельницкая, заведующий лабораторией кафедры «Эксплуатация водного транспорта» ФГБОУ ВО «АГТУ», e-mail: khmelnitskayaaaa@mail.ru

О.П. Ковалёв, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Товароведение, холодильные машины и технологии» Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «АГТУ», e-mail: kovalev47@mail.ru

В.П. Булгаков, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники» ФГБОУ ВО «АГТУ», e-mail: mbulgak@mail.ru
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГИДРОСФЕРЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОДВЕСНЫМ ЛОДОЧНЫМ МОТОРОМ «ВЕТЕРОК-8М»

Ключевые слова: маломерное судно, подвесной лодочный мотор, экологические характеристики судовых двигателей, загрязнение гидросферы моторными лодками

Статья посвящена экспериментальной оценке загрязнения гидросферы нефтепродуктами подвесным лодочным мотором отечественного производства типа «Ветерок-8М», работающего по двухтактному циклу с номинальной мощностью 8 л.с. Широкое распространение лодочных моторов и повышение экологических требований к ним требуют оценки их экологических характеристик. Исследования в области загрязнения гидросферы подвесными лодочными моторами связаны с рядом трудностей: особенностями конструкции их газовыхлопной системы; необходимостью установки нестандартного измерительного оборудования; проведения испытаний в малых оптовых бассейнах для локализации выбросов в ограниченный объем воды; сложностью теоретических расчетов уровня вредных выбросов в воду. Исследования специалистов испытательного центра «Marine Technology Service» ФГБОУ ВО «АГТУ» позволили произвести количественную оценку загрязнений нефтепродуктами гидросферы подвесным лодочным мотором «Ветерок-8М» на разных режимах его работы в условиях малого опытового бассейна, а также получить эмпирические формулы для проведения оценочных расчетов содержания в воде нефтепродуктов в зависимости от мощности и расхода топлива двигателя маломерного судна.

Введение

Современные нормативно-технические документы, действующие в России и Таможенном союзе [1–3] регламентируют загрязнение подвесными лодочными моторами (далее – ПЛМ) только атмосферы, хотя они загрязняют гидросферу и ее биосферу отработавшими газами путем выброса их в воду. Существуют методики расчета и проведения измерений вредных выбросов ПЛМ в атмосферу, но нет четкой методики по количественной оценке загрязнения ими гидросферы. Произвести такую оценку достаточно затруднительно, что объясняется сложностью устройства газовыхлопной системы ПЛМ; необходимостью применения специального нестандартного измерительного оборудования; проведения испытаний в опытовых бассейнах, которые не выпускаются серийно и являются уникальными разработками фирм производителей или научных организаций. Поэтому расчетную оценку вредных выбросов можно произвести на основе эмпирических зависимостей, полученных на базе практических экспериментов, что подтверждает актуальность рассматриваемой темы.

Цели и задачи исследования:

Целью является получение количественной оценки загрязнений гидросферы нефтепродуктами ПЛМ марки «Ветерок-8М», работающим по двухтактному циклу с мощностью 8 л.с.

Задачами являются:

1. Анализ ранее проведенных отечественных и зарубежных исследований в области загрязнений гидросферы ПЛМ;
2. Проведение и анализ собственных экспериментов с ПЛМ «Ветерок-8М» в условиях малого опытового бассейна испытательного центра «Marine Technology Service» ФГБОУ ВО «АГТУ» (ИЦ «MTS»);
3. Вывод формул для расчетной оценки загрязнений нефтепродуктами гидросферы двухтактными ПЛМ малой мощности.

Материалы и методы:

Был проанализирован ряд зарубежных и отечественных исследований по оценке вредных выбросов ПЛМ в гидросферу, среди которых можно выделить следующие.

Шведский специалист Jüttner F. приводит в своей работе [4] данные, что за 10-минутный период работы двухтактный ПЛМ с мощностью 10 л.с. выбрасывает в воду 23,8 г смеси бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (соединения ВТЕХ), по сравнению с 0,5 г выбросов (ВТЕХ) четырехтактного ПЛМ.

В работе Kelly C. (Австралия), [5] приведены данные по выбросам ПЛМ в воду компонентов нефтепродуктов – полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и летучих органических соединений (ЛОС) в формате мкг/кВт*ч. Однако в исследовании не объясняются причины нелинейного изменения уровней выбросов нефтепродуктов в зависимости от режима работы двухтактного ПЛМ марки «Mercury» мощностью 1,9 кВт.

Отметим, что существуют отличия как по методам измерения, так и оценке количества нефтепродуктов в воде, которые регламентируются зарубежными и отечественными нормативно-руководящими документами, что не позволяет произвести точное сравнение результатов, полученных различными авторами.

В 1984 году Худзик О.Ф. (Россия) в своей работе [6] указывает, что количество загрязнений, поступающих в воду от ПЛМ, не является постоянным: в среднем от 10 до 20% первоначально заливаемого в ПЛМ топлива (смесь бензин и масло) может сбрасываться в водоем с выхлопными газами, порой объем загрязнений доходит до 55%, что в принципе, совпадает с данными Warrington P, который заключает, что уровень потерь топлива в воду в объеме 10–25% является наиболее типичным для 2-х тактных ПЛМ, [7].

Как правило, специалисты рекомендуют производить замену двухтактных ПЛМ на более экологичные четырехтактные, но, как справедливо отмечает в своей работе Kelly C, [5] – требуется оценить вредные выбросы в воду, производимые двухтактными ПЛМ, число которых, находящихся в эксплуатации весьма значительно.

Двухтактные ПЛМ для своей работы используют топливную смесь, состоящую из бензина, моторного масла и воздуха. Масло является тяжелой фракцией, которая не полностью сгорает, поэтому часть его выбрасывается из выхлопных окон в процессе продувки и попадает в воду в процессе выхлопа отработавших газов. Для современных ПЛМ пропорция содержания в топливной смеси масла и бензина составляет 1:50, а для моторов устаревшей конструкции 1:25, [8–10].

Для исследования экологических характеристик ПЛМ марки «Ветерок-8М» был использован разработанный в ИЦ «MTS» малый опытовый бассейн рабочим объемом 550 литров воды. Подробное описание МОБ и методика проведения в нем испытаний ПЛМ приведены в работах авторов [11–12]. Испытания ПЛМ «Ветерок-8М» были проведены в 2018 году, результаты проб воды были проанализированы лабораторией ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Астраханский» (имеет ат-

тестат аккредитации №RA.RU.21ПЦ50, выданный Федеральной службой по аккредитации «Росаккредитация»). Оценка загрязнения воды на нефтепродукты была произведена в соответствии с ПНД Ф 14,1:2:4,128-98 (2012) «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [13].

В первую очередь вода забиралась до испытаний на контрольные пробы содержания в ней: сероводорода и сульфидов (мг/дм^3), нефтепродуктов (мг/дм^3), гидрокарбонатов (мг/дм^3), нитрит-ионов (мг/дм^3). Отдельно контрольные пробы брались для проведения тестов на токсичность со следующими объектами: дафния «*Daphnia magna straus*» в возрасте от 6 до 24 часов, водоросли «*Scenedesmus quadricauda*» в возрасте от 3 до 5 суток.

Программа испытаний включала в себя следующие режимы работы ПЛМ и последовательность основных этапов:

1. Забор воды на контрольные пробы;
2. Пробный пуск подвесного мотора;
3. Холостой ход – 10 минут на минимальной частоте вращения;
4. Забор воды на контроль;
5. Малый ход – 10 минут на минимально устойчивой частоте вращения;
6. Забор воды на контроль;
7. Промежуточный ход – 10 минут на промежуточной частоте вращения;
8. Забор воды на контроль;
9. Максимальный ход – 10 минут на максимальной частоте вращения;
10. Забор воды на контроль.

Общее время работы ПЛМ составило 40 минут.

Технические характеристики ПЛМ «Ветерок-8М»:

- Тип двигателя: двухтактный карбюраторный;
- Номинальная мощность двигателя: 8 л.с.;
- Частота вращения двигателя при испытаниях: от 1500 до 4250 об/мин;
- Используемое топливо: смесь бензина АИ-92 по ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» [14] с маслом М8 по ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение» [15] в пропорции 1/50.

Результаты

Согласно протоколу испытаний, расход топливной смеси за 40 минут работы ПЛМ «Ветерок-8М» составил 0,022 л/мин или 1,33 л/час. Если учитывать степень разведенного масла по отношению к топливу 1:50, то расход масла составил 0,027 л/час. В абсолютных величинах расход топливной смеси за время испытаний составил 0,887 литра, соответственно расход масла составил 0,017 литра или 15,385 грамм при плотности масла марки М8 равной 905 кг/м^3 .

Испытания позволили оценить долю содержания нефтепродуктов в воде (г) в зависимости от расхода топливо-масляной смеси (г). Также, по аналогии с работой Kelly C., [5] нами рассчитаны выбросы нефтепродуктов в единицах г/кВт*ч на разных режимах работы двигателя (таблица 1).

Если проанализировать данные таблицы 1, то уменьшение содержания нефтепродуктов в объеме воды при работе ПЛМ с холостого хода ($3,73 \text{ мг/дм}^3$) до полного ($1,67 \text{ мг/дм}^3$) можно объяснить тем, что часть нефтепродуктов, которые представляют собой легкие фракции, располагаются на поверхности воды, поэтому за время испытаний концентрация нефтепродуктов снижается. Забор воды осуществлялся из средней части опытового бассейна, что говорит о необходимости при дальнейших испытаниях оценки содержания нефтепродуктов не только в объеме воды, но и на ее поверхности.

Таблица 1

Выбросы нефтепродуктов в воду от ПЛМ «Ветерок -8М»

Режим работы ПЛМ	Частота вращения КВ, об/мин	Мощность, кВт	Кол-во расходуемого топлива, г	Нефте- продукты, мг/дм ³	Нефтепро- дукты, г/кВт*ч
Холостой ход	1500	0,596	70	3,73	2,065
Минимальный ход	1750	0,662	100	4,91	2,448
Промежуточный ход	2250	1,103	140	3,75	1,122
Максимальный ход	4250	5,134	350	1,67	0,107

По результатам таблицы 1 сформированы графики на рисунках 1 и 2.

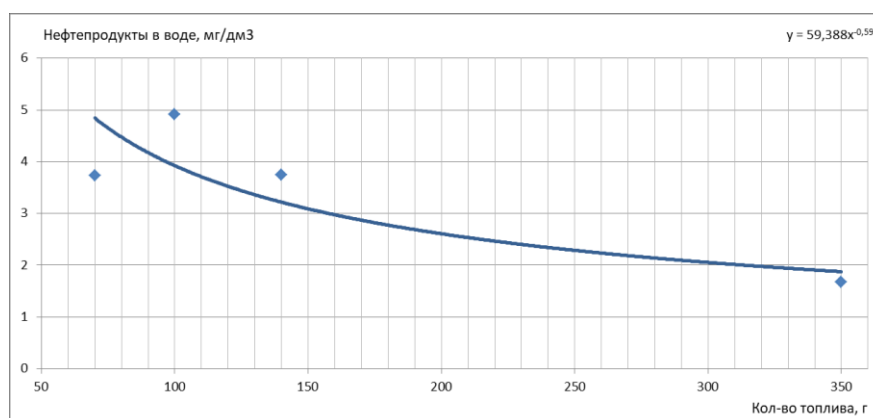


Рис. 1. Содержание нефтепродуктов (мг/дм³) в воде в зависимости от количества используемого топлива (г)

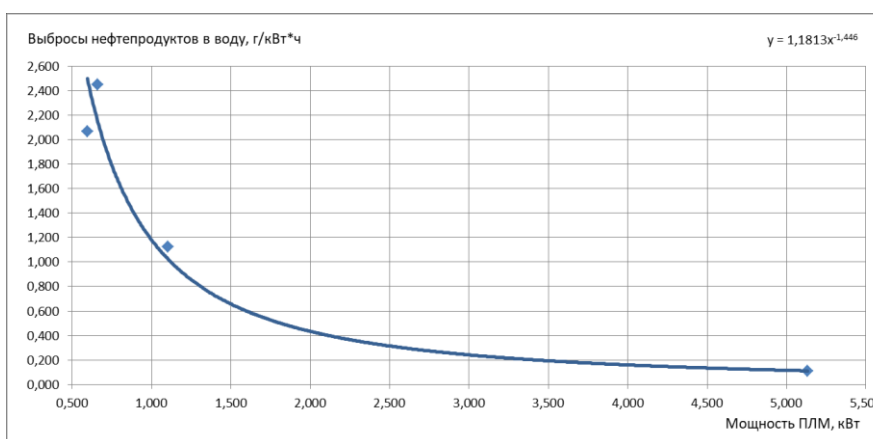


Рис. 2. Выбросы нефтепродуктов в воду (г/кВт*ч) в зависимости от мощности ПЛМ (кВт)

По результатам полученных графиков выведены формулы, которые можно использовать для производства оценочных расчетов.

Выбросы нефтепродуктов $\nu_{\text{нп}}$ (мг/дм³) в воду в зависимости от расхода топливной смеси $q_{\text{т}}$ (г):

$$v_{\text{нп}} = 59,388 \cdot q_{\text{т}}^{-0,59} \quad (1)$$

Выбросы нефтепродуктов в воду, $q_{\text{нп}}$ (г/кВт*ч) в зависимости от мощности ПЛМ, N (кВт):

$$q_{\text{нп}} = 1,1813 \cdot N^{-1,446} \quad (2)$$

Следует ввести допущения для полученных формул:

1. Формулы основаны на экспериментальных данных, полученных в малом опытовом бассейне, т.е. в локальном объеме воды; при работе ПЛМ в свободной воде выбросы будут уменьшаться из-за большого количества воды и перемешивания гребным винтом;

2. Формулы основаны на экспериментах с двухтактным ПЛМ марки «Ветерок-8М» с мощностью 8 л.с.

Результаты лабораторных исследований проб воды показали, что содержание сероводорода и сульфидов в воде до испытаний и после них не увеличилось и осталось менее 2,0 мкг/дм³. Установлено, что содержание гидрокарбонатов в воде до эксперимента и после него уменьшилось всего на 4%. После проведения 40 минутных испытаний отмечается гибель 100% дафний и водорослей, что подтверждает воздействие ПЛМ на биосферу.

Выводы:

1. ПЛМ загрязняют не только атмосферу, но и гидросферу, включая биосферу в ней – водоросли и микроорганизмы, что может привести к их гибели;

2. Поскольку содержание сероводорода, сульфидов и гидрокарбонатов сильно не изменилось до и после проведения экспериментов, то при дальнейших исследованиях следует оценивать только содержание нефтепродуктов в воде;

3. Поскольку отмечено, что происходит всплытие нефтепродуктов на поверхность, то следует производить оценку содержания нефтепродуктов на поверхности и в объеме воды;

4. Полученные формулы могут позволить произвести оценку выбросов нефтепродуктов для двухтактных ПЛМ мощностью до 8 л.с.;

5. Следует для проверки полученной расчетной методики провести эксперименты с другой маркой ПЛМ для сравнения результатов расчета и эксперимента, а также уточнения полученных формул.

Список литературы:

- [1] ГОСТ 28556-16. Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
- [2] Моторы лодочные. Программа и методика измерения объемных долей оксида углерода (CO) и суммы углеводородов (СМ) в отработавших газах моторов лодочных при проведении технического освидетельствования. 770020000 ПМ 28. – М. 2001. – 8 с.
- [3] Технический регламент таможенного союза ТР ТС 026/2012. О безопасности маломерных судов, 2012. – 38 с.
- [4] Jüttner, F.; Backhaus, D.; Matthias, U.; Essers, U.; Greiner, R.; Mahr, B. (1995). Emissions of two- and four-stroke outboard engines. II. Impact on water quality. Water Research, 29, 1983–1987.
- [5] Charles Kelly. Analysis of the underwater emissions from outboard engines. Queensland University Technology, Brisbane, Australia. 2004, 207 p.
- [6] Худзик О.Ф. Характеристика микрофлоры грунтов Саратовского и Волгоградского водохранилищ в районах влияния загрязнений нефтепродуктами и солями металлов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Л., 1984. – 179 с.
- [7] Potential impacts of emissions from outboard motors on the aquatic environment: a literature review. NIWA Client Report: HAM2007-026 March 2007, 33 p.
- [8] Фишбейн Е.И. Лодочные моторы «Ветерок». Устройство, эксплуатация и ремонт: Справочник. Л.: Судостроение, 1989. – 184 с.

- [9] Моторы лодочные подвесные: «Вихрь-25Р электрон», «Вихрь-30Р электрон», «Вихрь-30 электрон», «Вихрь-30», «Вихрь-М» и «Вихрь-30Р». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Куйбышев: Куйбышевское моторостроительное производственное объединение имени М.В. Фрунзе. 1988. – 31 с.
- [10] Руководство по эксплуатации лодочного мотора «Ветерок-8М», г. Карсун: «Полиграфист». 1993. – 36 с.
- [11] Покусаев М.Н., Хмельницкая А.А. Опытный бассейн для проведения испытаний по измерению вредных выбросов отработавших газов подвесных лодочных моторов маломерных судов // Научные проблемы транспорта Дальнего востока и Сибири, Новосибирск, 2017. № 3-4. С. 227 – 230.
- [12] Покусаев М.Н., Хмельницкий К.Е., Хмельницкая А.А. Стендовые испытания лодочных подвесных моторов на базе малого опытового бассейна. В сборнике: 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета материалы конференции. 2018. С. 201.
- [13] ПНД Ф 14,1:2:4,128-98 (2012) «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»». Издание 2007 г. – 27 с.
- [14] ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
- [15] ГОСТ 17479.1-2015. Масла моторные. Классификация и обозначение. М.: Стандартинформ, 2015. – 10 с.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF HYDROSPHERE CONTAMINATION BY OIL PRODUCTS SUSPENDED «VETEROK-8M» BOAT MOTOR

M.N. Pokusaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Operation of Water Transport» «Astrakhan State Technical University»

K.O. Sibryaev, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Operation of Water Transport» «Astrakhan State Technical University»

A.A. Khmel'nitskaya, Head of the Laboratory of the Department «Operation of Water Transport» «Astrakhan State Technical University»

O.P. Kovalev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department «Merchandizing, refrigerating machines and technologies», Dmitrov Fishery Technological Institute (branch) of «Astrakhan State Technical University»

V.P. Bulgakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the department «Shipbuilding and energetic complexes of sea technology»,
Astrakhan State Technical University
414056, Russia, Astrakhan, Tatishchev str., 16

Keywords: *small size boat, outboard motor, ecological characteristics of ship engines, pollution of the hydrosphere by motor boats*

The article is devoted to the experimental assessment of the pollution of the hydrosphere with oil products by the outboard boat engine of domestic production of the Veterok-8M type, operating on a two-stroke cycle with a nominal capacity of 8 hp. The widespread use of boat engines and the increase in environmental requirements for them require an assessment of their ecological characteristics. Research into the pollution of the hydrosphere by outboard motors is associated with a number of difficulties: the design features of their gas exhaust system; the need to install non-standard measuring equipment; testing in small wholesale pools to localize emissions to a limited amount of water; the complexity of theoretical calculations of the level of harmful emissions in water. The studies carried out by the specialists of the Marine Technology Service testing center at the Federal State Educational Institution of Higher Education ASTU made it possible to quantify the pollution of the hydrosphere's oil with the Veterok-8M outboard boat engine in different modes of its operation in a small ex-

perimental basin, and also to get empirical formulas for estimated calculations of oil content in water depending on the power and fuel consumption of the engine of a small vessel.

References:

- [1] GOST 28556-16. Motory lodochnye podvesnye. Obshchie trebovaniya bezopasnosti. M.: Standartinform, 2016. 11 p.
- [2] Motory lodochnye. Programma i metodika izmereniya ob»emnykh doley oksida ugleroda (SO) i summy uglevodorodov (SM) v otrabotavshikh gazakh motorov lodochnykh pri provedenii tekhnicheskogo osvidetel'stvovaniya. 770020000 PM 28. M. 2001. 8 p.
- [3] Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 026/2012. O bezopasnosti malomernykh sudov, 2012. 38 p.
- [4] Jüttner, F.; Backhaus, D.; Matthias, U.; Essers, U.; Greiner, R.; Mahr, B. (1995). Emissions of two- and four-stroke outboard engines. II. Impact on water quality. Water Research, 29, 1983-1987.
- [5] Charles Kelly. Analysis of the underwater emissions from outboard engines. Queensland University Technology, Brisbane, Australia. 2004. 207 p.
- [6] Khudzik O.F. Kharakteristika mikroflory gruntov Saratovskogo i Volgogradskogo vodokhranilishch v rayonakh vliyaniya zagryazneniy nefteproduktami i solyami metallov. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata biologicheskikh nauk. L., 1984. 179 p.
- [7] Potential impacts of emissions from outboard motors on the aquatic environment: a literature review. NIWA Client Report: HAM2007-026 March 2007, 33 p.
- [8] Fishbeyn E.I. Lodochnye motory «Veterok». Ustroystvo, ekspluatatsiya i remont: Spravochnik. L.: Sudostroenie, 1989. 184 p.
- [9] Motory lodochnye podvesnye: «Vikhr'-25R elektron», «Vikhr'-30R elektron», «Vikhr'-30 elektron», «Vikhr'-30», «Vikhr'-M» i «Vikhr'-30R». Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii. Kuybyshev: Kuybyshevskoe motorostroitel'noe proizvodstvennoe ob»edinenie imeni M.V. Frunze. 1988. 31 p.
- [10] Rukovodstvo po ekspluatatsii lodochnogo motora «Veterok-8M», g. Karsun: «Poligrafist». 1993. 36 p.
- [11] Pokusaev M.N., Khmel'nitskaya A.A. Opytovyy basseyn dlya provedeniya ispytaniy po izmereniyu vrednykh vybrosov otrabotavshikh gazov podvesnykh lodochnykh motorov malomernykh sudov // Nauchnye problemy transporta Dal'nego vostoka i Sibiri, Novosibirsk, 2017. № 3-4. p. 227 – 230.
- [12] Pokusaev M.N., Khmel'nitskiy K.E., Khmel'nitskaya A.A. Ctendovye ispytaniya lodochnykh podvesnykh motorov na baze malogo opytovogo basseyna. V sbornike: 62-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta materialy konferentsii. 2018. p. 201.
- [13] PND F 14,1:2:4,128-98 (2012) «Kolichestvennyy khimicheskiiy analiz vod. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii nefteproduktov v probakh prirodnykh, pit'evykh, stochnykh vod fluorimetricheskimi metodami na analizatore zhidkosti «Flyuorat-02»». Izdanie 2007 g. 27 p.
- [14] GOST 32513-2013. Topliva motornye. Benzin neetilirovanny. Tekhnicheskie usloviya. M.: Standartinform, 2014. 12 p.
- [15] GOST 17479.1-2015. Masla motornye. Klassifikatsiya i oboznachenie. M.: Standartinform, 2015. 10 p.

Статья поступила в редакцию 13.02.2019 г.

УДК 629.124.74:622.242

В.Н. Савинов, доцент, д.т.н., профессор кафедры аэрогидродинамики, прочности машин и сопротивления материалов ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»,
e-mail: vladimirsavinov6@gmail.com

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»
603950, ГСП-41, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

ОСТОЙЧИВОСТЬ НЕСАМОХОДНОГО ПЛАВУЧЕГО КРАНА С НЕПОВОРОТНЫМ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Ключевые слова: *стойчивость, плавучий кран, проектирование, строительство, расчеты, ветровые нагрузки, критерий погоды.*

Проектирование и строительство плавкранов большой грузоподъемности ведется для достижения повышенной эффективности погрузо-разгрузочных, аварийно-спасательных, ремонтно-строительных работ при постройке морских буровых установок, таких как самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ) и полупогружные плавучие буровые установки (ППБУ), на заводских акваториях, акваториях рек (при строительстве мостов), озер, морей, а также участия в других технологических операциях. Работа плавкранов часто происходит в неблагоприятных гидрометеорологических условиях. Поэтому, при проектировании плавкрана требуется проверка его устойчивости по критерию погоды, причем в наиболее неблагоприятном рабочем или нерабочем состоянии для различных случаев загрузки плавучего крана. Цель работы – определить устойчивость плавкрана по критерию погоды для ранней стадии его проектирования. На основе выполненных расчетов построена диаграмма плеч статической устойчивости, подтверждающая ее достаточность.

Введение

Возросшие потребности России в строительстве новой техники, связанной с освоением континентального шельфа [1, 2.] потребовало внедрения новых технологий в судостроении. Новые технологии необходимы для сокращения сроков постройки крупных сооружений. Такими сооружениями являются стационарные буровые платформы (СБП) [3, 4], самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ) [5, 6], полупогружные буровые установки (ППБУ) [7], ледокольные суда, мосты и другие важные объекты строительства, например, оборонного значения. Не менее важным можно считать повышение эффективности за счет увеличения массо-габаритных характеристик сборочно-монтажных и строительно-монтажных единиц техники при производстве погрузо-разгрузочных, аварийно-спасательных, гидротехнических, ремонтно-строительных работ, проводимых на заводских акваториях, акваториях рек, озер, морей. Повышение эффективности при проведении перечисленных работ может быть достигнуто благодаря применению плавучих подъемных кранов большой грузоподъемности с большим вылетом грузовой стрелы [8]

Поэтому проектирование и строительство плавкранов большой грузоподъемности востребовано временем и актуально [9] Требования Морского Регистра, предъявляемые к понтонам плавучих кранов, сводятся к обеспечению прочности конструкции, плавучести и устойчивости, а также к учету накопленного отечественного опыта проектирования и строительства плавкранов большой грузоподъемности [10] Цель работы – определить устойчивость плавкрана по критерию погоды на ранних стадиях его проектирования.

Расчет гидростатических кривых

Главные размерения корпуса несамходного плавучего крана приведены в табл. 1, [11] На их основе вычислены объемное водоизмещение, элементы плавкрана и построены кривые элементов плавучести (рис. 1).

Таблица 1

Основные характеристики корпуса плавучего крана грузоподъемностью 500 т

№ п/п	Характеристики понтона плавучего крана	Обозначение	Размерность	Численная величина
1	Длина корпуса	L	м	60,0
2	Ширина корпуса	B	м	28,0
3	Высота борта	D	м	6,0
4	Осадка средняя рабочая	$d_{\text{ср раб}}$	м	4,0
5	Осадка средняя порожнем	$d_{\text{ср пор}}$	м	2,0
6	Коэффициент общей полноты	C_B	-	0,950
7	Коэффициент полноты ватерлинии	a	-	0,990
8	Коэффициент полноты шпангоута	b	-	0,990
9	Весовое водоизмещение порожнем	$D_{\text{пор}}$	т	3300
10	Весовое водоизмещение в рабочем состоянии	$D_{\text{раб}}$	т	6600
11	Период бортовой качки	τ_{θ}	с	5,6
12	Апплика центра тяжести (без груза на гаке)	Z_g	м	12,0

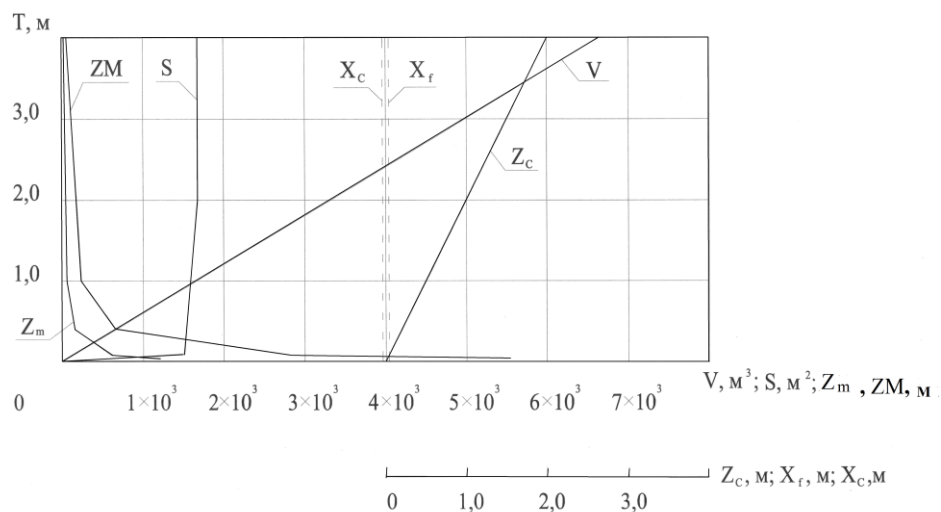


Рис. 1. Гидростатические кривые корпуса несамходного плавучего крана

Объемное водоизмещение V , входящее в выражения продольного R и поперечного r метацентрических радиусов, для прямоугольного понтона крана вычислено как произведение его длины L на ширину B и на осадку $T=d$ ($V=LBT$). Поскольку ватерлинии корпуса являются прямоугольниками, то моменты инерции их площадей относительно осей x и y , проходящих через ц. т. площади ватерлинии, находятся соответственно из выражений [12]

$$I_{fx}=LB^3/12, I_{fy}=BL^3/12. \quad (1)$$

Поперечный и продольный метацентрические радиусы определяются делением соответствующих моментов инерции площадей ватерлиний I_{fx} и I_{fy} , рассчитанных по формулам (1), на объемное водоизмещение V , т. е.

$$r=I_{fx}/V=LB^3/12LBT=B^2/12T, R=I_{fy}/V=BL^3/12LBT=L^2/12T. \quad (2)$$

Метацентрические высоты, поперечная h и продольная H соответственно, находятся из известных выражений [12]:

$$h = r + z_c - z_g; H = R + z_c - z_g, \quad (3)$$

где r, R – поперечный и продольный метацентрические радиусы корпуса, соответственно, м;

z_c – аппликата центра величины понтона, м;

z_g – аппликата ц.т. плавкрана, м.

Аппликата центра величины понтона плавкрана, имеющего прямоугольную форму, составляет половину высоты подводной части ($z_c=T/2$).

Плавкран проектируется на класс судна по Морскому Регистру Судоходства РФ К★Л4 [1] ПСП – плавучий кран несамостоятельный, построенный по Правилам и под надзором Регистра, имеющий ледовые усиления для возможности эпизодического плавания в мелкобитом льду в прибрежных районах замерзающих южных морей и рек, удовлетворяет требованиям части V «Деление на отсеки», в результате чего плавучий кран остается на плаву в удовлетворительном состоянии равновесия при затоплении одного отсека.

Район плавания плавкрана согласно классификации Российского Морского Регистра судоходства определен как II СП – плавание на внутренних водных путях, а также в морских районах на волнении не более 6 баллов и с удалением от места убежища:

– в открытых морях до 50 миль, с допустимым расстоянием между двумя местами убежища до 100 миль;

– в закрытых морях до 100 миль, с допустимым расстоянием между двумя местами убежища до 200 миль.

Правила классификации [13] устанавливают, что остойчивость плавучего крана по критерию погоды K будет достаточной, если угол крена от совместного действия начального кренящего момента (от груза на гаке или противовеса при отсутствии груза и т.п.), статического действия ветра и качки не превышают угла, при котором обеспечивается надежная работа крана, или угла при котором кромка палубы входит в воду или середина скулы мидель-шпангоута выходит из воды, в зависимости от того, который из них меньше. В данном случае работа плавкрана на волнении не предусмотрена. Рассматривается остойчивость плавкрана в нерабочем состоянии (отстой в порту с неработающими механизмами) для наихудшего в отношении остойчивости случая загрузки – без груза на гаке при самом высоком положении стрелы, с 10% запасов без жидкого балласта. В этом случае, остойчивость плавкрана по критерию погоды $K = b/a$ будет достаточной, если площадь b равна или больше площади a , т.е. $K \geq 1,0$. Для определения K выполним требуемые расчеты.

Расчет парусности плавкрана

Площадь парусности A_v и возвышение центра парусности Z_v над плоскостью ватерлинии определим в табличной форме (табл. 2). При расчете площади парусности используем эскиз общего вида плавучего крана (рис. 2).

Расчетные плечи парусности Z_v и Z_v^1 определяется по формулам (4.1.5.2-1), (4.1.5.2-2) [4] и данным табл. 2:

– при воздействии установившегося ветра

$$Z_v = \frac{\sum k_i n_i A_{vi} z_{vi}}{\sum k_i n_i A_{vi}} = \frac{63078}{1601} = 39,4 \text{ м}; \quad (4)$$

– при воздействии шквала

$$Z_v^1 = \frac{\sum k_i A_{vi} z_{vi}}{\sum k_i A_{vi}} = \frac{48193}{1363} = 35,4 \text{ м}, \quad (5)$$

где i – номер элемента парусности A_{vi} ;

z_{vi} – возвышение над ватерлинией центра тяжести площади элемента A_{vi} , м;

k_i – аэродинамический коэффициент обтекания элемента A_{vi} ;

n_i – коэффициент зоны для элемента A_{vi} .

Таблица 2

Расчет приведенной площади парусности A_v и возвышения центра парусности Z_v над плоскостью ватерлинии при крене плавкрана

Наименование элемента надводной части п/к	Площадь парусности элемента A_{vi} , м ²	Аэродинамический коэффициент формы обтекания, k_i	Коэффициент зоны, n_i	Возвышение центра парусности над WL , Z_{vi} , м	Статический момент площади, $k_i n_i A_{vi} Z_{vi}$, м ³
Надводный борт ($T_{cp}=2$ м)	240	1,2	1,0	2,0	576
Надстройка первого яруса	90	1,2	1,0	7,0	756
Надстройка второго яруса	15	1,2	1,0	11,5	207
Опора стрелы и качающейся стойки	12	1,4	1,0	7,0	117,6
Стационарная кормовая опора для лебедек	35	1,4	1,0	7,5	367,5
Лебедки на палубе	58	1,4	1,0	6,0	487,2
Краны палубные	48	1,3	1,0	12,0	748,8
Качающаяся стойка	92	1,2	1,2	32,0	4239,4
Грузовая стрела крана	360	1,2	1,37	70,0	41429
Фундамент стрелы	25	1,2	1,0	7,5	225
Троса	140	1,0	1,3	60,0	10920
Сумма	1560				60074
2% от $S A_{vi}$ на неучтенные площади и 5% от $S k_i n_i A_{vi} Z_{vi}$	1601				63078
Всего	1601			$Z_v = 39,4$	63078

Расчет устойчивости плавкрана

Поскольку плавкран не работает на волнении, то амплитуда качки не определяется. Выбор формулы кренящего момента производится в зависимости от критического значения параметра $G_{кр}$, определяемого по формуле (4.1.8.4), [13]

$$G_{кр} = \left\{ \left(Z_v^1 - 0,34Z_v \right) / \sqrt{C_B B d} \right\} - 0,34Cf_1 - f_3 \} / f_2 =$$

$$= \left\{ \left(35,4 - 0,34 \cdot 39,4 \right) / \sqrt{0,95 \cdot 28 \cdot 2} \right\} - 0,34 \cdot 1,0 \cdot 3,97 - 0,337 \} / 0,81 = 1,64 ; \quad (6)$$

где коэффициент $C=1,0$, а коэффициенты $f_1=3,97$, $f_2=0,6$, $f_3=0,027$ приняты согласно табл. 4.1.8.4-1, 4.1.8.4-2, [13] в зависимости от параметров P , P^2 и угла θ_0 , принятого в данном случае нулю градусов;

C_B – коэффициент общей полноты;

B – ширина понтона;

d – осадка плавкрана.

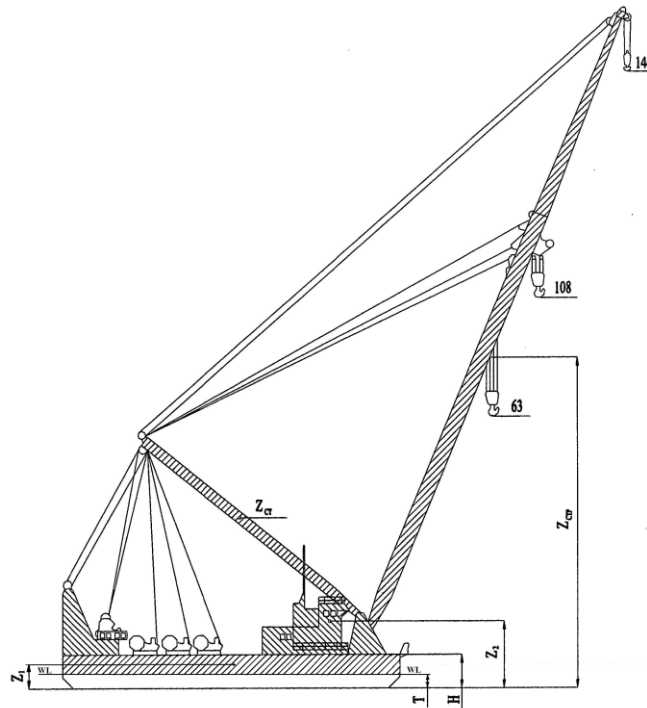


Рис. 2. Эскиз площади парусности плавучего крана

Параметр $P = 3,8$ принимался по табл. 4.1.6.2.3-1 в зависимости от значения выражения

$$\frac{z_m - d}{\sqrt{C_B B d}} = 4,34 , \quad (7)$$

где аппликата метacentра $z_m = 33,67$ м; аппликата центра тяжести $z_g = 12$ м; по-

перечный метacentрический радиус $r_0 = \frac{B^2}{12d} = 32,67$ м; поперечная метacentрическая высота $h_0 = r_0 + z_c - z_g = 21,67$ м.

Выбор расчетной формулы кренящего момента M_v связан с определением параметра G , который находится по формуле (4.1.6.2.3-2), [13]

$$G = \frac{z_g - d}{\sqrt{C_B B d}} = \frac{12 - 2}{\sqrt{0,95 \cdot 28 \cdot 2}} = 1,37. \quad (8)$$

Проверяется условие $G \leq 0,9G_{кр}$. Данное условие выполняется. Оно характерно для понтоновых плавучих кранов. В этом случае, кренящий момент M_v определяется по формуле (4.1.8.5.1), [13]

$$M_v = 0,6q(z_v + f_1 \sqrt{C_B B d}) \sum k_i n_i A_{vi} = \\ 0,6 \cdot 0,35(39,4 + 3,97 \sqrt{0,95 \cdot 28 \cdot 2}) \cdot 1601 = 22997 \text{ кНм}. \quad (9)$$

Угол крена плавучего крана от совместного действия начального кренящего момента, статического действия ветра и качки будет равен

$$\theta_{d2} = \theta_0 + \theta_s + \theta_r = 1,9^\circ, \quad (10)$$

где, в отсутствии качки, угол $\theta_r = 0^\circ$, а θ_0, θ_s определяются по формулам:

$$\theta_0 = \frac{57,3 \cdot y_g}{h_0} = 0^\circ \quad \theta_s = \frac{57,3 \cdot M_v}{g \cdot \Delta \cdot h_0} = \frac{57,3 \cdot 22997}{9,81 \cdot 3300 \cdot 21,67} = 1,9^\circ, \quad (11)$$

где $y_g = 0$, м – ордината центра тяжести плавкрана;

$g = 9,81$, м/с² – ускорение свободного падения;

$\Delta = 3300$, т – весовое водоизмещение плавкрана;

$h_0 = 21,67$, м – поперечная метацентрическая высота.

Остойчивость плавучего крана в нерабочем состоянии считается достаточной, если при случае загрузки согласно пункта 4.1.3.1.2, [13] при отсутствии качки ($\theta_r = 0^\circ$) момент, опрокидывающий плавкран, по крайней мере, в 1,5 раза превышает кренящий момент. Плечо кренящего момента от воздействия постоянного ветра l_{w1} вычисляется по формуле

$$l_{w1} = \frac{p_v \cdot A_v \cdot z_v}{1000 \cdot \Delta \cdot g} = \frac{M_v}{\Delta \cdot g} = 0,71 \text{ м}. \quad (12)$$

Плечо кренящего момента при шквальном ветре l_{w2} определится как

$$l_{w2} = 1,5 l_{w1} = 1,10 \text{ м}. \quad (13)$$

Построим диаграмму плеч статической устойчивости плавучего крана при крене (рис. 3), рассчитанную для понтона сидящего прямо и на ровный киль ($\theta = 0^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$). Она показывает, что устойчивость плавучего крана по критерию погоды, испытывающего нагрузку как от действия постоянного ветра, так и от действия шквального ветра, рассчитанную по нормам заданного района плавания, в первом приближении можно считать достаточной. Об этом свидетельствуют площади под кривой диаграммы b и над этой кривой a , т.е. выполняется необходимое условие достаточности устойчивости по критерию погоды – $K \geq b/a$. В заключении, по итогам выполненной работы, приведены краткие выводы.

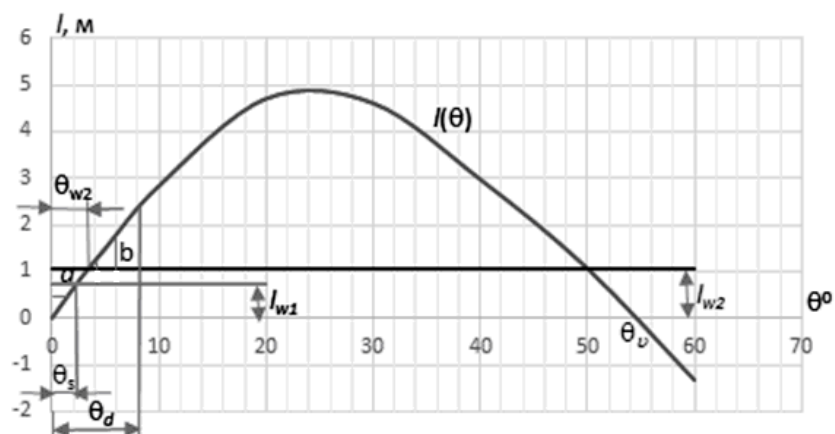


Рис. 3. Диаграмма плеч статической устойчивости при крене плавучего крана: $I(\theta)$ – диаграмма; l_{w1} – плечо кренящего момента от воздействия постоянного ветра; l_{w2} – плечо кренящего момента при шквальном ветре; θ_s – угол крена понтоного плавкрана под воздействием кренящего момента от постоянного ветра; θ_d – угол входа палубы в воду; θ_{w2} – угол крена плавкрана от кренящего момента при шквальном ветре; θ_v – угол заката диаграммы; a , b – сравниваемые площади над и под кривой диаграммы статической устойчивости

Заключение

При рассмотрении устойчивости несамоходного плавкрана с неповоротным грузоподъемным устройством использованы вычисленные элементы и основные характеристики его корпуса. Для расчета начальной поперечной устойчивости плавучего крана по критерию погоды K определены площадь парусности, плечи парусности от воздействия установившегося ветра и от воздействия шквала. Учтено, что кран не работает на волнении. Получено: кренящий момент $M_v = 22997$ кН м; статический угол крена $\theta_s = 1,9^\circ$; плечи кренящих моментов $l_{w1} = 0,71$ м и $l_{w2} = 1,10$ м; угол крена при шквальном ветре $\theta_{w2} = 2,9^\circ$.

Диаграмма плеч статической устойчивости (рис. 3) подтверждает полученные результаты. Здесь площадь b ограничена графиком $I(\theta)$ восстанавливающих плеч, горизонтальной прямой, соответствующей кренящему плечу l_{w2} и углом крена $\theta_d = 8^\circ$, соответствующему углу входа палубы в воду. Площадь a ограничена кривой восстанавливающих плеч $I(\theta)$, прямой l_{w2} и углом крена θ_{w2} плавкрана от кренящего момента при шквальном ветре. Так как критерий погоды $K > b/a$, то устойчивость можно признать достаточной.

Список литературы:

- [1] Edoardo R. The Role of Heavy Lift semisubmersible vessels in latest and future offshore technology. – «LA MARINA ITALIANA», vol/ 85/ – №4. – 1987. – pp. 24-32.
- [2] Heerema P.S. and Krath I.E. Workshop Equipped with 600 ton Crane for Transportation and Installation Platform, Process Equipment and Pipelines of Gulf of Suez Petroleum Company. «2 – nd Annual offshore technology Conference». Houston, April 1970 North Central Expressway. – pp. 21-25.
- [3] Heerema P.S. Operation Experience with m.s. «Challenger» when Installing Fixed platform at sea and Laying Pipelines. De Ingenour, 1971, vol. 83. – №7. – pp. 21 – 25.
- [4] Sjoerdsma G.W. General appraisal of offshore gravity structures. Offshore Struct. Proc. Conf., London, 1974. – London, 1975. – pp. 61-66.
- [5] Савинов В.Н. Океанотехника: учеб. пособие /В.Н. Савинов; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева.-Н. Новгород, 2017. – 276 с.

- [6] Offshore Marine Operation, Fagernes, 10–11 April, 1980.
- [7] Proceeding of Offshore Technology Conference, May, Houston, Texas, USA, 1978, vol. 11 OTC 3150, pp. 861 – 872, OTC 3147, pp.823–838.
- [8] «Ship en Wert de Zee», 1991, VIII BLZ. P. 389–391. Perspektivy razvitiya zarybejnogo tyjologo plavkranostroeniya. – Sudostroenie. – 1992. – №4 – p. 13–14.
- [9] Novikov A., Latorre R. Floating crane selection. – Naval Architects, 2009, № Jan., Royal Institution of Naval Architects, ISSN: 0306 – 0209, p. 22–24.
- [10] О требованиях Регистра СССР к остойчивости плавучих кранов /Н.Д. Великосельский, В.Г. Зиньковский-Горбатенко, С.В. Королев, Е.А. Кравцов //Научно-технический сб. Регистра СССР, 1981. вып. 10. с. 111–123.
- [11] Савинов В.Н. Определение характеристик несамостоятельного плавучего крана /Электронный научный журнал «Транспортные системы» №2, 2016 г. <https://transport-systems.ru/2-16/html>
- [12] Лесюков В.А. Теория и устройство судов внутреннего плавания. 4-е изд. М.: Транспорт, 1982. 304 с.
- [13] Правила классификации и постройки морских судов. Ч. IV. Остойчивость. СПб, 2018 г. – 59 с. (электронная версия).

NON - SELF-PROPELLED FLOATING CRANE WITH FIXED LIFTING DEVICE STABILITY

V.N. Savinov, the senior lecturer, Dr.Sc.(Tech.), the professor of chair of aerohydrodynamics, durability of cars and resistance of materials Nizhniy Novgorod state technical university of R.E. Alekseeva
603951, Nizhniy Novgorod, Minin str., 24

Keywords: *Stability, the floating crane, designing, building, calculations, wind loadings, criterion of weather.*

Heavy-duty floating cranes Design and construction is carried out to achieve increased efficiency of loading, unloading, rescue, repair and construction work in the offshore drilling rigs construction, such as self-lifting floating drilling rigs (SPBU) and semi-submersible floating drilling rigs (PPBU), in factory areas, the river waters (in the bridges construction o), lakes, seas, as well as participation in other technological operations. The floating cranes work often occurs in adverse hydrometeorological conditions. Therefore, when designing a floating crane, it is necessary to check its stability by the weather criterion, and in the most unfavorable working or non-working state for various cases of a floating crane loading. The purpose of the work is to determine the floating crane stability by the weather criterion for the early stage of its design. On the performed calculations basis, the shoulders static stability diagram was constructed, confirming its sufficiency.

References:

- [1] Edoardo R. The Role of Heavy Lift semisubmersible vessels in latest and future offshore technology. – «La marina italiana», vol/ 85/ – №4. – 1987. – pp. 24-32.
- [2] Heerema P.S. and Krath I.E. Workshop Equipped with 600 ton Crane for Transportation and Installation Platform, Process Equipment and Pipelines of Gulf of Suez Petroleum Company. «2-nd Annual offshore technology Conference». Houston, April 1970 North Central Expressway. – pp. 21-25.
- [3] Heerema P.S. Operation Experience with m.s. «Challenger» when Installing Fixed platform at sea and Laying Pipelines. De Ingenour, 1971, vol. 83. – №7. – pp. 21–25.
- [4] Sjoerdsma G.W. General appraisal of offshore gravity structures. Offshore Struct. Proc. Conf., London, 1974. – London, 1975. –pp.61-66.
- [5] Savinov V.N. Okeanotekhnika: Uchebnoe posobie /V.N. Savinov; Nizhegorod. State technical university of R.E. Alekseeva. – N. Novgorod, 2017. – 276 p.
- [6] Offshore Marine Operation, Fagernes, 10–11 April, 1980.
- [7] Proceeding of Offshore Technology Conference, May, Houston, Texas, USA, 1978, vol. 11 OTC 3150, pp. 861 – 872, OTC 3147, pp.823–838.
- [8] «Ship en Wert de Zee», 1991, VIII BLZ. P. 389 – 391. Perspektivy razvitiya zarybejnogo tyjologo plavkranostroeniya. – Sudostroenie. – 1992. – №4 – p. 13–14.

- [9] Novikov A., Latorre R. Floating crane selection. – Naval Architects, 2009, № Jan., Royal Institution of Naval Architects, ISSN: 0306 – 0209, p. 22–24.
- [10] O trebovaniyakh Registra SSSR k ostoichivosti plavuchikh kranov /N.D. Velikosel'skiy, V.G. Zin'kovskiy-Gorbatenko, S.V. Korolev, E.A. Kravtsov //Nauchno-tekhnicheskiiy sbornik Registra SSSR, 1981. vyp. 10. pp. 111-123.
- [11] Savinov V.N. Opredelenie kharakteristik nesamokhodnogo plavuchego kрана /Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Transportnye sistemy» №2, 2016 .<https://transport-systems.ru/2-16/html>.
- [12] Lesykov V.A. Teoriya i ustroystvo sudov vnytrennego plavaniya. 4-e izd. M.: Transport, 1982. 304 p.
- [13] Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov. Ch. IV. Ostoichivost'. SPb.,2018. – 59 p. (Elektronnay versiya).

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

УДК 629.5.028.71

А.В. Соловьёв, д.т.н., заместитель директора Верхне-Волжского филиала Федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр», 603001, г. Нижний Новгород, ул. Рождественская, 38В

Е.В. Зеличенко, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

И.В. Голубев, научный эксперт Центра разработки Правил Верхне-Волжского филиала Федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр», 603005, г. Нижний Новгород, Верхневолжская набережная, 8/59

О ВЫБОРЕ ЯКОРНОГО СНАБЖЕНИЯ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Ключевые слова: якорное снабжение, Правила PPP, Резолюция №61, стандарт ES-TRIN, правила DNV GL, суда внутреннего плавания, европейские предписания, ВВП РФ, ЕВВП, условная держащая масса якорей.

В настоящей статье приведены результаты расчетов по выбору якорного снабжения судов внутреннего плавания различного типа и размерений по Правилам Российского Речного Регистра (далее – Правилам PPP) и европейским предписаниям – Резолюция № 61 Европейской Экономической комиссии Организации Объединенных Наций «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания», Директива (ЕС) 2016/1629 Европейского парламента и Совета от 14 сентября 2016 года и Европейский стандарт, устанавливающий технические требования для судов внутреннего плавания (стандарт ES-TRIN) издания 2019/1, а также совместные правила Норвежского Веритаса и Германского Ллойда для судов внутреннего плавания издания 2018 г. (далее правила DNV GL). Работа по сопоставлению регламентируемого по различным методикам якорного снабжения судов внутреннего плавания актуальна ввиду того, что имеются случаи несоответствия якорного снабжения российских судов, выходящих на внутренние водные пути ЕС, европейским предписаниям, а также случаи необоснованного завышения требований Правил PPP по якорному снабжению применительно к водоизмещающим судам с материалом корпуса, отличным от стали. Сопоставляемая масса якорей определялась в соответствии с пунктом 3.2.1 части V ПКПС с одной стороны, и пунктами 1–6 статьи 13.01 стандарта ES-TRIN (в правилах DNV GL использована аналогичная методика) с другой стороны. Для оценки главной составляющей держащей силы якорного снабжения при различных подходах к стратегии якорного снабжения судов введено понятие условной держащей массы якорного снабже-

ния. Результаты сопоставления условных держащих масс при постановке судна только на носовые якоря сведены в таблицу, представленной в статье. Выявлено, что методики выбора якорного снабжения по Правилам РРР и европейским предписаниям в большинстве случаев не позволяют получить сопоставимые результаты, что в определенной мере можно объяснить различными подходами к определению характеристики снабжения – определяющего фактора расчетных зависимостей.

Введение

В последнее время выявляются случаи несоответствия якорного снабжения российских судов, выходящих на внутренние водные пути ЕС (далее – ЕВВП), европейским предписаниям, а также случаи необоснованного завышения требований Правил Российского Речного Регистра (далее – Правил РРР) [1] по якорному снабжению применительно к водоизмещающим судам с материалом корпуса, отличным от стали. Это требует более детального исследования вопросов, связанных с выбором якорного снабжения судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания.

В настоящей статье под Правилами РРР понимаются изданные в 2015 г. Правила классификации и постройки судов (ПКПС), а под европейскими предписаниями [2] – Резолюция № 61 Европейской Экономической комиссии Организации Объединенных Наций «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания» (далее – Резолюция №61 ЕЭК ООН) [3, 4, 5, 6], Директива (ЕС) 2016/1629 Европейского парламента и Совета от 14 сентября 2016 года [7] и Европейский стандарт, устанавливающий технические требования для судов внутреннего плавания (стандарт ES-TRIN) издания 2019/1 [8], а так же совместные правила Норвежского Веритаса и Германского Ллойда для судов внутреннего плавания издания 2018 г. (далее – правила DNV GL) [9].

Ясно, что для проведения детального исследования необходимо иметь данные, на которые можно ориентироваться. В нашем понимании такими данными могут быть результаты сопоставления параметров якорного снабжения, в том числе суммарной массы якорей и цепей судов различных типов и размерений по Правилам РРР и по европейским предписаниям. В статье приведены результаты расчетов, выполненных для пятнадцати сухогрузных судов, трех барж, шести танкеров и пяти буксиров с классом Российского Речного Регистра. Все необходимые данные для выполнения расчетов по выбору якорного снабжения сухогрузных самоходных и несамоходных судов, танкеров, буксиров получены из «Справочника по серийным речным судам» [10, 11, 12].

Принятые условия проведения расчетов

Сопоставляемая масса якорей определялась в соответствии с пунктом 3.2.1 части V ПКПС с одной стороны, и пунктами 1–6 статьи 13.01 стандарта ES-TRIN (в правилах DNV GL использована аналогичная методика) с другой стороны.

Для определения массы якорных цепей использовались данные табл. 2 ГОСТ 228-79 [13]. Применительно к якорным цепям, длина которых выбрана в соответствии с Правилами РРР, масса цепи определялась умножением теоретической массы 1 м промежуточной смычки, выбранной в зависимости от калибра якорной цепи в соответствии с пунктом 3.2.9 части V ПКПС, на регламентированную ПКПС для данного судна суммарную длину якорных цепей носовых и/или кормовых якорей. При определении массы якорных цепей, длина которых выбрана согласно указаниям европейских предписаний, вначале рассчитывалась минимальная прочность на разрыв по формулам пункта 11 статьи 13.01 а), b) и c) стандарта ES-TRIN (аналогичные формулы применяются в правилах DNV GL). Цепь считалась оборудованной распорками и имеющей первую категорию прочности, для нее разрушающая нагрузка принималась равной рассчитанной минимальной прочности на разрыв. Отличие массы концевых и соединительных звеньев от массы общих звеньев не учитывалось, как не учитывалась масса

концевых скоб, вертлюгов и вертлюг-скоб, так как погрешность оценки массы якорной цепи с учетом принятых допущений не превышает 1–3%, что вполне допустимо [14].

Условная держащая масса якорного снабжения

Предварительные расчеты показали, что в большинстве случаев масса носовых якорей, определенная по европейским предписаниям больше, чем определенная в соответствии с ПКПС, а длина якорных цепей, определенная по европейским предписаниям, существенно меньше, чем определенная по Правилам РРР. На якорных стоянках в больших водохранилищах и, особенно, в Онежском или Ладожском озерах с каменистыми грунтами большая удерживающая судно сила достигается не с помощью большой массы якорей, а с помощью длины вытравленных якорных цепей. Поскольку таких водохранилищ и озер на ЕВВП нет, то в европейских предписаниях, вероятно, и выбрана стратегия якорного снабжения, когда масса якорей выбирается большой, а длина якорных цепей – достаточно малой.

Для оценки главной составляющей держащей силы якорного снабжения при различных подходах к стратегии якорного снабжения судов введем понятие условной держащей массы якорного снабжения.

Реальная сила, удерживающая судно, поставленного на якорь, с одной стороны, равна сумме произведений массы якоря на коэффициент держащей силы, характерный для данного типа якоря, и массы лежащей на грунте якорной цепи на коэффициент трения якорной цепи о грунт. С другой стороны, держащая сила зависит от массы провисшей части якорной цепи и расстояния от грунта до клюза. Не рассматривая схему приложения сил, в том числе сил сцепления якоря с грунтом и сил трения якорной цепи о грунт, можно считать, что сумма массы якоря и массы якорной цепи в определенной мере, хотя бы в первом приближении, является функцией держащей силы. Назовем эту сумму условной держащей массой, и будем рассматривать отдельно условную держащую массу при постановке судна только на носовые якоря, только на кормовые якоря, а также суммарную условную держащую массу при постановке судна одновременно на носовые и кормовые якоря.

Результаты сопоставления

Результаты сопоставления условных держащих масс при постановке судна только на носовые якоря приведены в табл. 1. Аналогичные таблицы получены для случаев постановки судна только на кормовые якоря и одновременно на носовые и кормовые якоря.

Укажем, что якорное снабжение сухогрузных теплоходов проектов 19610, 19611, 05074М и Р32.3.2 классов «R2-RSN» РМРС, «О-ПР» и «М-СП» определялось исключительно с целью проверки возможности распространения европейских предписаний на суда, эксплуатирующиеся в бассейнах разряда «М», аналогов которым в классификации ЕВВП нет. Эта проверка показала, что европейские предписания в отношении якорного снабжения нельзя применять на суда, предназначенные для эксплуатации в бассейнах разряда «М».

При сопоставлении только рассчитанных суммарных масс $m_{\text{сум}}$ носовых якорей (они учтены в табл. 1) для судов классов «О» (Зона 1 ЕВВП) выявлено, что масса $m_{\text{сум}}$, рассчитанная по европейским предписаниям больше, чем рассчитанная по Правилам РРР, при этом диапазон отличий в данном случае составил от 4 до 45 %.

Таблица 1

Условная держащая масса при постановке судна на носовые якоря, кг

Номер проекта судна, класс PPP, зона по классификации ЕВВП	Значение, определенное по		Отличие по сравнению со значением, определенным по ПКПС, %
	ПКПС	Стандарт ES-TRIN	
Самоходные сухогрузные суда			
№ 19610, условно класс «М» (—)	16876	8261	–51,05
№ 19611, условно класс «М» (—)	14928	7469	–49,97
№ 05074М, условно класс «М» (—)	16708	8385	–49,81
№ Р32.3.2, условно класс «М»(—)	12964	5577	–56,98
№ 507Б, класс «О» (зона 1)	11048	7571	–31,47
№ 576, класс «О» (зона 1)	7435	5171	–30,45
№ 559Б, класс «О» (зона 1)	5719	3275	–42,73
№ 765А, класс «О» (зона 1)	2756	2004	–27,29
№ 2036, класс «Р» (зона 2)	2982	3799	27,40
№ 86А, класс «Р» (зона 2)	2671	2003	–25,01
№ 912А, класс «Р» (зона 2)	1586	987	–37,77
№ 159-III, класс «Р» (зона 2)	386	356	–7,77
№ 220В, класс «Л» (зона 3)	315	229	–27,30
№ К53, класс «Л» (зона 3)	349	302	–13,47
№ 776А, класс «Л» (зона 3)	531	326	–38,61
Нефтеналивная баржа			
№ Р167, класс «О» (зона 1)	9194	8053	–12,41
Концевая секция двухсекционного состава			
№ Р156, класс «О» (зона 1)	7034	7093	0,84
Бункерная баржа			
№ Р127, класс «Р» (зона 2)	789	394	–50,06
Танкеры			
№ 587, класс «О» (зона 1)	9922	6090	–38,62
№ 1754Б, класс «О» (зона 1)	5778	4465	–22,72
№ Р42, класс «О» (зона 1)	3432	2299	–33,01
№ 1754, класс «Р» (зона 2)	3001	3283	9,40
№ 795, класс «Р» (зона 2)	1209	745	–38,38
№ 868, класс «Р» (зона 2)	838	720	–14,08
Буксиры и буксиры-толкачи, используемые в качестве буксиров			
№ С07521, класс «М» (—)	5782	2784	–51,85
№ 07521, класс «М» (—)	5782	2810	–51,40
№ 81510, класс «О» (зона 1)	1960	998	–49,08
№ 81200, класс «О» (зона 1)	1967	1650	–16,12
№ 81350, класс «Р» (зона 2)	810	313	–61,36

Для судов класса «Р» (зона 2 ЕВВП) и «Л» (зона 3 ЕВВП) в большинстве случаев характерна обратная ситуация – масса $m_{\text{сум}}$, рассчитанная по Правилам РРР больше чем рассчитанная по европейским предписаниям. Такая же закономерность характерна при расчете массы кормового якоря, так как выбор массы кормового якоря зависит от массы носовых якорей, при этом диапазон отличий в данном случае составил от 40

до 79 %. Значения длины и калибра якорных цепей, рассчитанные по Правилам РРР, превышали значения, полученные по европейским предписаниям. В связи с тем, что длины якорных цепей по ПКПС и по ES-TRIN значительно отличаются, условная держащая масса при постановке судна раздельно на носовые или кормовые якоря, а также и при постановке судна одновременно на носовые и кормовые якоря, по Правилам РРР получается больше, чем по европейским предписаниям.

Для несамоходных барж были получены следующие результаты: масса $m_{\text{сум}}$ для судов класса «О» (Зона 1 ЕВВП), рассчитанная по европейским предписаниям, больше, чем рассчитанная по Правилам РРР, при этом диапазон отличий составляет от 60 до 74 %. При выборе якорей для судов класса «Р» (Зона 2 ЕВВП) – масса $m_{\text{сум}}$, рассчитанная по Правилам РРР, больше, чем рассчитанная по европейским предписаниям. Длина якорных цепей, рассчитанная по Правилам РРР превышает значения, полученные по европейским предписаниям.

Для танкеров были получены следующие результаты: суммарная масса носовых якорей для судов классов «О» (Зона 1 ЕВВП) и «Р» (Зона 2 ЕВВП), рассчитанная по европейским предписаниям, больше, чем рассчитанная по Правилам РРР, за исключением танкеров класса «Р» длиной менее 86 м и грузоподъемностью 150 т, при этом диапазон отличий в данном случае составил от 21 до 44%. Длина якорных цепей, рассчитанная по Правилам РРР превышает значения, полученные по европейским предписаниям.

В настоящей работе якорное снабжение буксиров-толкачей не рассматривалось, поэтому все рассмотренные проекты буксиров и буксиров-толкачей, которые рассматривались как буксиры, согласно ПКПС не были снабжены кормовым якорем. Отметим, что если бы мы рассматривали буксиры-толкачи, используемые для толкания составов, то их следовало бы оснастить кормовыми якорями, масса которых составляла бы не менее 0,8 массы носовых якорей всего состава. Стандарт ES-TRIN (статья 13.01) указывает:

«3. Суда, указанные в пункте 1, длиной L не более 86 м должны оснащаться кормовыми якорями общей массой, не превышающей 25% от массы P .

Однако суда, максимальная длина которых L превышает 86 м, должны оснащаться кормовыми якорями, общая масса которых составляет 50 % от массы P , рассчитанной в соответствии с пунктами 1 и 2.»

В стандарт ES-TRIN включены требования по оборудованию судов, предназначенных для толкания составов судов длиной не более 86 м, кормовыми якорями суммарной массой, равной 25 % от массы P , рассчитанной для наибольшего допустимого формирования, указанного в свидетельстве судна внутреннего плавания. Однако, и в этом случае условная держащая масса якорного снабжения буксиров по европейским предписаниям, за исключением теплохода проекта № 81200 с достаточно тяжелыми кормовым якорем и его цепью, оказалась на 29–64 % меньше, чем по ПКПС.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что методики выбора якорного снабжения по Правилам РРР и европейским предписаниям в большинстве случаев не позволяют получить сопоставимые результаты, что в определенной мере можно объяснить различными подходами к определению характеристики снабжения – определяющего фактора расчетных зависимостей. Характеристика снабжения по Правилам РРР рассчитывается в зависимости от парусности судна, а по европейским предписаниям – с учетом грузоподъемности или водоизмещения судна.

Выводы

Для того чтобы суда, построенные на класс РРР, были допущены на ЕВВП, в частности для плавания в зонах 1 и 2, необходимо проверить достоверность применения при выборе якорного снабжения по Правилам РРР характеристики снабжения, зависящей только от парусности судна, а также уточнить требования Правил РРР к массе носовых и кормовых якорей судов внутреннего плавания. При этом, если эти суда

предполагается использовать как на ЕВВП, так и на ВВП РФ, длины цепей предлагается оставить соответствующим требованиям действующих Правил РРР, исключительно имея ввиду необходимость вытравливания большой длины якорной цепи при якорной стоянке на каменистых грунтах.

Список литературы:

- [1] Российский Речной Регистр. Правила (в 5-и томах). – М.: Наука, 2015.
- [2] Применение резолюций Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, касающихся внутреннего судоходства. ECE/TRANS/SC.3/2018/11. Шестидесят вторая сессия ЕЭК ООН, Женева, 3–5 октября, 2018.
- [3] Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 1». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.1. ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2011.
- [4] Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 2». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.2. ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2013.
- [5] Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 3». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.3. ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2017.
- [6] Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 4». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.4. ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2017.
- [7] Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2016/1629/ЕС от 14 сентября 2016 года о технических требованиях к судам внутреннего водного плавания, об изменении Директивы 2009/100/ЕС и отмене Директивы 2006/87/ЕС.
- [8] European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels (ES-TRIN), Edition 2019/1. European Committee for drawing up Standards in the field of Inland Navigation (CESNI), 2019.
- [9] DNV GL. Rules for classification: Ships. Pt.3. Ch.11. Hull equipment, supporting structure and appendages. Edition January 2018, Amended July 2018.
- [10] Справочник по серийным транспортным судам. Том 2. – М.: Транспорт, 1973. – 294 с.
- [11] Серийные речные суда. Том 8. – М.: Транспорт, 1987. – 230 с.
- [12] Справочник по серийным речным судам. Том 9. – М.: Транспорт, 1993. – 202 с.
- [13] ГОСТ 228-79 Цепи якорные с распорками. Общие технические условия. Введ. 1982-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 31 с.
- [14] Ефремов, Н.А. Правила Российского Речного Регистра в сопоставлении с европейскими предписаниями для судов внутреннего плавания / Н.А. Ефремов. – М.: Наука, 2011. – 235 с.

ABOUT THE CHOICE OF ANCHOR EQUIPMENT FOR INLAND NAVIGATION VESSELS

A.V. Soloviev, Dr. Sc. (Tech.), Deputy Director of the Upper Volga
branch of the Federal Autonomous institution «Russian River Register»
603001, Nizhny Novgorod, Rozhdestvenskaya str., 38V

E.V. Zelichenko, postgraduate Volga State University of Water Transport
603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str. 5

I.V. Golubev, scientific expert of the Rules Development Center for the of the Upper Volga
branch of the Federal Autonomous institution «Russian River Register»
603005, Nizhny Novgorod, Upper Volga embankment, 8/59

Keywords: anchor equipment, Rules of the Russian River Register, Resolution №61, ES-Trin standard, DNV GL rules, inland navigation vessels, European regulations, Inland waterways of the Russian Federation, European Inland Waterways, conditional holding mass of anchors.

This article presents the calculations results on the anchor choice of the various types inland navigation vessels supply and dimensions according to the Russian River Register Rules (hereinafter referred to as the RRR Rules) and the European regulations – Resolution No. 61 of the United Nations Economic Commission for Europe «Recommendations concerning the European level harmonized technical requirements applicable to inland navigation vessels», Directive (EU) 2016/1629 of the European Parliament and of the 14 September 2016 Council and the European Standard, establishing technical requirements for inland navigation vessels (ES-TRIN standard) edition 2019/1, as well as common rules for Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd for inland navigation vessels 2018 edition (hereinafter DNV GL Rules). Work on the different methods regulated anchor supply comparison of inland navigation vessels is relevant, due to the fact that there are non-compliance anchor supply cases concerning Russian vessels entering the inland EU waterways, European regulations, as well as the RRR unjustified overstatement cases rules dealing with the requirements on anchor supply in relation to displacement vessels with the hull material other than steel. Matching anchors the weight is determined in accordance with clause 3.2.1 of Part V of the Ships Classification and Construction Rules on the one hand, and clauses 1–6 of Article 13.01 of the ES-TRIN standard (the same methodology is used in the DNV GL rules) on the other hand. To assess the main holding power anchor supply component with different approaches to the anchor supply ships strategy, the conditional holding anchor weight supply concept was introduced. The comparison conditional holding weight results when placing the vessel only on the bow anchors are summarized in the table presented in the article. The results analysis shows that in most cases, the methods for selecting anchor supplies according to the RRR Rules and European regulations do not allow obtaining comparable results, which to some extent can be explained by different approaches to supply characteristics definition – the calculated dependencies determining factor.

References:

- [1] Russian River Register. Rules (in 5 volumes). – M.: Science, 2015.
- [2] Application of United Nations Economic Commission for Europe resolutions on inland navigation. ECE/TRANS/SC.3/2018/11. Sixty-second session of UNECE, Geneva, 3-5 October, 2018.
- [3] Resolution No. 61 «Recommendations on harmonized Europe-wide technical requirements for inland navigation vessels. Revision 1. Amendment 1». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.1. UNECE, New York and Geneva, 2011.
- [4] Resolution No. 61 «Recommendations on harmonized Europe-wide technical requirements for inland navigation vessels. Revision 1. Amendment 2». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.2. UNECE, New York and Geneva, 2013.
- [5] Resolution No. 61 «Recommendations on harmonized Europe-wide technical requirements for inland navigation vessels. Revision 1. Amendment 3». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.3. UNECE, New York and Geneva, 2017.
- [6] Resolution No. 61 «Recommendations on harmonized Europe-wide technical requirements for inland navigation vessels. Revision 1. Amendment 4». ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.4. UNECE, New York and Geneva, 2017.
- [7] Directive (EU) 2016/1629 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2016 laying down technical requirements for inland waterway vessels, amending Directive 2009/100/EC and repealing Directive 2006/87/EC.
- [8] European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels (ES-TRIN), Edition 2019/1. European Committee for drawing up Standards in the field of Inland Navigation (CESNI), 2019.
- [9] DNV GL. Rules for classification: Ships. Pt.3. Ch.11. Hull equipment, supporting structure and appendages. Edition January 2018, Amended July 2018.
- [10] Reference Book of serial transport vessels. Volume 2. – M.: Transport, 1973. - 294 p.
- [11] Serial river vessels. Volume 8. – M.: Transport, 1987. - 230 p.
- [12] Reference book on serial river vessels. Volume 9 – M.: Transport, 1993. - 202 p.
- [13] GOST 228-79 Anchor chains with struts. General specifications. Intr. 1982-01-01. – M.: IPK Publishing house of standards, 1997. – 31 p.
- [14] Efremov N.A. Rules Of the Russian River Register in comparison with the European regulations for inland navigation vessels / N.A. Efremov. – M.: Nauka, 2011. – 235 p.

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

УДК621.67.035.001.63

С.Г. Яковлев, доцент, к.т.н., декан электромеханического факультета,
ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: emf@vgavt-nn.ru
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ГРУНТОВОГО НАСОСА

Ключевые слова: землесос, производительность по грунту, бустерный грунтовой насос, диагональный насос, рабочее колесо, выправляющий аппарат, входная кромка лопасти, окружная составляющая скорости, меридиональная составляющая скорости

Для повышения производительности по грунту землесосов в случае ограниченной всасывающей способности целесообразна установка бустерного насоса. Использование в качестве бустерного диагонального насоса предполагает установку выправляющего аппарата. При этом целесообразно проектировать выправляющий аппарат с цилиндрическими лопастями с целью упрощения его изготовления, восстановления и обеспечения стабильных параметров в процессе эксплуатации. Лопасти выправляющего аппарата должны иметь профиль, обеспечивающий безударный вход потока. Для этого необходимо знать окружную составляющую скорости жидкости непосредственно за рабочим колесом насоса и окружную составляющую скорости потока перед входными кромками лопастей выправляющего аппарата. Вследствие удалённости входных кромок выправляющего аппарата от выходных кромок рабочего колеса на размер проходного сечения окружная скорость будет уменьшаться.

Предлагаемый метод расчёта позволяет определить окружные скорости при входе в выправляющий аппарат на различных радиусах, что полностью определяет положение входной кромки лопасти с минимальными гидравлическими потерями.

Повышение производительности землесосов является актуальной задачей. При этом для её увеличения, ограниченной всасывающей способностью грунтовых насосов, существуют различные способы. Бустерные грунтовые насосы, рассчитанные на компенсацию дефицита всасывающей способности основного грунтового насоса, обладают обычно небольшим напором [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11].

При коэффициенте быстроходности $250 < n_s < 500$ используют диагональные насосы [12]. Выправляющий аппарат, устанавливаемый за рабочим колесом насоса, предназначен для преобразования скоростного напора в потенциальный. В работе [13] рассмотрен метод проектирования выправляющего аппарата осевого насоса с цилиндрическими лопастями. Последние применяют с целью упрощения его изготовления и восстановления.

Для правильного проектирования выправляющего аппарата необходимо знать окружную составляющую скорости C_{2u} жидкости непосредственно за рабочим колесом и окружную составляющую скорости C'_{2u} потока перед входными кромками выправляющего аппарата. Вследствие удалённости входных кромок выправляющего аппарата от выходных кромок рабочего колеса на размер проходного сечения окружная скорость будет уменьшаться.

Для нахождения скорости C'_{2u} рассмотрим поток с осевой симметрией при наличии окружной составляющей скорости, считая, что вызванное трением изменение скорости равномерно распространяется на все элементарные струйки по ширине потока. В элементарной струйке в результате трения на пути d_x будет иметь место потеря энергии dH_{x_u} , отнесенная к единице веса жидкости [14,15].

$$dH_{x_u} = -\lambda \frac{d_x}{D_r} \frac{C_{2u}^2}{2g}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент сопротивления трения, $\lambda = 0,08 \div 0,1$;
 D_r – гидравлический диаметр, м.

Для нахождения гидравлического диаметра рассмотрим рис. 1. Площадь потока на выходе из рабочего колеса определяется выражением

$$S = b_2 \pi D_2, \quad (2)$$

здесь b_2 – ширина лопасти на выходе из рабочего колеса, м;
 D_2 – наружный диаметр рабочего колеса по средней струйке, м.

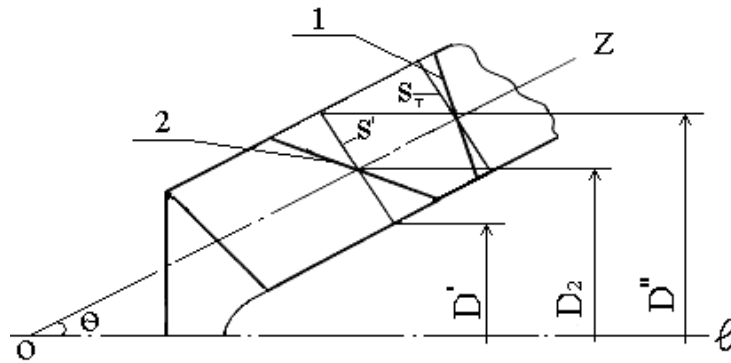


Рис. 1. Схема диагонального насоса: 1 – входная кромка выправляющего аппарата; 2 – выходная кромка рабочего колеса

Площадь поперечного сечения потока найдем по формуле

$$S' = b_2 \pi D_2 \sin \Theta, \quad (3)$$

где Θ – угол наклона лопасти диагонального насоса, град.

Площадь поперечного потока перед входом в выправляющий аппарат

$$S_T = b_2 \pi D_2 \sin \Theta (D_2 + 2l \operatorname{tg} \Theta), \quad (4)$$

где l – расстояние от выходной кромки рабочего колеса до входной кромки выправляющего аппарата, измеренное вдоль оси насоса, м.

Гидравлический диаметр, определяемый отношением учетверенной площади потока к смоченному периметру, находится из выражения (рис. 1)

$$D_r = \frac{4b_2 \pi \sin \Theta (D_2 + 2l \operatorname{tg} \Theta)}{(D' + 2l \operatorname{tg} \Theta) + (D'' + 2l \operatorname{tg} \Theta)}. \quad (5)$$

Траектория движения элементарной струйки между рабочими органами насоса определяется винтовой линией увеличивающегося диаметра (рис. 2). Соотношение между элементарными перемещениями вдоль осей X и l определяется по формуле

$$dx = \frac{dl}{\cos \Theta \sin \alpha}, \quad (6)$$

где α – угол между векторами абсолютной C и окружной C_{2u} скоростями.

Из рис. 2 имеем

$$\sin \alpha = \frac{C_{2z}}{\sqrt{C_{2z}^2 + C_{2u}^2}}, \quad (7)$$

где C_{2z} – меридиональная составляющая скорости, м/с.

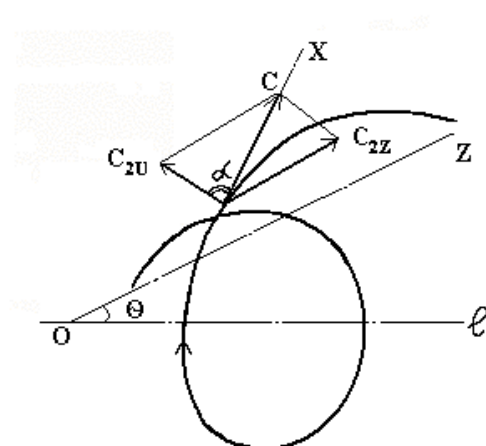


Рис. 2. Схема движения жидкости между выходной кромкой рабочего колеса и входной кромкой выправляющего аппарата

Учитывая, что

$$H_{x_u} = \frac{C_{2u}^2}{2g}, \quad (8)$$

найдем полное уменьшение скорости dC_{2u} , подставив (8) в (1)

$$dC_{2u} = -\lambda \frac{d_x}{D_r} \frac{C_{2u}}{2}. \quad (9)$$

Подставляя в формулу (9) выражения (5),(6), получим

$$dC_{2u} = -\lambda \frac{\sqrt{C_{2z}^2 + C_{2u}^2} C_{2u} (4itg\Theta + D' + D'')}{\cos \Theta C_{2z} 4b_2 \pi \sin \Theta (D_2 + 2ltg\Theta)} dl. \quad (10)$$

Используя уравнение неразрывности потока, найдем C_{2z}

$$C_{2z} = \frac{Q}{S_T} = \frac{Q}{b_2 \pi \sin \Theta (D_2 + 2ltg\Theta)} \quad (11)$$

С учетом формул (11) и (10), получим дифференциальное уравнение решение, которого позволит найти скорости потока на различных радиусах, что в свою очередь определяет положение входной кромки выправляющего аппарата

$$dC_{2u} = -\lambda \frac{\sqrt{Q^2 + C_{2u}^2 b_2^2 \pi^2 \sin^2 \Theta (D_2 + 2ltg\Theta)^2} C_{2u} (4ltg\Theta + D' + D'')}{4b_2 \pi \sin \Theta Q (D_2 + 2ltg\Theta) \cos \Theta} dl \quad (12)$$

Разработанная методика была использована для определения скорости потока на входной кромке выправляющего аппарата бустерного диагонального насоса добывающего землесоса проекта Р-109. Исходные данные для расчёта принимались следующие: $C_{2u} = 4,66 \text{ м/с}$, $D' = 0,65 \text{ м}$, $D'' = 1,05 \text{ м}$, $b_2 = 0,3 \text{ м}$, $D_2 = 0,84 \text{ м}$, $Q = 1,8 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Theta = 40^\circ$, $\lambda_1 = 0,08$, $\lambda_2 = 0,1$. Результаты расчёта скорости C'_{2u} , произведённые с помощью пакета Mathcad, представлены на рис. 3.

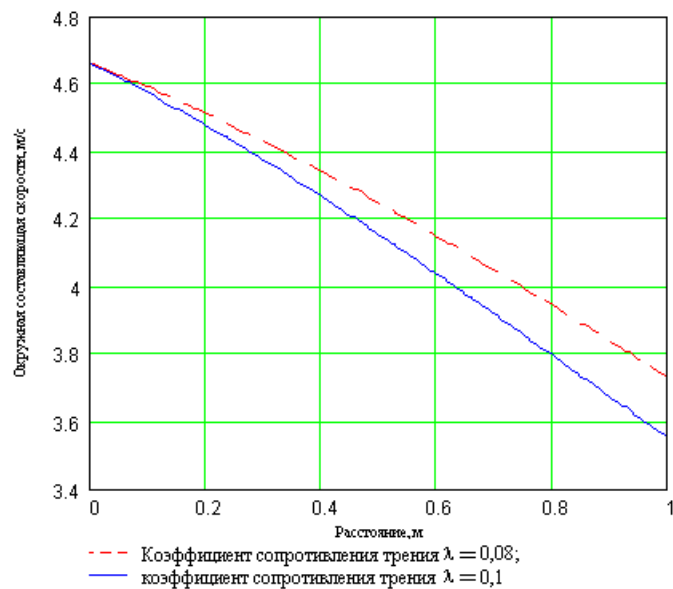


Рис. 3. Зависимость окружной составляющей скорости от расстояния между выходной кромкой рабочего колеса и входной кромкой выправляющего аппарата

Список литературы:

- [1] Иванов В.А., Лукин Н.В., Разживин С.Н. «Суда технического флота» – М: Транспорт, 1982. – с. 428.
- [2] Лукин Н.В., Разживин С.Н., Стариков А.С. «Суда технического флота» – М.: Транспорт, 1992. – 329 с.
- [3] Ялтанец И.М. Гидромеханизированные и подводные горные работы. – М.: Изд-во «ООО Центр инновационных технологий», 2012.
- [4] Стариков А.С. Основные направления развития технических средств добычи НСМ. «Речной транспорт», 1990, №11, с. 31–32.
- [5] Огородников С.П., Михеев И.И., Кулаков А.Е. Применение погружных осевых грунтовых насосов – эффективное направление повышения всасывающей способности земснарядов//Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006 – СВ Гидромеханизация. – с. 112–116.

- [6] Шкундин Б.М., Жарницкий Е.П., Ухин Б.В. Погружные грунтовые насосы (опыт применения, проблемы и перспективы)//Механизация строительства. 1982. – №11.
- [7] Жарницкий Е.П. Землесосные снаряды с погружными грунтовыми насосами. – М.: Недра, 1988.
- [8] Шкундин Б.М. Машины для гидромеханизации земляных работ./ – М.:Стройиздат, 1995. – 224 с.
- [9] Яковлев С.Г. Исследование и разработка погружного бустерного грунтового насоса осевого типа. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, –Н. Новгород, 1992. – 287 с.
- [10] Geff Pears. Dredging for mineral Recovery. Mining Magazine July. 1985, p. 36–45.
- [11] Submersible dewatering pumps. «World Pumps», №1, 19–21.
- [12] Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидропроводы. – М.: Машиностроение, 1982.– 423 с.
- [13] Лукин Н.В., Яковлев С.Г. Метод проектирования выправляющего аппарата осевого насоса. – Тр./ГИИВТ, 1987, вып. 226, с. 65–77.
- [14] Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебное пособие Ч. 1. Основы механики жидкости и газа. 4-изд., стереотипное. – М.МГИУ. 2005. – 192 с.
- [15] Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебник Ч2. Гидравлические машины и гидропневмопривод./ Под ред. А.А. Шейпака. 3-е изд., стереот. – М.: МГИУ, 2005. – 352 с.

THE BASIS OF THE DESIGN OF THE STRAIGHTENING APPARATUS OF THE GROUND PUMP

S.G. Yakovlev, Ph.D.,(Tech.) dean of electromechanical faculty
Volga State University of Water Transport
 603951, Nizhny Novgorod, Nesterov Str. 5

Keywords: dredger, performance on the ground, booster dredge pump, mixed flow pump, impeller, vipassi apparatus, the blades input (inlet) edge, the circumferential velocity component, meridional velocity component

To improve the suction pipes performance on the ground, in the case of the limited suction capacity a booster pump installing is needed. Using as a booster diagonal pump involves a straightening apparatus installing. At the same time, it is advisable to design a straightening apparatus with cylindrical blades in order to simplify its manufacture, restore and ensure stable parameters during operation. The straightening apparatus blades must have a profile that provides a shock-free flow input. To do this, it is necessary to know the liquid velocity circumferential component directly behind the pump impeller and the flow velocity circumferential component in front of the blades inlet edges straightening apparatus. Due to the straightening machine input edges distance from the impeller output edges to the cross section size, the circumferential speed will decrease.

The proposed calculation method makes it possible to determine the circumferential velocities at the entrance to the straightening apparatus at different radii, which completely determines the blade inlet edge position with minimal hydraulic losses.

References:

- [1] Ivanov V.A., Lukin N.V., Razzhivin S.N. «Suda tekhnicheskogo flota» –М: Transport, 1982-s.428.
- [2] Lukin N.V., Razzhivin S.N., Starikov A.S. «Suda tekhnicheskogo flota» – М.: Trans-port, 1992. – 329 s.
- [3] YAltanec I.M. Gidromekhanizirovannnye i podvodnye gornye raboty. – М.: Izd-vo «ООО Centr innovacionnyh tekhnologij», 2012.
- [4] Starikov A.S. Osnovnye napravleniya razvitiya tekhnicheskikh sredstv dobychi NSM. «Rechnoj transport», 1990, №11, s.31–32.
- [5] Ogorodnikov S.P., Miheev I.I., Kulakov A.E. Primenenie pogruznyh osevyh grun-tovyh nasosov – ehffektivnoe napravlenie povysheniya vsasyvayushchej sposobnosti zemsnyaradov//Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2006 – SV Gid-romekhanizaciya. – s.112–116.

- [6] SHkundin B.M., ZHarnickij E.P., Uhin B.V. Pogruzhnye gruntovye nasosy (opyt pri-meneniya, problemy i perspektivy)//Mekhanizaciya stroitel'stva. 1982. – №11.
- [7] ZHarnickij E.P. Zemlesosnye snaryady s pogruzhnymi gruntovymi nasosami. – M.: Nedra, 1988.
- [8] SHkundin B.M. Mashiny dlya gidromekhanizacii zemlyanyh rabot./–M.:Strojizdat, 1995.–224s.
- [9] YAKovlev S.G. Issledovanie i razrabotka pogruzhnogo busternogo gruntovogo nasosa oseвого tipa. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, –N. Novgorod., 1992–287s.
- [10] Geff Pears. Dredging for mineral Recovery. Mining Magazine July. 1985, p.36–45.
- [11] Submersible dewatering pumps. «World Pumps», №1, 19–21.
- [12] Bashta T.M. i dr. Gidravlika, gidromashiny i gidroprovody. – M.: Mashinostroe-nie, 1982.–423s.
- [13] Lukin N.V., YAKovlev S.G. Metod proektirovaniya vypravlyayushchego apparata oseвого nasosa. – Tr./GIIVT, 1987, vyp.226, s.65–77.
- [14] SHEjpak A.A. Gidravlika i gidropnevmoпривод. Uchebnoe posobie CH.1. Osnovy mekhaniki zhidkosti i gaza.4-eizd., stereotipnoe. – M.MGIU.2005. – 192s.
- [15] Lepeshkin A.V., Mihajlin A.A., SHEjpak A.A. Gidravlika i gidropnevmoпривод. Uchebnik CH2. Gidravlicheskie mashiny i gidropnevmoпривод./ Pod red. A.A.SHEjpaka. 3-e izd., stereot. – M.: MGIU, 2005. – 352s.

Статья поступила в редакцию 19.02.2019 г.

Раздел II

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

Section II

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

УДК 338.467

В.А. Сидякова, к.э.н., доцент кафедры товароведения, сервиса и управления качеством ИПТД – филиал ГБОУ ВО НГИЭУ,
«Институт пищевых технологий и дизайна» – филиал ГБОУ ВО
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Горная, 13

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА

Ключевые слова: общественное питание, потребитель, обслуживание потребителей, пивной ресторан, мероприятия, электронное меню, прибыль, рентабельность, система скидок.

В статье рассматривается экономическая эффективность мероприятий оценки качества обслуживания потребителей. В условиях рыночной конкуренции большое значение уделяется обслуживанию посетителей предприятий общественного питания, так как от качества и уровня обслуживания зависит эффективная деятельность любого предприятия, основным показателем которой является размер прибыли. Проблема качества обслуживания постоянно волнует и посетителей, и персонал. Необходимость повышения эффективности мероприятий по обслуживанию потребителей связана с внедрением в практику ресторанного бизнеса организации событийных мероприятий и совершенствованием информационной базы обслуживания. Автором обосновывается внедрение мероприятий по совокупности эффектов, таких как: повышение суммы среднего чека, увеличение скорости обслуживания, снижение нагрузки на персонал при сокращении штата и, соответственно, снижение ФОТ, повышение уровня сервиса. В авторском исследовании представлены расчеты экономических показателей внедренных мероприятий, а также проведена оценка результатов их расчета.

Задача современного общественного питания – не только доводить продукцию до конечного потребителя, но и активно воздействовать на формирование потребительского спроса, что невозможно без качественного обслуживания. Проблема качества обслуживания постоянно волнует и посетителей, и персонал, что закономерно, так как растет материальное благосостояние людей, повышается их культурный уровень. В этих условиях вполне естественно желание посетителей приобрести необходимые им услуги в удобное для них время, в удобном месте, в нужном ассортименте [1]. Поэтому в условиях рыночной конкуренции большое значение уделяется обслуживанию посетителей предприятий общественного питания, так как от качества и уровня обслуживания зависит эффективная деятельность любого предприятия, основным показателем которой является размер прибыли.

Пивные рестораны в ближайшее время будут представлять значительный интерес для производителей пива, что выразится в дополнительных инвестициях в этот канал продаж.

Одной из важных тенденций последних лет является использование собственной пивоварни внутри ресторана или концепции in-house brewery [2].

В условиях насыщения пивного рынка и снижения эффективности традиционной рекламы пивоваренные компании будут уделять повышенное внимание формату ресторана [3]. Главной особенностью ресторана с фирменным наименованием «ABS», принятого в качестве объекта исследования, является пивоварня, размещенная непосредственно в зале ресторана и отделенной от гостей лишь стеклянной перегородкой.

С целью совершенствования организации обслуживания посетителей ресторана «ABS» можно предложить следующие направления:

- организация событийных мероприятий на базе ресторана «ABS» [4];
- внедрение электронного меню на каждом столике ресторана [5];
- система дисконтной скидки [6].

Организация праздника «Бавария» и дегустация новых сортов пива, произведенного в ресторане «ABS», предполагает продажу билетов по 500 рублей, в эту стоимость будет входить дегустация 2 видов пива:

1. «Бавария»;
2. «Берлин».

Данная дегустация проводится совместно с пивоваром и директором ресторана «ABS». Пивовар и директор проводят презентацию новых сортов, поэтому затрат на работу ведущего не потребуется.

К пиву предложены классические пивные закуски: «Большое пивное ассорти «ABS», «Гора отварных креветок», «Гренки чесночные с соусом».

В ресторан «ABS» приглашаются посетители на проведение данного мероприятия, продажа пригласительных билетов осуществляется за 2 месяца официантами в торговом зале ресторана «ABS», информирование постоянных клиентов ресторана «ABS» осуществляется по телефону. Около ресторана устанавливается штендер и растяжка, на них размещается информационная афиша о проводимой акции.

В таблице 1 представлены расчеты затрат на продукцию, выполненные по методикам [7, 8].

Таблица 1

Расчет затрат на продукты

Наименование	Себестоимость	К-во порций на 100 чел.	Итого
Большое пивное ассорти «ABS»	217,17	5	1085,85
Гора отварных креветок	78,26	5	391,30
Гренки чесночные	28,26	5	141,30
Итого			1618,45

Расчет затрат на продукты $217,14 \cdot 5 = 1085,85$ руб. – себестоимость «Большого пивного ассорти «ABS».

$78,26 \cdot 5 = 391,3$ руб. – себестоимость «Горы отварных креветок».

$28,26 \cdot 5 = 141,3$ руб. – себестоимость чесночных гренков.

Общие затраты на приготовление блюд составили 1618,45 руб.

Стоимость пригласительных билетов составляет 100 руб. за 1 шт, необходимо 100 шт., соответственно, сумма затрат составит: $100 \cdot 100 = 10000$ руб.

Распечатка специальных меню стоит 100 руб./шт., для ресторана необходимо 50 шт. меню, соответственно сумма затрат составит: $50 \cdot 100 = 5000$ руб. Себестоимость 500 мл. пива составляет 25 руб. На дегустации будет реализовано 200 порций по 500 мл, затраты на пиво составят $200 \cdot 25 = 500$ руб. Затраты на установку из воздушных шаров составят 3000 руб.

Посетителям предлагаются призы за конкурсы в виде пивного набора с логотипом ресторана, в который входит пивная кружка, подставка под кружку и открывалка. Себестоимость одного пивного набора составляет 300 руб. $300 \cdot 20 = 6000$ руб. В таблице 2 рассмотрены общие затраты на проведение дегустации.

Таблица 2

Затраты на проведение дегустации

Наименование затрат	Количество	Цена	Сумма
Затраты на продукты			1618,45
Пригласительные билеты	100	100	10000,00
Распечатка спец. меню	50	100	5000,00
Себестоимость пива	200	40	8000,00
Затраты на фигуру из шаров	1	3000	3000,00
Затраты на призы	20	300	6000,00
Итого			33618,45

Затраты на проведение дегустации составят 33618,45 рублей.

После проведения дегустации планируется, что гости продолжают отдыхать в ресторане и ими будет куплено по 60 порций пива «Бавария» и «Берлин»

$$200 \cdot 60 = 12\,000 \text{ руб.} + 200 \cdot 60 = 12\,000 \text{ руб.}$$

Реализуется 25 порций закусок средней стоимостью 250 руб. на сумму 6250 руб. Выручка от продажи пригласительных билетов составит $500 \cdot 100 = 50\,000$ руб.

В таблице 3 представлен плановый товарооборот от проведения дегустации.

Таблица 3

План продаж

Наименование	Цена	Количество	Сумма
Продажа пригласительных билетов	500	100	50000,00
Бавария	200	60	12000,0
Берлин	200	60	12000,00
Заказ блюд из меню с учетом скидки	250	25	6250,00
Итого			80250

Таким образом, плановый товарооборот от проведения дегустации составит 80250 руб. В таблице 4 рассчитана прибыль от дегустации.

Таблица 4

Расчет прибыли

Наименование	Сумма
Товарооборот руб.	80250,00
Издержки	300000
Затраты	33618,45
Прибыль	16631,55

$$\text{Прибыль} = 80250 - 30000 - 33618,45 = 16631,55$$

Таким образом, плановая прибыль от проведения вечеринки составила 16631,55 руб.

$$\text{ROS} = \frac{16631,55}{80250} \times 100\% = 20\%$$

Таким образом, рентабельность от проведения вечеринки составила 20%.

Внедрение системы скидок позволит повысить лояльность клиентов и мотивировать к посещению ресторана «ABS» чаще, ведь, как известно, люди очень любят скидки. В таблице предложим систему возможных скидок, которые имеют накопительный характер.

Таблица 5

Система предоставления скидок

Сумма накопления руб.	Скидка
от 20 000–50 000	7%
от 50 001–100 000	10%
от 100 001–150 000	15%
от 150 001–250 000	20%
Свыше 250 000	25%

Система скидок позволит удержать посетителей и стимулирует приток новых посетителей именно в ресторан «ABS», а не в какое-то другое заведение. Многие гости коллекционируют дисконтные карты заведений, и получение новой дисконтной карты их будет мотивировать к посещению ресторана. В среднем, внедрение системы скидок увеличивает товарооборот предприятия примерно на 20%.

Таблица 6

Плановый товарооборот после внедрения дисконтной системы

Наименование	До внедрения скидок	После внедрения скидок
Товарооборот тыс. руб.	15358	18429,6

За 2017 год товарооборот в ресторане составил 15358 тыс. руб., после внедрения системы скидок планируется увеличение товарооборота до 18429,6 тыс. руб.

В среднем для накопления скидки 7% среднестатистическому посетителю необходимо от 6 до 18 месяцев. Таким образом, в связи со значительным снижением товарооборота за счет скидок можно будет ожидать накопление скидок через 6-18 месяцев.

С целью совершенствования информационной базы обслуживания на каждом столе установлено электронное меню.

Электронное меню позволит:

1. Повысить сумму среднего чека.

При применении электронного меню совместно с R-keeper основные факторы, влияющие на средний чек – это повышенный интерес, удобство и большая информативность меню [9]. Красочные фото блюд, описания, рекомендации – это то, что обычно сложно реализовать в классическом варианте меню. Автоматическая передача заказа в R-keeper существенно ускоряет скорость заказа, которая, как всем известно, увеличивает средний чек в среднем на 8,5%.

2. Увеличить скорость обслуживания.

Заказ автоматически попадает в R-keeper, нет этапа записывания в блокнотик, пути до терминала, введения заказа и так далее. Эффект очевиден, нагрузки снижаются и распределяются более плавно [10].

3. Снизить нагрузку на персонал при сокращении штата и, соответственно, снижение ФОТ.

Помимо чисто физической нагрузки, снижается и эмоциональная и интеллектуальная нагрузка, особенно на малоопытный персонал. Грамотно составленное меню продает значительно лучше плохого или неопытного официанта. Вопрос персонала во

многих заведениях стоит крайне остро, и электронное меню, подключенное к R-кеерег значительно смягчит этот вопрос. Прибыль перестанет страдать от неквалифицированного персонала. К тому же, снизить постоянную часть затрат выгодно любому предприятию.

4. Повысить уровень сервиса.

Эффект новинки, удобства и презентабельности сразу даст ресторану «ABS» дополнительные баллы лояльности гостей и увеличит % возвращений в ресторан [11].

Электронное меню, интегрированное с R-кеерег создаст для заведения ряд других долгосрочных преимуществ, особенно на ранних стадиях распространения новинки.

Произведем расчет экономической эффективности от внедрения электронного меню [12, 13].

Благодаря внедрению электронного меню средний чек увеличивается на 8,5 %, следовательно, товарооборот увеличится на 8,5%. Благодаря внедрению электронного меню произойдет уменьшение штатной численности персонала на 2 человека и сократится фонд оплаты труда на 20 тыс. руб. в месяц.

В таблице 6 представлены расходы на внедрение электронного меню на базе планшета Apple iPad 2.

Таблица 7

Затраты на внедрение электронного меню

Статья затрат	Количество шт.	Цена руб.	Сумма руб.
Планшет Apple iPad 2	35	14990	524650
Подставка для планшета	35	1000	35000
Разработка электронного меню	1	10000	10000
Итого			569650

Затраты на внедрение электронного меню составят 569 650 руб., в таблице 7 рассчитаем плановую прибыль.

Таблица 8

Плановая прибыль

Наименование	Экономия/прибыль в год, тыс.руб.
Сокращение штата	240
Плановое увеличение товарооборота	20909,32
Итого	21149,32

Таким образом, внедрение электронного меню позволит сократить затраты на оплату труда в сумме 240 тыс. руб. в год и увеличить товарооборот на 20909,23 тыс.руб. в год. Внедрение электронного меню является экономически эффективным мероприятием.

При реализации предложенных мероприятий ресторан «ABS» получит экономический эффект, данные мероприятия можно будет проводить регулярно.

Ресторанный бизнес всегда считался очень перспективным и прибыльным делом. Но для успешного его развития недостаточно иметь только хороший стартовый капитал. Ресторанный бизнес сам по себе предполагает множество нюансов и тонкостей, без знания которых невозможно достижение высоких результатов и экономической эффективности по сравнению с конкурентами, работающими в индустрии гостеприимства [14].

Список литературы:

- [1] Богушева В.И. Бары и рестораны. Искусство обслуживания.[Текст] / Богушева В.И. // - Ростов-на-Дону: Феникс, 2011.
- [2] Kozák V. Increasing competitiveness of a microbrewery: a case study of the u fleků brewery, Prague // Економічний часопис-XXI. 2017. № 3-4 (164). С. 90–93.
- [3] Кетова Н.П., Забарская Р.М. Обоснование коммуникативной политики современных ресторанов при выстраивании стратегии маркетинга их взаимодействия с целевыми группами потребителей // Экономика и предпринимательство. 2017. № 10-1 (87). С. 1044–1046.
- [4] Иванченко О.В., Перепелица А.О. Анализ использования мероприятий event-маркетинга в деятельности концептуального ресторана // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2016. № Т17. С. 333–336.
- [5] Туголукова Е.Ю., Гронцева Т.Ю. Тенденции оформления меню как главного маркетингового инструмента в ресторанном бизнесе. В сборнике: Управление в условиях глобальных мировых трансформаций: экономика, политика, право Сборник научных трудов Международная конференция. 2018. С. 401–404.
- [6] Крайнова О.С., Рысина Е.А. Особенности финансового планирования современных коммерческих организаций. В сборнике: Актуальные вопросы финансов и страхования России на современном этапе сборник статей по материалам III региональной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. 2016. С. 251–252.
- [7] Фаткуллина Л.Р., Третьякова И.О. Основные подходы к учету и управлению затратами на пищевых предприятиях. В сборнике: Новый вектор развития научной деятельности. Вызовы и решения сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 117–120.
- [8] Щербак Т.А., Крапива Т.В., Новоселов С.В., Маюрникова Л.А. Особенности формирования цены на продукцию предприятий общественного питания в условиях региона // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 1 (40). С. 157–164.
- [9] Лебедева О.А. Информационное обеспечение управленческого учета на предприятиях общественного питания на примере системы R-keeper. В сборнике: Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития. сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 59–62.
- [10] Емельянов А.В., Султанова С.Р. Возможности систем управления «iiko» и «r-keeper» для автоматизации ресторанного бизнеса. В сборнике: Студент - исследователь Материалы Всероссийского конкурса студенческих научно-исследовательских работ. 2018. С. 134–138.
- [11] Крайнова О.С. Инновационные инструменты управления бизнес-процессами предприятий индустрии туризма и гостеприимства: логистический подход // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 2 (27). С. 43.
- [12] Пищулина Е.С. Показатели экономической эффективности бизнес-планирования ресторанной деятельности. В сборнике: Наука ЮУрГУ материалы 69-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет. 2017. С. 276–280.
- [13] Рябчукова О.Ю. Методы и показатели оценки результативности ресторанного бизнеса // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9. № 6. С. 125.
- [14] Kraynova O. Improving the competitiveness of services in the definitions of service logistics: adaptation to the enterprises of tourism and hospitality industry // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2016. № 1. С. 160–162.

ECONOMIC EFFICIENCY OF MEASURES EVALUATING THE QUALITY OF CONSUMERS SERVICE ON THE EXAMPLE OF RESTAURANT BUSINESS

*V.A. Sidyakova, Ph.D., associate professor of the department of commodity science, service and quality management of IPTD – branch of SEI NIEEU
Institute of Food Technologies and Design – a branch of the State Budgetary Educational Institution Nizhny Novgorod Engineering Economic University
603950, Nizhny Novgorod, Mountain str., 13*

Keywords: *food service, consumer, customer service, beer restaurant, events, electronic menu, profit, profitability, discount system.*

The article deals with the economic efficiency of measures to assess the quality of customer service. In the conditions of market competition, great importance is given to the customers servicing of food service companies, since the effective activity of any enterprise, the main indicator of which is the amount of profit, depends on the quality and level of service. The problem of service quality is constantly concerned by visitors and staff.

The need to improve the efficiency of measures for customer service is associated with the introduction into the practice of the restaurant business organization of event events and improvement of the information base of service. The author substantiates the implementation of measures for a set of effects, such as: increasing the amount of the average check, increasing the speed of service, reducing the load on staff while reducing staff and, accordingly, reducing PAYROLL, improving the level of service. The author's study presents calculations of economic indicators of implemented measures, as well as an assessment of the results of their calculation.

References:

- [1] Bogusheva V.I. Bary i restorany. Iskustvo obsluzhivaniya.[Tekst] / Bogusheva V.I. Rostov-na-Donu: Feniks, 2011.
- [2] Kozák V. Increasing competitiveness of a microbrewery: a case study of the u fleků brewery, Prague // Економічний часопис-XXI. 2017. No. 3-4 (164). pp. 90–93.
- [3] Ketova N.P., Zabarskaja R.M. Obosnovanie kommunikativnoj politiki sovremennyh restoranov pri vystraivanii strategii marketinga ih vzaimodejstviya s celevymi gruppami potrebitelej // Jekonomika i predprinimatel'stvo. 2017. No. 10-1 (87). pp. 1044–1046.
- [4] Ivanchenko O.V., Perepelica A.O. Analiz ispol'zovanija meroprijatij event-marketinga v dejatel'nosti konceptual'nogo restorana // Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal Koncept. 2016. No. T17. pp. 333-336.
- [5] Tugolukova E.Ju., Gronceva T.Ju. Tendencii oformlenija menju kak glavnogo marketingovogo instrumenta v restorannom biznese. V sbornike: Upravlenie v uslovijah global'nyh mirovyh transformacij: jekonomika, politika, pravo Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnaja konferencija. 2018. pp. 401–404.
- [6] Krajnova O.S., Rysina E.A. Osobennosti finansovogo planirovanija sovremennyh kommercheskih organizacij. V sbornike: Aktual'nye voprosy finansov i strahovanija Rossii na sovremennom jetape sbornik statej po materialam III regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej vuzov, uchenyh, specialistov, aspirantov, studentov. Nizhegorodskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet imeni Koz'my Minina. 2016. pp. 251–252.
- [7] Fatkullina L.R., Tret'jakova I.O. Osnovnye podhody k uchetu i upravleniju zatratami na pishhevyh predpriyatijah. V sbornike: Novyj vektor razvitiya nauchnoj dejatel'nosti. Vyzovy i reshenija sbornik nauchnyh statej po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2016. pp. 117–120.
- [8] Щербакова Т.А., Крапива Т.В., Новоселов С.В., Маюрникова Л.А. Особенности формирования цены на продукцию предприятий общественного питания в условиях региона // Техника и технология пищевых производств. 2016. No. 1 (40). pp. 157–164.
- [9] Lebedeva O.A. Informacionnoe obespechenie upravlencheskogo ucheta na predpriyatijah obshhestvennogo pitaniya na primere sistemy R - KEEPER. V sbornike: Nauka v sovremennom obshhestve: zakonovernosti i tendencii razvitiya. sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 2 chastjah. 2016. pp. 59-62.
- [10] Emel'janov A.V., Sultanova S.R. Vozmozhnosti sistem upravlenija «iiko» i «r-keeper» dlja avtomatizacii restorannogo biznesa. V sbornike: Student - issledovatel' Materialy Vserossijskogo konkursa studencheskih nauchno-issledovatel'skih rabot. 2018. pp. 134–138.
- [11] Krajnova O.S. Innovacionnye instrumenty upravlenija biznes-processami predpriyatij industrii turizma i gostepriimstva: logisticheskij podhod // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. Vol. 7. No. 2 (27). pp. 43.
- [12] Pishhulina E.S. Pokazateli jekonomicheskoy jeffektivnosti biznes-planirovanija restorannoj dejatel'nosti. V sbornike: Nauka JuUrGU materialy 69-j nauchnoj konferencii. Ministerstvo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii Juzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet. 2017. pp. 276–280.

- [13] Rjabchukova O.Ju. Metody i pokazateli ocenki rezul'tativnosti restorannogo biznesa // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2017. T. 9. № 6. S. 125. [14]. Kraynova O. Improving the competitiveness of services in the definitions of service logistics: adaptation to the enterprises of tourism and hospitality industry // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2016. No. 1. pp. 160–162.

Статья поступила в редакцию 14.02.2019 г.

Раздел III

**Экономика, логистика, управление
на транспорте**



Section III

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



УДК 330.101.3

В.И. Жмачинский, профессор, д.э.н., кафедра экономики и менеджмента
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

А.И. Гаврилов, профессор, д.э.н., кафедра экономики Нижегородского института
управления – филиала ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
(НИУ ФГБОУ ВО «РАНХиГС»)
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 46

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО И ПРЕДПРИИМЧИВОСТЬ: СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ, СХОЖЕСТЬ И РАЗЛИЧИЯ

Ключевые слова: *предпринимательство, предприимчивость, деловая активность, отношения собственности, личные и общественные интересы, средства производства, управление*

В современной экономической науке и практике рыночных отношений сложилась ситуация, при которой экономические категории «предпринимательство» и «предприимчивость» трактуются как адекватные понятия. Это приводит к отсутствию единого понимания деловой активности субъектов рынка. Подобные ситуации характерны для многих сфер экономической деятельности.

В качестве методологической основы (первопричины) различия понятий «предпринимательство» и «предприимчивость» в статье рассматривается двойственный характер собственности и, соответственно, разделение функций собственника и функций хозяйствующего субъекта. В связи с этим представляется достаточно актуальным рассмотрение сущности и содержания, схожести и различия этих двух понятий.

В настоящее время в экономической науке и практике рыночных отношений наблюдается смешение понятий «предпринимательство» и «предприимчивость». Так, в Словаре русского языка «С.И. Ожегова слово «предприниматель» трактуется как предприимчивый человек», «делец», а слово «предприимчивый» – как «умеющий предпринять что-нибудь в нужный момент, находчивый, изобретательный и практичный» [1]. Как видим, сущность указанных понятий адекватна.

С практической точки зрения в современных условиях, как в сфере производства, обслуживания, так и в сфере управления господствуют принципы предпринимательства: самостоятельность, владение собственностью (имуществом), использование наемного труда, получение прибыли, рискованность и др. Предпринимательство как экономическая категория находится в непосредственной связи, прежде всего, с отношениями собственности. Предпринять какие-либо хозяйственные действия, от которых зависит результативность функционирования производственно-хозяйственной системы, может только собственник средств производства или субъект, выполняющий функции владения, пользования и распоряжение ими.

Следует заметить, что сочетания собственности и предпринимательства имеют существенные различия. К примеру, Й. Шумпетер писал: «Право собственности на промышленное предприятие (имущество) не является ... существенным признаком предпринимательства». По его словам, при единстве понятия собственности, существует раздвоение ее функции [2,3].

Так, К. Маркс, с одной стороны, рассматривал собственность «вне процесса производства», а, с другой, как собственность «функционирующую в процессе производства» [4]. К. Маркс также различал «капитал - собственность» и «капитал- функцию». Капитал - собственность он определял как «простую собственность» вне процесса

производства. Капитал - функцию он характеризовал как собственность, функционирующую в процессе производства [4]. Исходя из этого положения, логично сделать следующий вывод – приносимый капиталом доход следует также различать – доход, получаемый в процессе производства и доход, получаемый вне процесса производства.

Таким образом, двойственный характер собственности приводит к различному пониманию собственника: с одной стороны – «собственника-капитала» и, с другой стороны – хозяйствующего субъекта. В публикациях различается характер «присвоения средств производства как объектов собственности» и присвоения их «как объектов хозяйствования». Соответственно и разделение функций собственника и функций хозяйствующего субъекта [5,6].

Разграничение указанных понятий позволяет сделать важный вывод о «персонификации» присвоения средств производства как собственности-функции, что отвечает природе предпринимательства. Присвоение же собственности вне процесса производства не отвечает самой его природе и не является основой предпринимательской деятельности.

Используя положение о раздвоении собственности, представляется важным определить механизм присвоения средств производства и управления собственностью. По нашему мнению, правомерно рассматривать категорию присвоения средств и результатов производства как фактическое отделение от них других субъектов, превращение последних в несобственников или формальных собственников. [4].

Основываясь на методическом положении раздвоения собственности можно различать субъекта-собственника и управляющего субъекта. Нередко, особенно в малом предпринимательстве, оба субъекта выступают в одном лице.

Таким образом, сущность присвоения средств производства заключается, прежде всего, в присоединении собственности к непосредственным производителям, т.е. в превращении предпринимателей в самостоятельных товаропроизводителей.

Обобщая методологические положения и многочисленные определения экономической категории «предпринимательства», авторы предполагают следующую формулировку данного понятия:

Предпринимательство – инициативная, самостоятельная деятельность, имеющая своей целью производство и сбыт продукции (услуг) и получение прибыли (или личного дохода) на основе собственного, привлечённого имущества, средств наемного труда и под личную ответственность. Субъектами предпринимательства, таким образом, являются собственники, целью которых является реализация экономического интереса – получение прибыли.

Следует подчеркнуть, что за годы реформ предпринимательство получило широкое распространение, в практике хозяйствования господствует основной принцип предпринимательства – личный интерес.

В отличие от предпринимательства, предприимчивость, как экономическая категория является более сложным и многомерным явлением хозяйственной жизни при взаимодействии множества различных факторов в сфере производства, распределения, потребления, а также в государственном управлении, науке, искусстве. Общими признаками предприимчивости в любых сферах деятельности являются:

- 1) персонификация отношений собственности;
- 2) способность принимать эффективные решения;
- 3) проявление деловых качеств при соблюдении правовых и моральных норм;
- 4) умение извлекать максимальную пользу из конкретной ситуации;
- 5) смелость и изобретательность;
- 6) конкурентность рыночных отношений, ориентация на рациональное использование ресурсов и достижение наивысших результатов;
- 7) наличие хозяйственного риска и др.

Из всех определений «предприимчивость», встречающихся в литературе, наиболее точным является определение, приведенное в «Экономическом и юридическом словаре» (под редакцией А.Н. Азрилияна): «Предприимчивость – деловое качество личности, проявляющееся как энергичность, находчивость, изобретательность, практическая сметка и деловитость в решении задач, связанное, прежде всего, с умением эффективно решать поставленные задачи, извлекая в конкретной ситуации максимальную пользу для себя, коллектива и общества в целом при соблюдении правовых и моральных норм» [8].

Своеобразие категорийного статуса предприимчивости состоит в том, что она приобретает основные черты применительно, прежде всего, к управленческой деятельности в органах государственной службы в процессе организации производства. Она не может существовать вне практической деятельности.

В более широком плане предприимчивость как «форма проявления трудовой, общественной, политической активности личности» [9-15] означает сознательное, активное отношение к своим обязанностям, творческий, новаторский подход к делу, постоянный поиск лучших решений поставленных задач. Как видим, экономическая категория предприимчивости связывает человеческий фактор и экономическую систему воедино, позволяя учитывать многообразие интересов, потребностей и мотивов деятельности, реально существующих в хозяйственной жизни. Следовательно, если субъектами предпринимательства являются собственники, то субъектами предприимчивости – любой участник экономического процесса, наделенный правами управления. Это различие проявляется и в мотивации деятельности. Предпринимательство связано с удовлетворением потребностей общества и с личным доходом. Предприимчивость направлена на формирование новых потребностей, повышение качества продукции (услуг), либо на снижение затрат по их удовлетворению.

Вместе с тем, следует отметить, что в отличие от экономики стран Запада, предприимчивость в России имеет свои особенности.

Во-первых, следует отметить слабое проявление признаков предприимчивости, связанных с реализацией интересов коллектива и общества в целом. Скорее наоборот, преобладают цели как бизнеса, так и органов управления, направленные на удовлетворение личных интересов.

Во-вторых, предприимчивость переходного периода должна быть направлена на реализацию интересов всех членов общества как ассоциированных, так и частных собственников.

В-третьих, в отечественной практике произошло сращивание органов государственного и муниципального управления и бизнеса, что проявляется в их личной заинтересованности в присвоении результатов ассоциированного товаропроизводителя и в распределении бюджетных средств.

В то же время, как отмечалось выше, предприимчивость чиновников, руководителей государственных и муниципальных органов управления, должна быть направлена, прежде всего, на удовлетворение интересов развития как местного сообщества, так и всего общества, а не созданию возможности превращения в источник личного обогащения и формирования коррупционных отношений.

Список литературы:

- [1] Ожегов С.И. Словарь русского языка. Изд. двенадцатое (под. ред. Н.Ю.Шведовой). М.: «Русский язык», 1978. – 846 с.
- [2] Schumpeter J. A. (1939) *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill Book Company Inc., New York
- [3] Schumpeter J.A., [1911] (2008), *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*, translated from the German by Redvers Opie, New Brunswick (U.S.A) and London (U.K.): Transaction Publishers.

- [4] Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Том 3. /К.Маркс, Ф.Энгельс.Соч. 2-е изд. -Т 25, ч.1. – М.:Политиздат, 1961. -545 с.,Т 25, ч.II.- М.:Политиздат. 1962. - 551 с.
- [5] Никифоров Л.В. Социалистическая собственность: проблемы исследования, перестройки, развития. //Вопросы экономики. 1988. С.25.
- [6] Колганов, А.И. Коллективная собственность и коллективное предпринимательство. – М.: 2006
- [7] Гаврилов А.И. Предпринимательство и предприимчивость как основа обновления экономики. Монография. – Н.Новгород. Изд-во ВВАГС. 1998.-243 с.
- [8] Экономический и юридический словарь /Под.ред А.Н.Азриеляна. М.: Институт новой экономики. 2004.-1088 с.
- [9] Сычев Н.В. Политическая экономия: Курс лекций / Н.В. Сычев. – М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 384 с.
- [10] Черкасов Г.И. Актуальные вопросы теории собственности. Учебное пособие. –Н.Новгород. Изд-во ВВАГС. 2008.-232 с.
- [11] Fox M., Wade-Benzoni K. The creation of opportunity is an opportunity to create: Entrepreneurship as an outlet for the legacy motive// Research in Organizational Behavior, Volume 37, 2017, Pages 167-184.
- [12] Dwivedi A., Weerawardena J. Conceptualizing and operationalizing the social entrepreneurship construct//Journal of Business Research, Volume 86, May 2018, Pages 32-40.
- [13] Yoon H. (D.), Kim N., Buisson B., Phillips F. A cross-national study of knowledge, government intervention, and innovative nascent entrepreneurship// Journal of Business Research, Volume 84, March 2018, Pages 243-252.
- [14] Guercini S., Cova B. Unconventional entrepreneurship//Journal of Business Research, Volume 92, November 2018, Pages 385-391.
- [15] Dvouletý O. How to analyse determinants of entrepreneurship and self-employment at the country level? A methodological contribution// Journal of Business Venturing Insights, Volume 9, June 2018, Pages 92-99.
- [16] Bylund Per L., McCaffrey M. A theory of entrepreneurship and institutional uncertainty // Journal of Business Venturing, Volume 32, Issue 5, September 2017, Pages 461-475

ENTREPRENEURSHIP AND ENTERPRISE: THE NATURE AND CONTENT, THE SIMILARITIES AND DIFFERENCES

V.I. Zmachinski, Professor, Dr.Sc. (Econ.), Department of Economics and management, Volga state University of Water Transport 603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str. 5

A.I. Gavrilov, Professor, Dr.Sc. (Econ.), Department of Economics, Nizhny Novgorod Institute of management-a branch of the Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian Academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation»

Keywords: entrepreneurship, enterprise, business activity, property relations, personal and public interests, means of production, management

In modern economic science and the practice of market relations, there is a situation in which the economic categories «entrepreneurship» and «enterprise» are interpreted as adequate concepts. This leads to a lack of a common understanding of the business activity of market entities. Such situations are typical for many areas of economic activity.

The article considers the dual nature of ownership and, accordingly, the separation of the functions of the owner and the functions of an economic entity as the methodological basis (root cause) of the distinction between the concepts of «entrepreneurship» and «enterprise». In this regard, it seems quite relevant consideration of the nature and content, similarities and differences of these two concepts.

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

УДК 656.6

В.М. Иванов, к.т.н, доцент, заведующий кафедрой экономики и менеджмента
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

В.В. Гордлеева, заведующий сектором планирования ПАС ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

А.А. Лисин, к.т.н., директор по развитию АО «Совфрахт-НН»
603005, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 3

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ (НА ПРИМЕРЕ ТИПОВ МНОГОКОРПУСНЫХ СУДОВ)

Ключевые слова: альтернативная энергия, водный транспорт, возобновляемые источники, многокорпусные суда, проектирование, судостроение, экологичность, энергетические ресурсы, эффективность.

В статье затронуты вопросы экономии энергетических ресурсов на водном транспорте за счет использования альтернативных источников энергии и, как следствие, причины перехода на строительство многокорпусных судов путем эксплуатации их в непроизводственной сфере. Становятся очевидны перспективы при проектировании и строительстве таких судов и задачи, которые они перед собой ставят – это экологичные источники топлива, развитие водного транспорта, экотуризма, бережное отношение к ресурсам, вовлечение молодого поколения в науку и промышленность. Одновременно с этим возникают проблемы технико-экономического характера, такие как дороговизна проектов, малая вместимость, малая скорость, загрязнение окружающей среды при современном использовании подобных типов судов. В качестве сравнения были изучены зарубежные и отечественные проекты, большая часть из них разработаны в странах Европы. На основе проведенного анализа сформированы характеристики успешности проектов, такие как используемый источник энергии, выделенный бюджет, реализация, достигнутый эффект. Выявлены ключевые пункты по проблеме реализации поточной линии подобных судов в нашей стране – дешевый вид сырья, дефицит ресурсов, высокий срок окупаемости, низкий показатель научных разработок, географические и климатические особенности, отсутствие бережной культуры потребления энергии и так далее. В связи с этим выработан комплекс мер, направленных на их устранение – всевозможные экономические льготы, субсидирование инвестиций, подготовка кадров, поддержка научных исследований, производство промышленного оборудования.

В мировом сообществе и, в частности, в научных трудах современных авторов [8], достаточно остро звучит вопрос об экономии традиционных энергетических ресурсов. В структуре эксплуатационных расходов водного транспорта до 50% приходится на затраты на топливо и смазочные материалы (см. рис. 1). В связи с этим для повышения эффективности работы судоходных компаний, необходимо снижение этой составляющей, в том числе и путем внедрения альтернативных источников энергии.

Одним из направлений повышения эффективности работы на начальном этапе может стать применение альтернативного вида топлива на судах, эксплуатируемых в иной непроизводственной сфере. Предлагаемый путь позволит оценить экономический эффект от внедрения по эксплуатационным затратам, сократить объем выбросов атмосферы при использовании топлива нового поколения, а также позволит компаниям увеличить финансовые показатели на рынке региональной и мировой экономики.

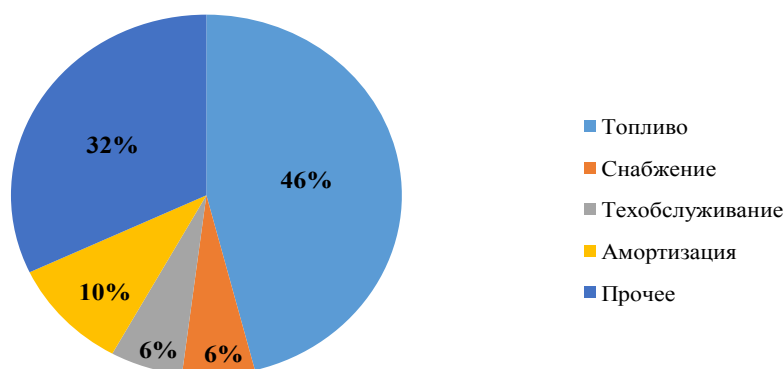


Рис.1. Укрупненная структура эксплуатационных расходов судоходных компаний

Сегодняшний день в современном мировом судостроении интересен тем, что наблюдается положительная тенденция к росту заказов на так называемые многокорпусные суда. Они как раз и могут быть задействованы в непроизводственной сфере. Их применение разнообразно – туристическая и развлекательная деятельность, плавучая лаборатория для научных исследований, пассажирские перевозки на воде, эксклюзивные экспонаты инженеров, частная собственность, перевозка так называемых «объемных грузов» - маловесные контейнеры, колесная техника, и так далее.

Многокорпусные суда (катамараны) имеют ряд особенностей, таких как существенная габаритная ширина и неприспособленность движения во льдах. Однако они успешно решают сложные с инженерной точки зрения задачи: имеют малую осадку и хорошую остойчивость, высокие относительные скорости, удлинённый корпус, малые удары на волне, большую площадь палубы и малое водоизмещение. [9]

Основными задачами для движения в направлении проектирования и строительства судов такого типа являются:

- возможный переход на возобновляемые источники энергии на водном транспорте;
- актуализация вопросов развития водного транспорта, в т.ч внутреннего, инфраструктуры портов для развития экотуризма;
- привлечение подрастающего поколения в науку, инженерию, промышленность;
- формирование бережного отношения к водным ресурсам.

В то же время очевидны и проблемы эксплуатации современных яхт и маломерных судов подобных типов:

- маломерные суда с дизельными моторами не экологичные;
- при покупке скоростных маломерных судов владельцы вынуждены передвигаться медленно для обеспечения большего комфорта на борту;
- есть необходимость дозаправки топливом, поэтому иногда необходимо уходить с места базирования;
- внутренняя обстройка не всегда устраивает владельцев удалить, например узкие проходы, низкие потолки, небольшие помещения;
- высокая цена удалить, для примера - бюджет проекта судна на 12 человек приблизительно составит 2.8 млн. евро [12].

Рассматривая данный вопрос в более узком смысле, необходимо сказать, что использование альтернативных источников энергии на водном транспорте позволит. Двигаться в двух направлениях - максимально использовать водные ресурсы страны и применять безвредное топливо.

Для сравнительного анализа и оценки возможности строительства и сложности реализации проекта рассмотрим российский и зарубежный опыт проектирования мно-

гокорпусных судов с использованием возобновляемых источников движения (таблица 1) [1,2,3,4,5,6,7].

Таблица 1

**Сравнительная характеристика проектов судов
с использованием энергии солнца, ветра, водорода**

Название проекта	Energy Observer	PlanetSolar	SoelCat 12	Super Eco Ship	Эковолна	Bark Catamarans, E-Power Modular
Тип судна	Катамаран		Паром	Контейнерное судно	Катамаран	
Заказчик (страна)	Франция	Швейцария	Голландия	Япония	Россия	Россия
Цель, назначение	Кругосветное путешествие без остановок; плавающий полигон института CEA-Liten, для проведения испытаний различных элементов экологически чистых технологий	Кругосветное путешествие; Пассажирские перевозки	Пассажирские перевозки на Островах Французской Полинезии	Морские грузоперевозки	Речная экспедиция в рамках научных исследований	Отель на воде, прогулочное, для семейного, корпоративного и чартерного использования
Используемый источник альтернативной энергии	Солнечные батареи, ветряные генераторы, система аккумулирования энергии на основе водорода	Солнечные батареи		Солнечные батареи, ветряные генераторы, сжиженный природный газ	Солнечные батареи	
Технические характеристики	длина – 30,5 м; ширина – 12,8 м; водоизмещение – 28 тонн.	Длина 35м Ширина 23 м Высота 6 м, а водоизмещение 60 тонн.	Нет данных	Длина – 352 м; Ширина – 54,6 м; Осадка – 11,5 м; Запас топлива – 2000 тонн; Грузоподъемность – 8000 контейнеров ДФЭ	Длина 11,6 м Ширина 6,4м Высота борта 2 м. Высота надводного борта 1,3 м. Пассажировместимость 12 человек Спальных мест 8 Общая масса катамарана около 5000 кг.	Длина 21,6 м Ширина 10,2 м Высота борта 3 м Водоизмещение 56,5 тонн Пассажировместимость 10 чел.
Бюджет	4.2 млн евро	25 млн. дол	600 тыс дол.	Нет данных	13 млн.руб, в т.ч. 8 государственных, 5 – частные инвесторы	885 тыс. евро + 1,1 млн. руб. (логистика)

Название проекта	Energy Observer	PlanetSolar	SoelCat 12	Super Eco Ship	Эковолна	Bark Catamarans, E-Power Modular
Тип судна	Катамаран		Паром	Контейнерное судно	Катамаран	
Заказчик (страна)	Франция	Швейцария	Голландия	Япония	Россия	Россия
Реализация (построен/проект)	Построен, спущен на воду в апреле 2017 года	Построен, спущен на воду в мае 2010 года	Построен, спущен на воду в 3 квартале 2016 года	Спроектирован, ожидает реализации к 2030 году	Построен, спущен на воду 19 мая 2018 года	Спроектирован в 2016 году, ожидает реализации
Достигнутый эффект	Проходит тестовые испытания, находится в Средиземном море. Далее отправится в кругосветное путешествие. По плану прибудет в Токио в 2020 году во время Олимпийских игр.	Первый из такого типа судов в мире совершил кругосветное путешествие, сейчас используется в качестве научного судна	Используется по назначению в качестве водного такси	—	Научные исследования в экспедиции Санкт-Петербург - Москва - Астрахань в рамках научно-технического фестиваля «Эковолна»	—

Степень реализации любого проекта напрямую зависит от заложенного бюджета, наличия финансирования и заинтересованности общества и государства. Учитывая, что приведенные в таблице суда являются штучным, не серийным товаром и предполагают нестандартные инженерные решения, то стоимость их реализации достаточно велика. Как мы видим, последний спроектированный отечественный вариант пока так и остался нереализованным, поскольку разрабатывался для частного заказа. Серьезный интерес вызывает японский проект контейнерного судна с использованием нескольких видов энергии, поскольку он ставит перед собой задачи производственного, а не научно - исследовательского характера в части перевозки грузов. Проектов подобных этому, в мире на данный момент единицы, поэтому не представляется возможным на данный момент оценить эффективность внедрения новых источников энергии. Возможно, в вопросах финансирования важную роль играет реклама и привлечение внимания к таким проектам, а также государственная заинтересованность развития науки, технологии в судостроении. Пока на сегодняшний день самый успешный проект мирового масштаба это французский проект Energy Observer.

Как видно из приведенной выше таблицы, в мире начали активно проектировать и использовать многокорпусные суда на альтернативных видах энергии. По виду используемой энергии все проекты пока используют энергию солнца, с перспективой использования энергии ветра, с применением генераторов топлива, такого как водород и сжиженный природный газ. Технические характеристики варьируются в зависимости от целей его применения. В нашей стране из уже реализуемых это «Эковолна», которая дала хороший импульс для дальнейшего развития речного транспорта в этом направлении.

По целевому назначению экологичные катамараны можно использовать в качестве пассажирских перевозок, прогулочного и круизного судна, научных экспедиций. Такой инновационный подход к решению проблем по сохранению ресурсов и снижению загрязнения окружающей среды интересен частным инвесторам, крупным ком-

паниям с частным капиталом и развитым странам с высоким уровнем ВВП на душу населения.

Решение поставленных задач при проектировании определяется максимально достигнутым эффектом, в данном случае практическим использованием на воде, что доказывают первые 4 проекта.

Поставить на поточную линию реализацию проектов такого типа в нашей стране мешают следующие проблемы:

- наличие дешевых видов традиционного сырья и низкая стоимость его транспортировки, что делает невыгодным производство в промышленных масштабах во многих регионах России;
- дефицит финансовых ресурсов у потенциальных инвесторов;
- высокие сроки окупаемости затрат, связанных со строительством и эксплуатацией альтернативных источников энергии;
- сравнительно небольшие масштабы энергии, производимой альтернативными источниками, что не позволяет полностью обеспечить спрос на нее;
- отсутствие достаточного количества научных разработок в этой области, что требует использования зарубежного опыта и закупки иностранного оборудования и технологий, что в условиях санкций сейчас практически невозможно;
- отсутствие длительного исторического опыта эксплуатации альтернативных источников энергии, что подтверждало бы их эффективность в долгосрочной перспективе;
- отсутствие культуры использования альтернативных источников энергии в российском обществе.
- наличие географических, климатических и технических особенностей применения данного вида энергии в нашей стране. [10,13]

Однако, альтернативная энергия имеет неоспоримые преимущества:

- экологичность;
- возобновляемость большинства видов (солнца, ветра, приливов и т. п.);
- низкая стоимость эксплуатации энергетических установок;
- сравнительная безопасность для людей на стадии производства энергии;
- низкие трудозатраты на стадии производства;
- экономичность использования альтернативных источников энергии, особенно при ее производстве для применения в быту, а не в промышленных масштабах. [11]

В России для внедрения в промышленную и экономическую жизнь концепции использования возобновляемых источников энергии необходим ряд мер:

- льготные тарифы для продажи электроэнергии в сеть («зеленые тарифы»);
- налоговые льготы (совместно с высокими налогами/штрафами на традиционную энергию);
- субсидирование инвестиций;
- поддержка научных исследований;
- подготовка кадров;
- поддержка промышленных производителей оборудования;
- повышение экологической культуры общества. [14]

Проблемы проектирования и практического применения экологичных источников энергии на транспорте требуют проведения значительного объема исследований с целью разработки прогнозов развития данного направления транспортного строительства и эксплуатации флота. При этом особенно важную роль в решении этих проблем должны составить новые подходы в части решения вопросов экономики судостроения и судового машиностроения [15].

Список литературы:

- [1] Cora Fernández, Dacosta LiShen, Wouter Schakel, Andrea Ramirez, Gert Jan Kramer. Potential and challenges of low-carbon energy options: Comparative assessment of alternative fuels for the transport sector. *Applied Energy*. 2019. Volume 236. Pages 590-606.
- [2] Hrvoje Dorotić, Borna Doračić, Viktorija Dobravec, Tomislav Pukšec, Goran Krajačić, Neven Duić. Integration of transport and energy sectors in island communities with 100% intermittent renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Volume 99. Pages 109-124.
- [3] Ginés de Rus, M. Pilar Socorro. Pricing and investment in alternative transport infrastructures. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019. Volume 119. Pages 96-107.
- [4] José Luis Miralles-Quirós, María Mar Miralles-Quirós. Are alternative energies a real alternative for investors? *Energy Economics*. 2019. Volume 78. Pages 535-545.
- [5] Søren Djørup, Jakob Zinck, Thel Lufsen, Peter Sorknæs. The electricity market in a renewable energy system. *Energy*. 2018. Volume 162. Pages 148-157.
- [6] Xingxing Zhang, Marco Lovati, Ilaria Vigna, Joakim Widén, Mengjie Han, Csilla Gal, Tao Feng. A review of urban energy systems at building cluster level incorporating renewable-energy-source (RES) envelope solutions. *Applied Energy*. 2018. Volume 230. Pages 1034-1056.
- [7] Yu-Ching Tsai, Yea-Kuang Chan, Fu-Kuang Ko, Jing-Tang Yang. Integrated operation of renewable energy sources and water resources. *Energy Conversion and Management*. 2018. Volume 160. Pages 439-454.
- [8] Кондратов Д.И. Участие России на мировом энергетическом рынке: проблемы и перспективы развития // *Российский внешнеэкономический вестник*. - 2015. - № 3. - С. 91–105.
- [9] Краснопевцева И.В., Краснопевцева Е.А., Мальцев С.А., Козина Л.Н. Инновационные подходы к экономии энергетических ресурсов // *Вестник НГИЭИ*. - 2014. - № 12. - С. 48–53.
- [10] Летягина Е.Н., Беляев П.Н. Основные направления государственной региональной политики в сфере повышения эффективности функционирования топливно-энергетического комплекса // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. С. 454.
- [11] Поминов В.Ф. В поисках выхода из кризиса: системный подход к оценке и прогнозированию мировой энергетики // *Экологический вестник России*. - 2015. - № 2. - С. 1–14.
- [12] Посысаев Ю.Ю. Конкуренция альтернативных видов энергии на мировом рынке // *Российский внешнеэкономический вестник*. - 2014. - № 8. - С. 68–88.
- [13] Синюгин А.А., Сытник Д.Е. Перспективы и актуальные проблемы развития альтернативной энергетики в России и мире // *Инноватика и экспертиза: научные труды*. - 2011. - № 2. - С. 85–108.
- [14] Федченко И.А., Соловцова А.С., Лукьянов А.Н. Аналитический отчет. Основные тенденции развития рынка биотоплива в мире и России за 2000-2012 годы // *ОАО Корпорация развитие* 2013. - URL: http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_2.pdf С. 24–25. (дата обращения 08.11.2018)
- [15] Электронный ресурс. URL: <http://alternativnaya-energiya.ru> (дата обращения 08.11.2018)

PROSPECTS OF VEHICLES ON ALTERNATIVE ENERGY SOURCES (ON THE EXAMPLE OF TYPES OF MULTIHULL VESSELS)

V.M. Ivanov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Economics and Management Volga State University of Water Transport

V.V. Gordleeva, Head of the Planning Sector Volga State University of Water Transport, Volga State University of Water Transport
603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str. 5

A.A. Lisin, Ph.D. (Tech.), development Director of JSC «Sovfracht-NN»
603005, Nizhny Novgorod, Nesterov str. 3

Keywords: *alternative energy, water transport, renewable sources, multihull vessels, design, shipbuilding, environmental friendliness, energy resources, efficiency.*

The article touches upon the issues of saving energy resources in water transport through the use of alternative energy sources, and, as a result, the reasons for the transition to the con-

struction of multihull vessels by operating them in the non-production sphere. The prospects for the design and construction of such vessels and the tasks that they set for themselves are becoming obvious – they are environmentally friendly sources of fuel, development of water transport, ecotourism, respect for resources, involvement of the younger generation in science and industry. At the same time, technical and economic problems arise, such as the high cost of projects, small capacity, low speed, environmental pollution with the modern use of similar types of vessels. As a comparison, foreign and domestic projects were studied, most of them developed in Europe. On the basis of the performed analysis, characteristics of project success, such as the used energy source, the allocated budget, the implementation, and the achieved effect, are formed. Key points were identified on the problem of implementing the production line of such vessels in our country – a cheap type of raw materials, a shortage of resources, a high payback period, a low rate of scientific research, geographical and climatic features, the absence of a careful energy consumption culture, and so on. In this regard, a set of measures was developed aimed at their elimination – all sorts of economic benefits, investment subsidies, training, support for scientific research, production of industrial equipment.

References:

- [1] Cora Fernández, Dacosta LiShen, Wouter Schakel, Andrea Ramirez, Gert Jan Kramer. Potential and challenges of low-carbon energy options: Comparative assessment of alternative fuels for the transport sector. *Applied Energy*. 2019. Volume 236. Pages 590-606.
- [2] Hrvoje Dorotić, Borna Doračić, Viktorija Dobravec, Tomislav Pukšec, Goran Krajačić, Neven Duić. Integration of transport and energy sectors in island communities with 100% intermittent renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Volume 99. Pages 109-124.
- [3] Ginés de Rus, M. Pilar Socorro. Pricing and investment in alternative transport infrastructures. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019. Volume 119. Pages 96-107.
- [4] José Luis Miralles-Quirós, María Mar Miralles-Quirós. Are alternative energies a real alternative for investors? *Energy Economics*. 2019. Volume 78. Pages 535-545.
- [5] Søren Djørup, Jakob Zinck, Thel Lufsen, Peter Sorknæs. The electricity market in a renewable energy system. *Energy*. 2018. Volume 162. Pages 148-157.
- [6] Xingxing Zhang, Marco Lovati, Ilaria Vigna, Joakim Widén, Mengjie Han, Csilla Gal, Tao Feng. A review of urban energy systems at building cluster level incorporating renewable-energy-source (RES) envelope solutions. *Applied Energy*. 2018. Volume 230. Pages 1034-1056.
- [7] Yu-Ching Tsai, Yea-Kuang Chan, Fu-Kuang Ko, Jing-Tang Yang. Integrated operation of renewable energy sources and water resources. *Energy Conversion and Management*. 2018. Volume 160. Pages 439-454.
- [8] Kondratov D.I. Uchastie Rossii na mirovom e`nergeticheskom ry`nke: problemy` i perspektivy` razvitiya // Rossijskij vneshnee`konomicheskij vestnik. - 2015. - № 3. - S.91–105.
- [9] Krasnopevceva I.V., Krasnopevceva E.A., Mal`cev S.A., Kozina L.N. Innovacionny`e podxody` k e`konomii e`nergeticheskix resursov // Vestnik NGIE`I. - 2014. - № 12. - S.48–53.
- [10] Letyagina E.N., Belyaev P.N. Osnovny`e napravleniya gosudarstvennoj regional`noj politiki v sfere povы`sheniya e`ffektivnosti funkcionirovaniya toplivno-e`nergeticheskogo kompleksa // Sovremennyy`e problemy` nauki i obrazovaniya. 2014. № 2. S. 454.
- [11] Pominov V.F. V poiskax vy`xoda iz krizisa: sistemny`j podxod k ocenke i prognozirovaniyu mirovoj e`nergetiki // E`kologicheskij vestnik Rossii. - 2015. - № 2. - S. 1–14.
- [12] Posy`saev Yu.Yu. Konkurenciya al`ternativny`x vidov e`nergii na mirovom ry`nke // Rossijskij vneshnee`konomicheskij vestnik. - 2014. - № 8. - S.68–88.
- [13] Sinyurin A.A., Sy`tnik D.E. Perspektivy` i aktual`ny`e problemy` razvitiya al`ternativnoj e`nergetiki v Rossii i mire // Innovatika i e`kspertiza: nauchny`e trudy`. - 2011. - № 2. - S.85–108.
- [14] Fedchenko I.A., Solovczova A.S., Luk`yanov A.N. Analiticheskij otchet. Osnovny`e tendencii razvitiya ry`nka biotopliva v mire i Rossii za 2000-2012 gody` // OAO Korporaciya razvitie 2013. - URL: http://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_2.pdf C.24-25. (data obrashheniya 08.11.2018)
- [15] E`lektronny`j resurs. URL: <http://alternativnaya-energiya.ru> (data obrashheniya 08.11.2018)

Статья поступила в редакцию 05.02.2019 г.

УДК 338.242

И.Г. Ильющенко, доцент кафедры экономики и менеджмента ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
У Сяньюй, аспирант кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
А.А. Лисин, к.т.н., директор по развитию АО «Совфрахт-НН»
603005, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 3

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ (ТЛЦ)

Ключевые слова: *предпосылки, транспортно-логистический центр (ТЛЦ), сеть ТЛЦ, транспортная инфраструктура, метод идентификации, «привлекательность отрасли», «потенциал территории».*

В статье на основе изменений процесса транспортного обслуживания территорий и анализа сложившихся схем доставки грузов рассматриваются организационно-экономические и методологические предпосылки формирования транспортно-логистических центров (ТЛЦ) в зоне транспортных коридоров. Обосновывается целесообразность использования сетевых моделей размещения ТЛЦ с помощью метода идентификации (соответствия) критериям эффективности на примере территорий, расположенных в зоне международного транспортного коридора (МТК) «Север-Юг-Север». В качестве критериев выбраны показатели привлекательности отрасли и потенциала территорий, которые определялись методом экспертных оценок. К опросу путем анкетирования были привлечены специалисты отрасли, территорий, учёные.

Развитие современной экономики определяется темпами инноваций в производстве и обращении, прорывом в интеграционное пространство. Растущая динамичность развития рыночных отношений предопределяет новые предпосылки для развития экономики.

В настоящее время в связи с экономическим кризисом, введением санкций на внешнеторговые поставки, нестабильностью международных отношений, существенно изменились структура и объемы грузопотоков, условия доставки грузов, а также происходит переориентирование направленности внешнеторговых операций с «Запада» на «Восток» [2, 8].

Несмотря на острую конкуренцию между транспортными и торгово-закупочными предприятиями, большинство сложившихся схем доставки грузов не удовлетворяют современным транспортно-логическим требованиям, таким как «точно вовремя», «от ворот до ворот» и др.

В связи с этим для успешного функционирования и полноценного удовлетворения потребностей народного хозяйства необходима реструктуризация организационно-экономических взаимосвязей субъектов потребительского рынка и реструктуризация региональных систем товародвижения.

Именно это обстоятельство требует инновационного подхода к организации межотраслевых интегрированных систем и формирования хозяйственных структур нового типа на основе принципов корпоративности, изменения материальных потоков с минимальными временными и финансовыми расходами.

Новые тенденции пространственной организации бизнес-процессов убедительно свидетельствуют, во-первых, о переходе от «отраслевых» принципов управления экономикой к «территориальным», то есть, связаны с формированием принципов «регионализации» экономики; во-вторых, о переходе от традиционной, централизован-

ной модели межгосударственных отношений к формированию многосторонних отношений на принципах территориально-отраслевого сотрудничества регионов.

Другим важным фактором инновационного развития экономики, как показывает мировой опыт, является значительный рост объектов товародвижения и, как следствие, интенсификация грузовых перевозок. Это предопределяет активное развитие распределительной функции регионов на основе логистического подхода.

Одной из наиболее продвинутых моделей межотраслевой и межрегиональной интеграции, взаимодействия власти и бизнеса, улучшения инвестиционного климата является сетевая форма организационного построения инновационных структур.

Сеть представляет собой совокупность транспортно-логистических структур, расположенных в рамках определенной территории, находящихся под общим владением и контролем, осуществляющих перевозки и логистическое обслуживание, имеющих общую службу управления и аналогичное организационное построение.

Сеть ТЛЦ мы рассматриваем не только в качестве совокупности транспортно-логистических структур, но и в роли своеобразного организационного каркаса, обеспечивающего интеграцию регионов [9, 16].

Участники сети являются самостоятельными структурами, специализированными предприятиями (организациями), регулируемые рыночными механизмами. Сети рассматриваются как организационно-правовая форма, лучше отвечающая современным требованиям внешней среды. Предпринимательские сети – это интегрированные организации, каждая из которых в сети выполняет свою специфическую роль. Предприятия различных отраслей, входящие в совокупность, рассматриваются как субъекты хозяйственных связей и партнеры в системе взаимодействующих организаций. Это достаточно устойчивая, гибкая структура, определяющая результаты деятельности и систему управления входящих в нее организаций, позволяющая им координировать свои действия, привлекать новых партнеров и даже конкурировать между собой.

Исследователи отмечают, что в сетевых образованных акцент смещается с фирмы как самостоятельного хозяйственного субъекта, формирующего свою стратегию развития, к системе взаимодействующих фирм как единого рыночного образования. Это приводит к новой трактовке рыночных отношений на уровне конкретных хозяйственных связей, методов управления. Участники сети владеют ресурсами и посредством их комбинирования занимаются различными видами деятельности.

Между партнерами в сети складывается система взаимоотношений, которая увязывает их ресурсы и деятельность. В интересах развития сети они могут мобилизовать и совместно использовать ресурсы, принадлежащие отдельным организациям. Таким образом, деятельность каждого участника встраивается в сеть и определяется ею как целостное образование.

Под влиянием новых факторов в экономических системах России сегодня сложился ряд предпосылок организационного и экономического характера, определяющих формирование и развитие транспортно-логистических сетей в различных территориях. В качестве примера рассмотрим возможности формирования сети транспортно-логистических структур в рамках международного транспортного коридора (МТК) «Север-Юг», который предусматривает как методологический (теоретический), так и практический интерес.

Характерными предпосылками экономического и организационного характера, определяющими формирование и развитие сети транспортно-логистических структур являются следующие «семь нот» транспортной сети МТК:

1. Географическое положение МТК «Север-Юг-Север». Размещение в границах территорий МТК и смежных регионов транспортно-логистических узлов в местах пересечения магистральных путей сообщения.

2. Функционирование в составе международного транспортного коридора (МТК) «Север-Юг-Север» судоходных (СК) и транспортно-эксплуатационных компаний

(ТЭК), осуществляющих комплексное транспортно-логистическое обслуживание клиентуры.

3. Наличие всех видов транспорта, обслуживающего территории МТК, при совмещении и взаимодействии технологий грузопереработки.

4. Формирование инфраструктурных элементов МТК по многофункциональному терминальному обслуживанию: грузонакоплению, грузопереработке, хранению, сервисному обслуживанию, коммерческому и информационному обеспечению.

5. Наличие природно-ресурсного и производственного потенциала регионов МТК – субъектов РФ, а также объектов транспортной инфраструктуры: автомобильных дорог, железнодорожных станций, водных путей, портов, связи, энерго- и водоснабжения и т.д.

6. Привлекательность транспортно-логистической отрасли, которая определяется наличием конкурентных преимуществ (сравнительно низкие издержки), уровнем транспортной доступности, инвестированием в основной капитал, бюджетной обеспеченностью, квалификационными кадрами,

7. Повышение роли транспортной доступности как важного фактора развития регионов МТК в условиях кризиса, нестабильности, обновления внешнеэкономических и транспортных связей.

Новые условия ставят новые задачи перед экономикой в целом и перед транспортом в частности. Решение этих задач связано, прежде всего, с формированием и развитием сети транспортно-логистических структур инновационного типа в форме транспортно-логистических центров (ТЛЦ).

Транспортно-логистический центр – это новая форма организации, планирования и контроля материальных, транспортных, информационных и финансовых потоков на этапах снабжения, производства и сбыта продукции. Единство транспортно-логистических систем достигается во всех сферах воспроизводственного процесса:

– *в технической сфере* – обеспечивается типизация транспортных средств, стандартизация оборудования, согласование технических параметров, взаимодействие всех видов транспорта, а также складирования, погрузки и выгрузки, хранения товаров;

– *в технологической сфере* – обеспечивается единство технологии, совмещение и взаимоувязка технологических процессов, отправителей и получателей грузов, разработка и контроль за выполнением планов-графиков работы транспортно-логистических узлов;

– *в экономической сфере* – обеспечивается единая система стратегического и текущего планирования, распределения перевозок по видам транспорта, организация и координация транспортно-логистических процессов, минимальных затрат;

– *в информационной сфере* – обеспечивается совместимость информации по содержанию, формам представления, скорости обработки и своевременной выдаче необходимой информации всем операторам транспорта и логистики;

– *в правовой сфере* – обеспечивается выполнение нормативно-правовых актов, основу которых составляют Устав внутреннего водного транспорта, кодекс торгового мореплавания, правила перевозок и тарифообразования, оперативного управления процессом перевозок и др.

Взаимосвязь следует рассматривать как взаимодействие подсистем в общей транспортно-логистической системе региона. При этом каждый вид транспорта осуществляет перевозки в наивыгоднейших для себя условиях, а комплексная транспортно-логистическая система в целом призвана обеспечивать полное удовлетворение потребностей экономики и общества в перевозках и пассажиров.

Решение о создании центров, как правило, требует знания объемов грузопотоков в данном регионе, тенденций развития потребительского спроса, потребностей в инвестициях. В связи с этим, центры размещаются в зависимости от выполняемых функций, а также рационального территориального расположения. Руководствуясь прин-

ципами территориально-отраслевого формирования транспортных систем, их можно классифицировать по следующим категориям:

- международные транспортно-логистические центры (International Logistics Center of Distributional – LCD);
- региональные транспортно-логистические центры (RLCD);
- локальные логистические центры распределения (LLCD);
- логистические торгово-распределительные центры (Trade Logistics Center of Distributional – TLCD);
- Центры транспортно-логистических услуг (Center of Logistics Service – CLS).

Опыт создания зарубежных транспортно-логистических комплексов свидетельствует о сложившихся параметрах обслуживания для различных типов транспортно-логистических центров (таблица 1) [10–15, 17].

Таблица 1

Параметры масштабов территориально-транспортных комплексов стран ЕС

Тип транспортно-логистического центра	Территория ТЛЦ (га)	Радиус действия (км)
Международный	100–150 га	500–800
Региональный	до 50 га	50–80
Локальный	до 10 га	5–8

Учитывая особенности макрорегиона МТК, его производственные связи, сеть товаропроводящих транспортных магистралей, развитую инфраструктуру, а также роль и значение в экономике европейской части страны, необходимо обосновать целесообразность формирования сети транспортно-логистических центров, которые создаются с целью:

- объединения промышленных, транспортных, торгово-сбытовых, логистических, кредитно-финансовых, информационных предприятий и организаций в рамках территории Поволжья;
- организация и координации процесса товародвижения, выполнения основных функций транспортно-логистического комплекса: оказание транспортных и коммерческих услуг; создание организационно-правовых условий; оформление таможенных деклараций; складской и информационный сервис;
- обеспечения переработки грузов с приращением стоимости при взаимодействии всех видов транспорта;
- взаимосвязи товаропроизводителей (грузоотправителей) с организациями торговли, транспорта, банковской системой, страховыми организациями [1, 2, 4, 8, 9].

С целью обоснования возможности создания сети транспортно-логистических центров и её соответствия стратегии развития регионов предполагается определять её целесообразность с помощью метода идентификации (соответствия) на основе факторного анализа и экспертной оценки двух критериев – «привлекательность отрасли» и «потенциал территории». Оценки определялись по 10-балльной шкале экспертами-специалистами. Результаты анкетирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Анкета экспертной оценки привлекательности отрасли и потенциала
территорий Поволжского макрорегиона

Крите- рии оценки	Факторы привлекательности отрас- ли и потенциала территории	Экспертные оценки (баллы)								Итого	Сред- ний балл
	1. Технический уровень и обеспе- ченность средствами производства	6	5	7	5	6	6	5	38	5,43	
	2.Состояние дорожно- транспортного комплекса	5	7	6	5	5	7	7	41	5,86	
Привлекательностьтранспортной отрасли	3. Объем инвестиций в основной капитал отрасли	7	6	5	4	5	6	5	37	5,29	
	4. Бюджетная обеспеченность транспортной отрасли	4	5	5	4	5	7	5	35	5,0	
	5. Состояние транспортно- логистической инфраструктуры	3	4	5	6	4	5	5	32	4,57	
	6. Уровень транспортной доступ- ности и обеспеченности	7	7	8	8	6	8	8	51	7,29	
	7. Уровень производительности труда персонала отрасли	5	6	4	6	5	5	6	37	5,29	
	8. Близость транспортных магист- ралей и МТК	8	9	9	8	10	9	8	57	8,14	
	9. Уровень стратегического и опе- ративного управления	7	6	7	8	5	7	7	47	6,71	
	10. Подготовка кадров специали- стов и рабочих	6	5	5	7	6	8	7	42	6,0	
	ИТОГО	58	60	61	59	57	68	63		59,58	
	Средний балл	5,8	6,0	6,1	5,9	5,7	6,8	6,3	6,1	5,96	
	Ожидаемая оценка									5,98	
	1. Природно-географический (территория, климат)	9	8	9	10	8	9	10	63	9,0	
	Социально-экономический потенциал территории	2. Демографический фактор (чис- ленность населения, плотность)	7	6	5	6	7	8	7	46	6,57
3. Ресурсная обеспеченность		6	6	5	7	7	6	6	41	5,86	
4. Потенциал производственной инфраструктуры		8	7	8	7	6	6	7	48	6,86	
5. Потенциал социальной инфра- структуры		6	5	7	6	5	6	5	40	5,71	
6. Финансово-бюджетная обеспе- ченность		5	6	5	5	4	5	4	34	4,86	
7. Уровень и качество жизни насе- ления		6	6	5	7	6	6	5	39	5,57	
8. Предпринимательский климат		6	5	7	5	5	8	6	41	5,86	
9. Производство ВРП на душу на- селения		7	5	6	7	5	7	5	42	6,0	
10. Уровень управления и его эф- фективность		5	6	7	6	6	9	5	43	6,14	
ИТОГО		65	60	64	67	59	70	60		62,43	
Средний балл		6,5	6,0	6,4	6,7	5,9	7,0	6,0	6,3	6,24	
Ожидаемая оценка										6,5	

Итоговые (ожидаемые) оценки рассчитывались по формуле математической статистики:

$$O_{ож} = \frac{O_{опт} + O_{н.в.} + O_{пес}}{6}, \quad (1)$$

где $O_{ож}$ – ожидаемая оценка;

$O_{опт}$ – оценка оптимистическая (лучшая);

$O_{пес}$ – оценка пессимистическая (худшая);

$O_{н.в.}$ – оценка наиболее вероятная [6, 7].

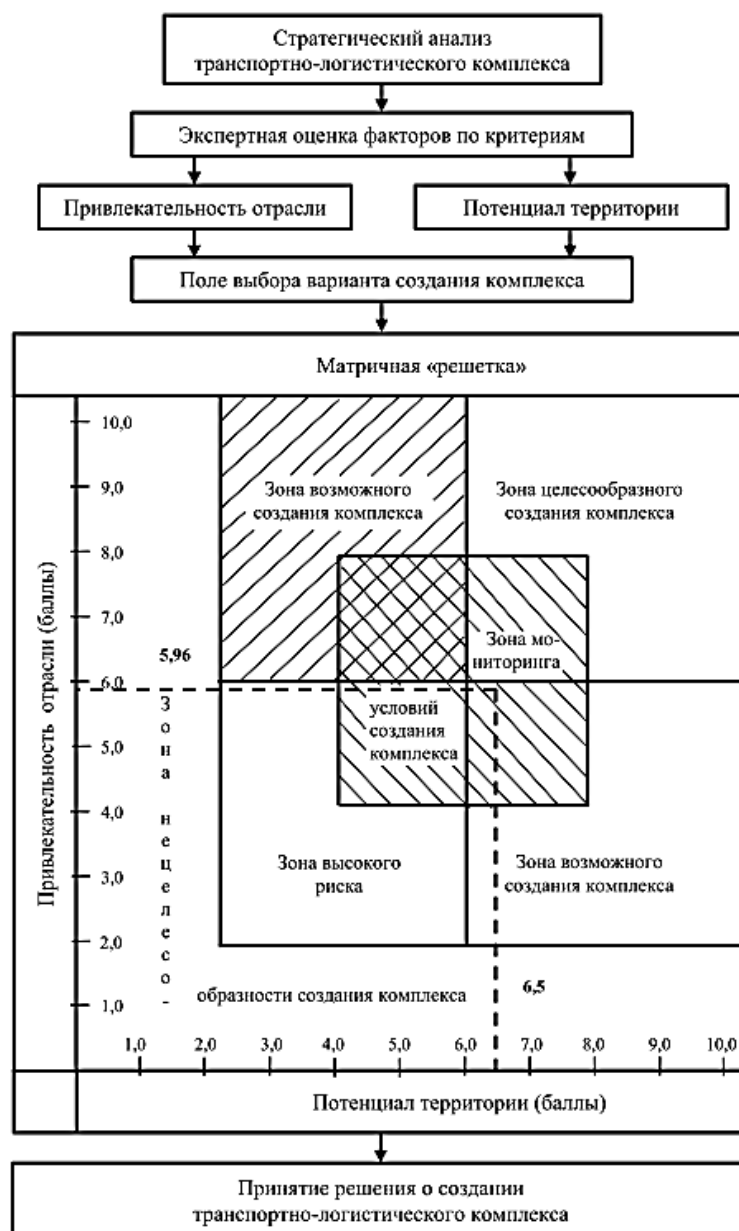


Рис. 1. Методическая схема идентификации сети транспортно-логистических центров в Поволжском макрорегионе

Выполненные расчеты показали, что интегральный, ожидаемый результат привлекательности транспортной отрасли составляет 5,98 балла, а потенциала территории – 6,5 балла.

Следует отметить, что наиболее высокие оценки привлекательности отрасли связаны с близостью транспортных магистралей и международных транспортных коридоров (8,14 балла) и уровнем транспортной доступности обеспеченности (7,29 балла).

Наиболее низкие оценки соответствуют двум факторам: состоянию транспортно-логистической инфраструктуры (4,57 балла) и бюджетной обеспеченности транспортной отрасли (5,0 балла).

Что касается оценок потенциала территории, то эксперты наиболее высоко оценили природно-географический фактор (9,0 баллов) и потенциал производственной инфраструктуры (6,86 балла). Наиболее низкие оценки эксперты связывают с факторами финансово-бюджетной обеспеченности (4,86 балла) и уровнем и качеством жизни населения территории (5,57 балла).

Методическая схема идентификации сети транспортно-логистических центров в МТК приведена на рисунке 1 [3–5]. Анализ матричной «решетки» свидетельствует о том, что уровень привлекательности транспортной отрасли социально-экономического потенциала МТК соответствует зоне возможного создания транспортно-логистического комплекса. Однако точка соответствия находится на границе с зоной целесообразного создания комплекса и зоной высокого риска. В связи с этим полагаем необходимым провести мониторинг условий создания комплекса, что рекомендуется в центральной зоне матрицы.

Таким образом, социально-экономические предпосылки формирования сети транспортно-логистических центров в макрорегион МТК «Север-Юг-Север» свидетельствуют о реальных возможностях реализации проекта создания в рамках территории макрорегиона сети транспортно-логистических центров.

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] Веселов Г.В. Проблемы повышения конкурентоспособности международных перевозок в коридоре «Север-Юг-Север» / Г.В. Веселов, В.И. Минеев, М.А. Шишкина // Вестник ВГАВТ. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – Вып. 44. – С. 279–282.
- [3] Жмачинский В.И. Стратегическое управление предприятием: учеб. пособие / В.И. Жмачинский, О.И. Карташова, А.В. Новиков. – Астрахань, 2016. – 508с.
- [4] Иванов В.М. Моделирование транспортного обеспечения развития предпринимательской деятельности в регионе / В.М. Иванов, М.В. Карташов // Экономика и предпринимательство. – №4-1 (45). – 2014. – С. 773–777.
- [5] Кельбах С.В. Формирование комплексной системы управления и регулирования транспортной инфраструктуры региона / С.В. Кельбах // Проблемы современной экономики. – 2014. – №2. – С. 50–52.
- [6] Коновалова Т.В. Система оценки эффективности функционирования транспортно-логистического центра / Т.В. Коновалова, М.А. Наumenko // Транспорт. Наука, техника, управление. – 2012. – № 3. – С. 62–65.
- [7] Минько Э.В. Оценка эффективности коммерческих проектов: учебное пособие / Э.В. Минько, О.А. Завьялов, А.Э. Минько. – СПб.: Питер, 2014 – 368 с.
- [8] Скрипаль А. С. Формирование сети транспортно-логистических центров в регионе (на примере Хабаровского края) // Молодой ученый. – 2017. – №50(1). – С. 76–79.
- [9] 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.
- [10] Xin Lao, Xiaoling Zhang, Tiyan Shen, Martin Skitmore. Comparing China's city transportation and economic networks // Cities, Volume 53, April 2016, P. 43–50.

- [11] 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.
- [12] Dragan Pamučar, Ljubomir Gigović, Goran Čirović, 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.

ORGANIZATIONAL, ECONOMIC AND METHODOLOGICAL PRECONDITIONS OF FORMING A NETWORK OF TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS (TLC)

I.G. Ilyushchenko, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Volga state university of water transport,

Wu Xiangyu, post-graduate student of the Department of Economy and Management, Volga state university of water transport,
603951, Nizhniy Novgorod, Nesterov str. 5

A.A. Lisin, Ph.D. (Tech), development Director of JSC «Sovfracht-NN»
603005, Nizhny Novgorod, Nesterov str. 3

Keywords: *preconditions, transport and logistics center (TLC), TLC network, transport infrastructure, identification method, «industry attractiveness», «territory potential».*

In the article organizational, economic and methodological preconditions for the formation of transport and logistics centers (TLC) in the area of transport corridors are considered on the basis of changes in the process of transport service of the territories and analysis of the existing cargo delivery schemes. The expediency of using network models for locating TLC is determined using the method of identification (compliance) with efficiency criteria using the example of territories located in the North-South-North international transport corridor (ITC) area. The following indicators have been selected as criteria: the attractiveness of the industry and the potential of the territories, which were determined by the method of expert assessments. The survey involved experts in the industry, territories, scientists.

References:

- [1] Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 № 1734-p.
- [2] Veselov G.V., Mineev V.I., Shishkina M.A. Problemy povyceniya konkurentosposobnosti mezhduнародnykh perevozok v koridore «Sever-Yug-Sever» // *Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta*. – 2015. – № 44. – P. 279–282/
- [3] Zhmachinskiy V.I., Kartashova O.I., Novikov A.V. Strategicheskoe upravlenie predpriyatiem: uchebnoe posobie. – Astrakhan, 2016. – 508 p.
- [4] Ivanov V.M., Kartashov M.V. Modelirovanie transportnogo obespecheniya razvitiya predprinimatelskoy deyatel'nosti v regione // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. – № 4-1 (45). – 2014. – P. 773–777.

- [5] Kelbakh S.V. Formirovanie kompleksnoy sistemy upravleniya i regulirovanie transportnoy infrastruktury regiona // Problemy sovremennoy ekonomiki. – 2014. – № 2. – P. 50–52.
- [6] Konovalova T.V., Naumenko M.A. Systema otsenki effektivnosti funktsionirovaniya transportno-logisticheskogo tsentra // Transport. Nauka, tekhnika, upravlenie. – 2012. – № 3. – P. 62–65.
- [7] Minko E.V., Zavyalov O.A., Minko A.E. Otsenka effektivnosti kommercheskikh proektov: uchebnoe posobie. – SPb.: Piter, 2014 – 368 p.
- [8] Skripal A.S. Formirovanie seti transportno-logisticheskikh tsentrov v regione (na primere Khabarovskogo kraya) // Molodoy uchenyy. – 2017. – № 50(1). – P. 76–79.
- [9] Khairova, S.M. Vybor kontseptsii logistiki trnsportnymi sistemami Rossii pri formirovanii opornykh setey i integratsii uslug // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: Nauchno-tekhnicheskii zhurnal. – 2014. – № 1 (74). – P. 217–223.
- [10] Xin Lao, Xiaoling Zhang, Tiyan Shen, Martin Skitmore. Comparing China's city transportation and economic networks // Cities, Volume 53, April 2016, P. 43–50.
- [11] 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.
- [12] Dragan Pamučar, Ljubomir Gigović, Goran Čirović, 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Özgür Kabak, Füsun Ülengin, Şule Önsel Ekici. Connecting logistics performance to export: A scenario-based approach Research in Transportation Economics // Volume 70, October 2018, P. 69–82.
- [16] 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.
- [17] 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 11.02.2019 г.

УДК 338.24

О.С. Крайнова, к.э.н., доцент кафедры менеджмента и туризма
Филиала ЧОУ ВО «МУИВ» в г. Н. Новгороде, e-mail: kraynovaos@mail.ru
Филиал частного образовательного учреждения высшего образования
«Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Н. Новгороде
603155, г. Нижний Новгород, ул. Б. Печерская, 51.

МОНИТОРИНГ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Ключевые слова: *корпоративная культура, менеджмент знаний, логистический менеджмент, удовлетворенность персонала, организационная культура.*

В статье обосновывается необходимость применения концепции логистического менеджмента при рассмотрении потока работ как результата использования человеческого капитала и документирования управленческих процедур посредством корпо-

ративной культуры, способствующей успешному развитию организации. В статье с этой целью представлены результаты мониторинга удовлетворенности персонала организации общей системой менеджмента предприятия, а также таким элементом, как корпоративная культура. В рамках проведенного авторского исследования в качестве методик выступили: методика OCAI К. Камерона и Р. Куинна, методика И.Д. Ладанова по оценке уровня корпоративной культуры. Метод исследования – опрос, инструментарий-анкета, масштаб оценки – от 0 до 100 баллов; количество респондентов – 400 человек; представление данных – лепестковые диаграммы. Авторское видение, представленное в статье, заключается в том, что логистический менеджмент ориентирован на удовлетворение совокупности потребностей внутренних и внешних клиентов организации при оптимальных условиях создания ценности, при которых человеческий капитал рассматривается и как ресурс их формирования, и как результат протекания потоковых сервисных процессов логистической системы.

На сегодняшний день вопросами создания эффективно работающих организаций через построение системы управления, основанной на отстройке бизнес-процессов с ориентацией на максимальное использование человеческого капитала организации, занимаются многие исследователи. Преобразования, происходящие на уровне управленческих, информационных и производственных технологий, выдвигают качественно новые требования к менеджменту в целом, процедурам принятия управленческих решений, коллаборации ресурсов, их оптимизации, в том числе на уровне логистических систем, ценностным ориентациям предпринимательской организации, определению стиля работы руководителей всех рангов [1, 2, 3]. Важную роль в процессе выработки оптимального сценария развития предприятия, на наш взгляд, играет инструментарий и методология, основанная на логистическом подходе к управлению, причем объектность данного направления, в контексте авторского исследования, предполагает рассмотрение потока работ как результата использования человеческого капитала и документирования управленческих процедур посредством корпоративной культуры, способствующей успешному развитию организации.

Специалисты в области развития стратегий менеджмента знаний считают, что высокий уровень развития компетентности персонала возможен, если руководители признают знания важным активом бизнеса в процессах принятия решений. В связи с этим отстройка процессов невозможна без достаточной мотивации персонала при создании системы документированных процедур, включая регламентацию процессов, их формализацию в виде стандартов предприятий и/или регламентов и, в конечном итоге, движения к цифровизации через создание механизма доступности, мобильности на фоне алгоритмизации процессов [4, 5, 6].

В этой связи актуальными выступают вопросы мониторинга удовлетворенности персонала организации общей системой менеджмента предприятия, а также таким элементом, как корпоративная культура. Исследователи в части бизнес-процессов не умаляют достоинств всех концепций, направленных на потоковое, сквозное управление, принимая необходимым логистический подход и формируя при этом отдельное направление «логистический менеджмент» [7, 8, 9].

Если рассматривать потоковую структуру движения ресурсов организации, то, по мнению автора, управление потоком работ как результатом использования трудовых ресурсов, в первую очередь, должно подразумевать аудирование состояния корпоративной культуры, целью которого выступает определение «проблемного поля» и поиск потенциала в решении вопросов управления.

В рамках проведенного авторского исследования на примере коммерческого предприятия сферы услуг в качестве методик выступили:

– методика OCAI (Organizational Culture Analyze Instrument) К. Камерона и Р. Куинна [10, 11];

– методика И.Д. Ладанова по оценке уровня корпоративной культуры [12].

В рамках реализации методики OCAI задачами исследования выступили:

- 1) определение типа организационной культуры;
- 2) формулирование подхода к определению рамочной конструкции конкурирующих ценностей, определяющих тип организации;
- 3) выявление потенциала изменения организационной культуры, основанного на мониторинге текущего состояния и разработке проекта предпочтительного для компании сценария развития.

Как и любая другая методика, используемая в процессе логистического аудита, ОСАИ ориентирована на представление как реального состояния вопроса, так и сценарного – предпочтительного.

Так, для описания этих состояний в процессе исследования заданы определенные профили, оцениваемые в разрезе следующих шкал: клан, адхократия, бюрократия и рынок.

Метод исследования – опрос, инструментарий-анкета, включающая несколько оценочных направлений:

- 1) ключевые характеристики организации (оценка проводится от максимальной, характеризующейся уникальностью, сплоченностью, принципами семейственности до жесткой структурированности и формализма);
- 2) общий стиль лидерства в организации (от стремления помочь и/или научить до четкой организации и планового ведения дел);
- 3) управление работниками (от стиля руководства, характеризующегося поощрением совместной деятельности, единодушием и участием коллектива в принятии решений до требования подчинения, предсказуемости и стабильности в отношениях);
- 4) связующая сущность организации (от преданности делу, взаимному доверию и обязательностью до формальных правил и официальной политики);
- 5) стратегические цели (от поддержания высокого доверия, открытости и соучастия до акцентирования внимания на неизменности и стабильности, контроле);
- 6) критерии успеха (от развития человеческих ресурсов, коллективной работы, увлеченности работников делом и заботой о людях до определения успеха на базе надежных, стабильных показателей, четких планов, низких производственных затрат).

Масштаб оценки в рамках критериев – от 0 до 100 баллов.

Количество респондентов, принявших участие в исследовании – более 400 человек. Полученные оценки представлены в виде лепестковых диаграмм, позволяющих демонстрировать склонности к тому или иному типу организационной культуры (рис. 1–3).

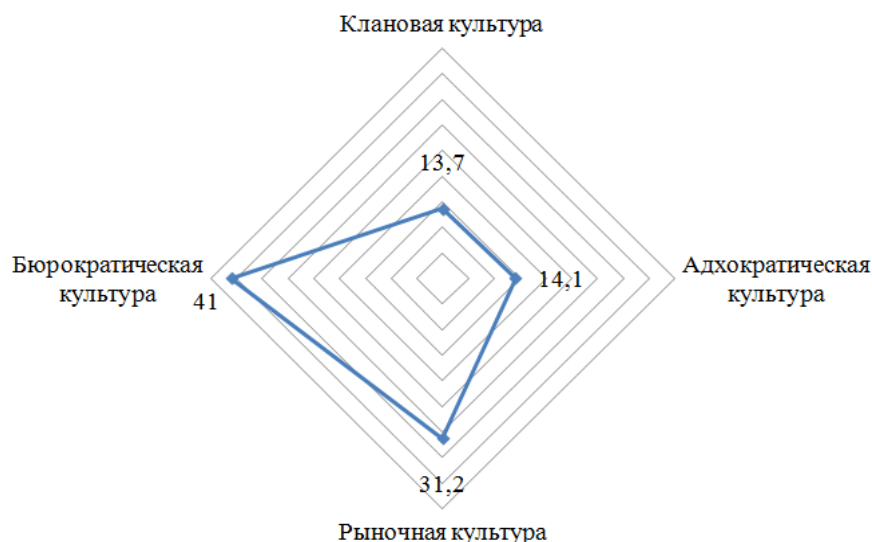


Рис. 1. Интерпретация существующего профиля корпоративной культуры

Данные проведенного исследования показывают, что в настоящее время в организации имеются два доминирующих типа корпоративной культуры – бюрократическая культура (41%) и рыночная культура (31,2%).

Обращаясь к основателям методики, отмечаем, что значимым различием Ким Камерон и Роберт Куинн считают разницу более чем в 10 пунктов [13]. Далее в порядке убывания следуют черты адхократической культуры (14,1%) и клановой культуры (13,7%).

Внутренний фокус ориентации корпоративной культуры обусловлен тем, что коллектив достаточно большой (только респондентов участвовало более 400 чел.), на предприятии высокий уровень текучести кадров, в связи с чем коллектив практически не имеет устоявшихся межличностных отношений между сотрудниками. То, что безоговорочно лидируют бюрократическая и рыночная культуры можно объяснить тем, что руководство компании проводит линию эффективного, направленного на результат управления, применяя при этом стиль управления – бюрократический.

Заметим, что важным стилеобразующим фактором эффективного управления служат не только административно-правовые нормы, принятые на предприятии, но и условия, при которых в стиле управления присутствуют требовательность, коллегиальность и новаторство.

Далее респондентам было предложено ответить на вопросы о желаемом профиле предприятия. Данные анкетирования представлены на рис. 2.

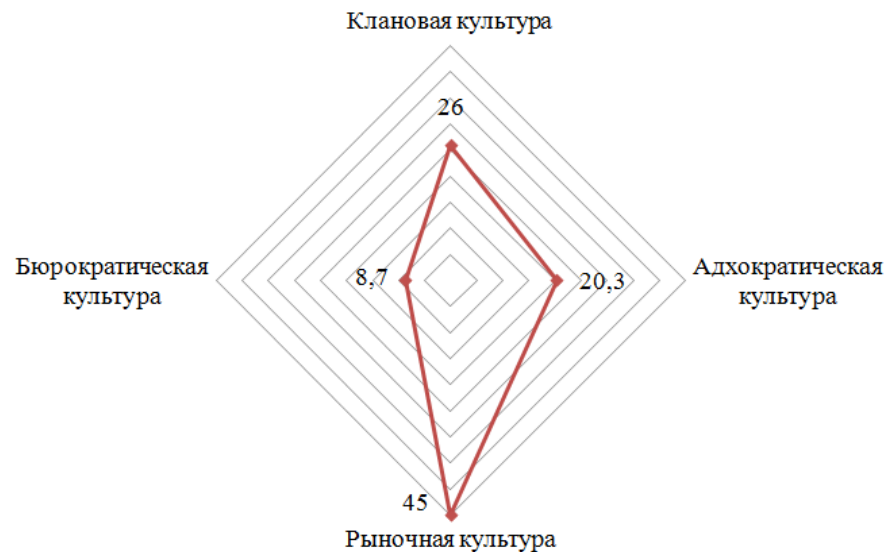


Рис. 2. Желаемый профиль корпоративной культуры

Как видно из рис. 2, респонденты в своих ответах представляют организационную культуру иной. Интерпретация ответов респондентов позволяет сделать вывод, что в существующей корпоративной культуре необходимо усилить факторы рыночной культуры (увеличить с 31,2 % до 45%), клановой культуры (увеличить с 13,7% до 26%), увеличить факторы адхократической культуры (с 14,1% до 20,3%). И, что наиболее актуально, сократить факторы бюрократической культуры с 41% до 8,7%.

Для наглядности профили существующей и желаемой корпоративной культуры совмещены на рис. 3.

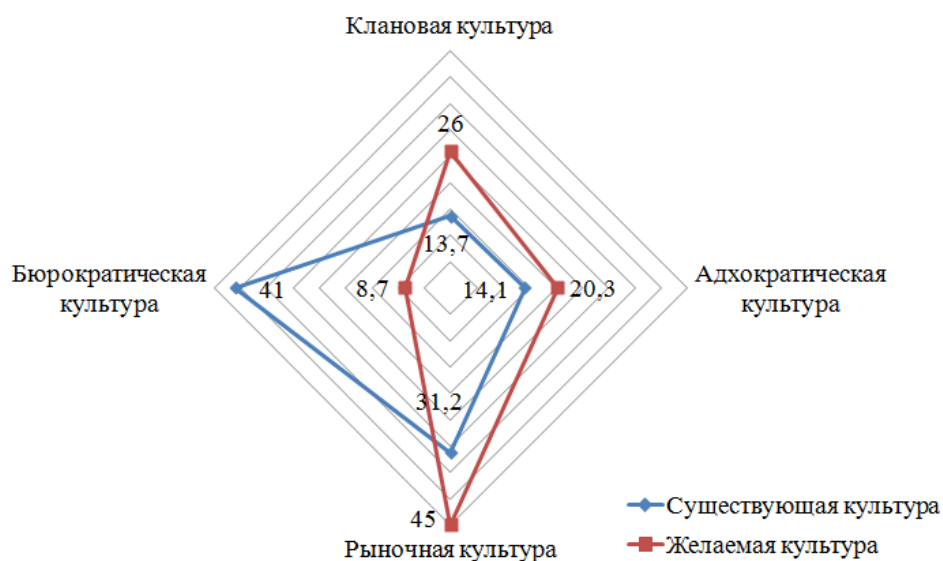


Рис. 3. Отклонение существующего профиля корпоративной культуры от желаемого

Таким образом, результаты проведенного анкетирования можно интерпретировать следующим образом:

- 1) стиль управления в организации характеризуется жестким бюрократическим стилем управления, что отметило в своих ответах большинство респондентов;
- 2) в организации отмечается низкая сплоченность коллектива, недостаточно развита взаимовыручка, климат в коллективе не отличается дружелюбностью;
- 3) несмотря на то, что предприятие имеет факторы выраженной рыночной культуры, респонденты считают нужным усилить эту сторону корпоративной культуры;
- 4) в организации не хватает динамики и новаторства в процессе осуществления деятельности, о чем свидетельствуют низкие показатели адхократичности существующей корпоративной культуры и тот факт, что респонденты отметили необходимость улучшения этой стороны корпоративной культуры.

Далее проведена оценка корпоративной культуры на основании теста И.Д. Ладанова «Уровень корпоративной культуры» [12].

Тест И.Д. Ладанова содержит 29 утверждений, интерпретация которых позволяет сделать суждение об уровне корпоративной культуры предприятия.

Респондентам предъявлялось 29 утверждений, где требовалось выразить степень своего согласия по 10-балльной шкале, где 10 баллов выражали полное согласие, а 0 баллов – полное несогласие. Утверждения представляли собой четыре секции: работа, коммуникации, управление, мотивация и мораль.

Индекс корпоративной культуры определяется по общей сумме полученных баллов. Максимальное количество баллов – 290, наименьшее – 0. Интерпретация баллов: 290–261 – очень высокий; 260–175 – высокий; 174–115 – средний; ниже 115 – имеющий тенденцию к деградации [11].

Результаты тестирования представлены в виде диаграмм на рис. 4–6, где критерии оценки сгруппированы максимально приближено к базовым функциям менеджмента.

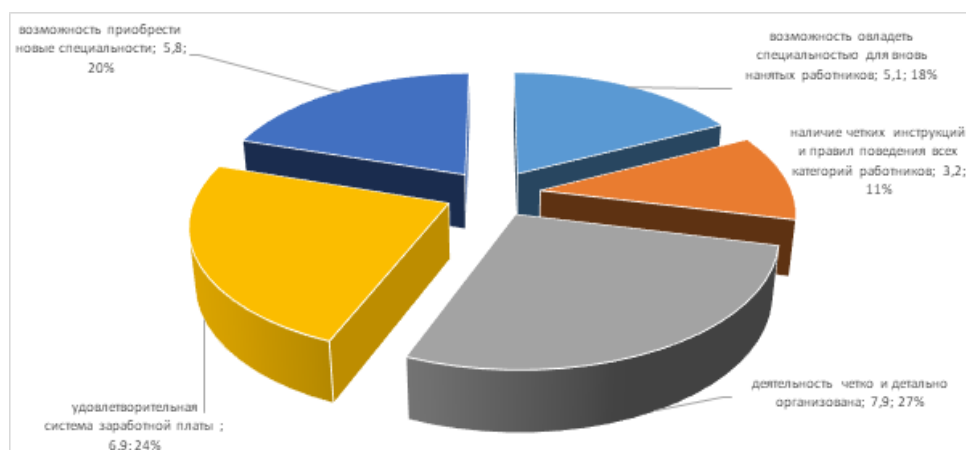


Рис. 4. Анализ ответов респондентов по оценке организации управления по тесту И.Д. Ладанова

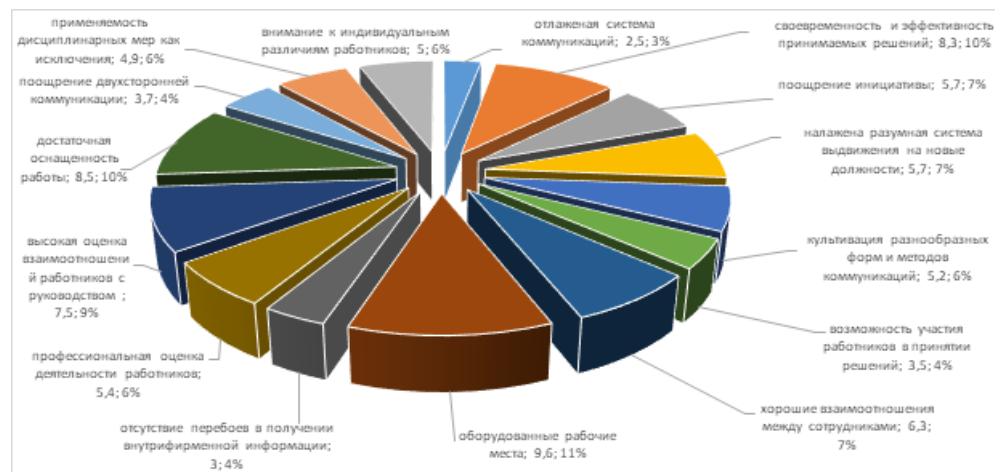


Рис. 5. Анализ ответов респондентов по оценке коммуникации по тесту И.Д. Ладанова

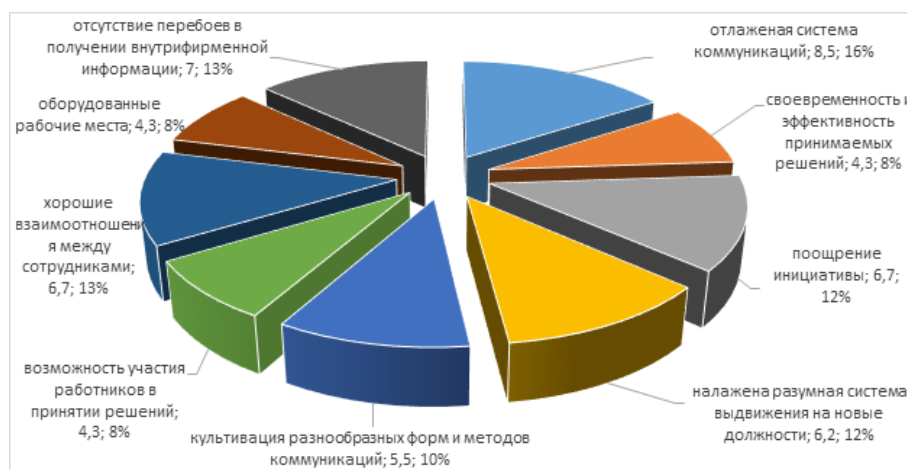


Рис. 6. Анализ ответов респондентов по оценке уровня управления по тесту И.Д. Ладанова

По результатам проведенного исследования уровень корпоративной культуры в организации составил 167,2 балла из 290 возможных. Таким образом, можно сделать основной вывод, что на предприятии средний уровень корпоративной культуры.

При формулировании выводов также следует уточнить, что все 29 утверждений являются важными, поэтому ответы респондентов ниже 5 баллов говорят о неблагоприятном положении дел в конкретной области трудовой деятельности или в межличностном общении работников.

Вовремя принятые меры могут предотвратить погружение компании в кризисное состояние. Из этого следует, что реорганизацию корпоративной культуры следует начать с анализа показателей по представленной выше методике. Состояние культуры в коллективе можно понять через следующие её аспекты (шкалы): коммуникации, работа, мотивация, управление. Деление на шкалы позволяет разграничить, в какой сфере деятельности присутствуют тенденции к ухудшению состояния корпоративной культуры.

Так, в низком диапазоне оценок выявлены утверждения:

- на предприятии имеются четкие инструкции и правила поведения всех категорий работников (3,2 балла);
- на предприятии налажена система коммуникаций (2,5 балла);
- работники участвуют в принятии решений (3,5 балла);
- нет перебоев в получении внутрифирменной информации (3,0 балла);
- поощряется двухсторонняя коммуникация (3,7 балла);
- на предприятии поощряется непосредственное обращение сотрудников к руководству (4,3 балла);
- практикуется делегирование полномочий на нижние эшелоны управления (4,3 балла);
- предприятие постоянно нацелено на нововведения (4,3 балла).

Слабые места корпоративной культуры определяются по средним величинам оценочной группы критериев. Показатели в баллах по группам свидетельствуют о следующем состоянии в коллективе: 10–9 – великолепное; 8–6 – мажорное; 5–4 – заметное уныние; 3–1 – упадочное. Интерпретация ответов по секциям представлена в таблице 1.

Таблица 1

Баллы по отдельным секциям корпоративной культуры

Наименование оценочной группы	Средний балл	Состояние коллектива
Направление «Организация работы»	7,0	мажорное
Направление «Коммуникации»	3,7	заметное уныние
Направление «Организация управления»	5,7	мажорное
Направление «Мотивация и стимулирование труда»	6,4	мажорное

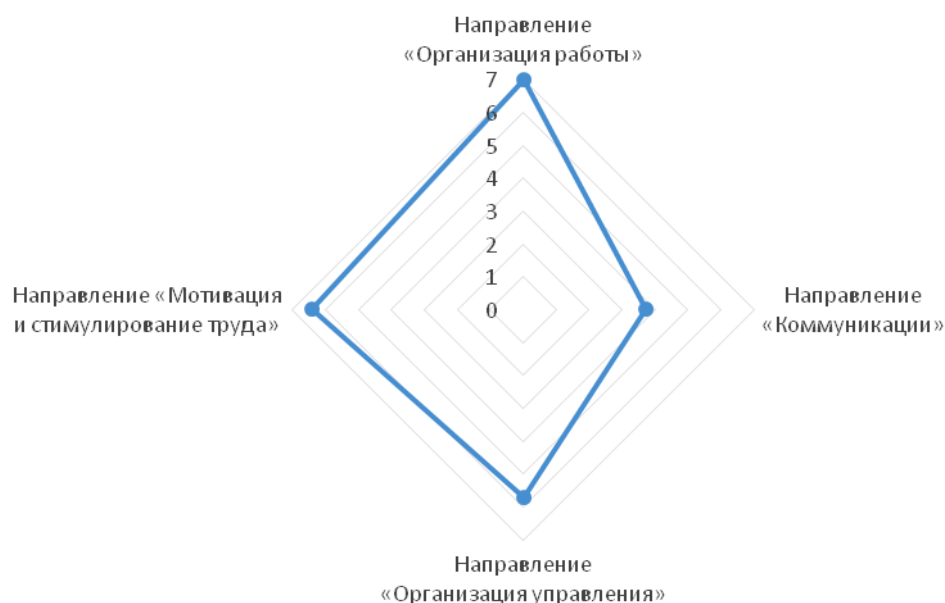


Рис. 7. Оценка уровня корпоративной культуры по И.Д. Ладанову

По результатам проведенного тестирования, установлено, что по трем группам оценочных показателей: организации работы, мотивации и стимулированию труда, организации управления, организация имеет «мажорное» состояние. В соответствии с этим, объективно следует констатировать только лишь внутрифирменную коммуникацию («по вертикали»), что также коррелирует с данными, полученными в ходе проведения исследования по методике К. Камерона и Р. Куинна [14, 15].

Выводы по оценке уровня корпоративной культуры, первоначально предполагающей ее типизацию, позволяют выстроить коммуникации не только с позиции общепринятой системы менеджмента, но и логистического менеджмента со всеми инструментами потоковой оптимизации, нацеленной на достижение синергетического эффекта логистической системы.

В данном контексте логистический менеджмент ориентирован на удовлетворение потребностей внутренних клиентов – персонала организации, обеспечивая тем самым оптимальные условия для создания цепочки ценностей внешних потребителей логистических процессов, создающих спрос. И в этом контексте рассмотрения человеческого капитала организации через построение эффективной корпоративной культуры осуществляет коллаборацию внутренних и внешних логистических сервисных потоков, что формирует высокую актуальность разработки данных вопросов применительно к любой объектовой ориентации.

Список литературы:

- [1] Авдеенко А.С. Взаимосвязь сложностей внедрения концепций управления логистическими системами с проблемами менеджмента организаций. В книге: Реформы в России и проблемы управления. Материалы 33-й Всероссийской научной конференции молодых ученых. 2018. С. 76–78.
- [2] Скирдин К.В. Интегрирование инновационных тенденций развития теории менеджмента знаний в российской экономической системе // Интеграция наук. 2017. Т. 2. № 2 (6). С. 32–33.
- [3] Kordoš M., Habáňik J. Corporate culture interplay issues in global economy // Problems and Perspectives in Management. 2018. Vol. 16. No. 3. pp. 302–310.
- [4] Полусмак Л.А., Сайбель Н.Ю. Интеллектуальный капитал как конкурентное преимущество компаний в современной цифровой экономике. В сборнике: Актуальные проблемы экономиче-

ской теории и практики. Сборник научных трудов. Под редакцией В.А. Сидорова. Краснодар, 2018. С. 79–86.

[5] Мороз Н. Влияние информационных технологий на отраслевой менеджмент в условиях экономики знаний. В сборнике: Проблемы и тенденции развития функционального и отраслевого менеджмента в условиях современной экономики. Материалы XII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 166–170.

[6] Смирнова Е.А. Логистический менеджмент в пространстве цифровой экономики: нормативно-правовое регулирование и тенденции развития // Вестник факультета управления СПбГЭУ. 2018. № 3. С. 351–356.

[7] Николайчук В.Е. Логистический менеджмент. Учебник. (2-е изд.). Москва, изд-во «Дашков и К». 2019. 980 с.

[8] Покровский А.К., Миротин Л.Б., Башмаков И.А. Базис логистического менеджмента. Москва, ООО «Техполиграфцентр». 2018. 335 с.

[9] Матушкин М.А. Логистический менеджмент как драйвер повышения конкурентоспособности предприятия // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2017. № 1 (65). С. 23–27.

[10] Kim S. Cameron, Robert E. Quinn. Diagnosing and Changing Organizational Culture, John Wiley & Sons. 2011. 288 p.

[11] Малышева М.Д., Аракелян А.С., Быкова О.Д. Диагностика организационной культуры фирмы по методике К. Камерона и Р. Куинна. В сборнике: Производство, распределение и потребление продукции, товаров и услуг: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам I Международного экономического форума молодых ученых. 2017. С. 131–145.

[12] Несмеянова Р.К., Липатов С.А. Взаимосвязь восприятия и привлекательности корпоративной культуры с организационной идентификацией сотрудников // Организационная психология. 2017. Т. 7. № 3. С. 67–84.

[13] Барсукова Т.И., Истомина А.П. Методика OCAI в исследовании базовых представлений в организационной культуре вуза // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2018. № 2. С. 117–122.

[14] Cameron, Kim S., Bright, David, and Caza, Arran. «Exploring the Relationships Between Organizational Virtuousness and Performance.» American Behavioral Scientist. 2004. No.47. pp. 766–790.

[15] Sadriev R.D., Mullakhmetov K.S., Krotkova E.V. Corporate culture in the line-management system // International Journal of Economic Perspectives. 2017. No. 4. pp. 652–659.

MONITORING OF THE CORPORATE CULTURE OF THE ENTERPRISE FOR THE PURPOSES OF THE IMPLEMENTATION OF THE LOGISTIC MANAGEMENT

O.S. Kraynova, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor
of the Department of Management and tourism Private university
«Moscow Witte University» branch in Nizhny Novgorod
603155, Nizhny Novgorod, B. Pecherskaya str. 51

Keywords: corporate culture, knowledge management, logistics management, staff satisfaction, organizational culture.

In the article the need for application of the concept of the logistics management when considering the flow of work as a result of use of human capital and documentation of the management procedures through a corporate culture that contributes to the successful development of the organization, is defined. For this purpose, the results of the monitoring of satisfaction of the staff of enterprise with the overall management system, as well as such element as corporate culture are presented in this article. As part of the author's research, the following methods were used: OCAI K. Cameron and R. Quinn, I. D. Ladanov's methodology for assessing the level of corporate culture. Research method-survey, tools-questionnaire, scale of assessment – from 0 to 100 points; number of respondents-400 people; data presentation-radar charts. The author's vision presented in the article is that logistics management is focused on meeting the needs of internal customers – the staff of the organization, thus providing optimal conditions for the creation of a chain of values of external consumers of logistics

processes that create demand. And in this plane of consideration, the human capital of the organization through the construction of an effective corporate culture carries out a collaboration of internal and external logistics service flows, which forms a high relevance of the development of these issues in relation to any object orientation.

References:

- [1] Avdeenko A.S. Vzaimosvjaz' slozhnostej vnedrenija koncepcij upravlenija logisticheskimi sistemami s problemami menedzhmenta organizacij. V knige: Reformy v Rossii i problemy upravlenija. Materialy 33-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh. 2018. pp. 76–78.
- [2] Skirdin K.V. Integrirovanie innovacionnyh tendencij razvitiya teorii menedzhmenta znaniy v rossijskoj jekonomicheskoy sisteme // Integracija nauk. 2017. T. 2. № 2 (6). S. 32–33.
- [3] Kordoš M., Habánik J. Corporate culture interplay issues in global economy // Problems and Perspectives in Management. 2018. Vol. 16. No. 3. pp. 302–310.
- [4] Polusmak L.A., Sajbel' N.Ju. Intellektual'nyj kapital kak konkurentnoe preimushhestvo kompanij v sovremennoj cifrovoj jekonomike. V sbornike: Aktual'nye problemy jekonomicheskoy teorii i praktiki. Sbornik nauchnyh trudov. Pod redakciej V.A. Sidorova. Krasnodar, 2018. pp. 79–86.
- [5] Moroz N. Vlijanie informacionnyh tehnologij na otraslevoj menedzhment v uslovijah jekonomiki znaniy. V sbornike: Problemy i tendencii razvitiya funkcional'nogo i otraslevogo menedzhmenta v uslovijah sovremennoj jekonomiki Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017. pp. 166–170.
- [6] Smirnova E.A. Logisticheskij menedzhment v prostranstve cifrovoj jekonomiki: normativno-pravovoe regulirovanie i tendencii razvitiya // Vestnik fakul'teta upravlenija SPbGJeU. 2018. No. 3. pp. 351–356.
- [7] Nikolajchuk V.E. Logisticheskij menedzhment. Uchebnik. (2-e izd.). Moskva, izd-vo «Dashkov i K», 2019. 980 p.
- [8] Pokrovskij A.K., Mirotin L.B., Bashmakov I.A. Bazis logisticheskogo menedzhmenta. Moskva, OOO «Tehpoligrafcentr». 2018. 335 p.
- [9] Matushkin M.A. Logisticheskij menedzhment kak drajver povyshenija konkurentosposobnosti predpriyatija // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-jekonomicheskogo universiteta. 2017. No. 1 (65). pp. 23–27.
- [10] Kim S., Cameron, Robert E., Quinn. Diagnosing and Changing Organizational Culture, John Wiley & Sons. 2011. 288 p.
- [11] Malysheva M.D., Arakeljan A.S., Bykova O.D. Diagnostika organizacionnoj kul'tury firmy po metodike K. Kameron i R. Kuinna. V sbornike: Proizvodstvo, raspredelenie i potreblenie produkcii, tovarov i uslug: teorija i praktika. Sbornik nauchnyh trudov po materialam I Mezhdunarodnogo jekonomicheskogo foruma molodyh uchenyh. 2017. pp. 131–145.
- [12] Nesmejanova R.K., Lipatov S.A. Vzaimosvjaz' vosprijatija i privlekatel'nosti korporativnoj kul'tury s organizacionnoj identifikaciej sotrudnikov // Organizacionnaja psihologija. 2017. T. 7. No. 3. pp. 67–84.
- [13] Barsukova T.I., Istomina A.P. Metodika OCAI v issledovanii bazovyh predstavlenij v organizacionnoj kul'ture vuza // Vestnik Majkopskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. 2018. No. 2. pp. 117–122.
- [14] Cameron, Kim S., Bright, David, and Caza, Arran. «Exploring the Relationships Between Organizational Virtuousness and Performance.» American Behavioral Scientist. 2004. No.47. pp. 766–790.
- [15] Sadriev R.D., Mullakhmetov K.S., Krotkova E.V. Corporate culture in the line-management system // International Journal of Economic Perspectives. 2017. No. 4. pp. 652–659.

Статья поступила в редакцию 14.02.2019 г.

УДК 334.01

Н.В. Мордовченко, д.э.н., профессор кафедры «Логистика и маркетинг»
ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: infra-wm@yandex.ru

С.В. Кузьмичев, аспирант кафедры «Логистика и маркетинг»

ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: Stas2005k@mail.ru,

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Е.В. Панина, аспирант кафедры «Экономика и автоматизация бизнес-процессов»

ГБОУ ВО «НГИЭУ», e-mail: helenpanina@yandex.ru

ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический универси-
тет»,

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

КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАСЧЕТУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, СФЕРЫ УСЛУГ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА: УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ И КОНСАЛТИНГОВЫЙ АСПЕКТ

Ключевые слова: анализ, возможные сценарии, государственное регулирование, графические и эконометрические модели, интеллектуальный капитал, мезоуровень, НИОКР-проекты, транспортная инфраструктура, экономический эффект, эффективность.

К перечню социально-экономических составляющих транспортной инфраструктуры на мезоуровне может быть применим интегративный метод. Вместе с тем, взаимосвязанные звенья экономики региона непосредственно и/или опосредованно коррелируют с современной транспортной инфраструктурой. Необходимо создать комплексную систему, обеспечивающую эффективный мониторинг и левередж отдельно взятой судоходной компании, транспортного предприятия, являющихся основной, несущей конструкцией прибыльной (в социально-экономическом плане) транспортной инфраструктуры. Конкурентоспособная транспортно-логистическая инфраструктура способствует повышению статуса социальной сферы. В случае использования концепции, предложенной авторами статьи, методики расчёта экономического эффекта по формированию и функционированию транспортной инфраструктуры необходимо усилить комплексно-системные и причинно-следственные взаимосвязи в решении инфраструктурных проблем на отраслевом уровне, что позволит создать реальные условия к достижению максимальной эффективности агломерации.

Концепция методических рекомендаций по расчету экономической эффективности при решении инфраструктурных проблем на транспорте соотнесена с мезоуровнем, с резервами и возможностями государственного регулирования организационно-экономического механизма и инструментария в условиях трансформации рынка и методологизации цифровой экономики.

Современный уровень развития транспортной инфраструктуры свидетельствует о необходимости модернизации отечественного и зарубежного опыта по выбору эффективности решений на альтернативной основе с учетом комплексного, системного анализа при формировании и оценке экономической и социальной ее эффективности в условиях рынка [1, с. 26], [2, с. 71], [3, с. 398], [4, с. 186], [5].

Реально обоснованную экономическую эффективность целесообразно рассчитывать на основе «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования» [6].

Авторы статьи солидарны с мнением ряда ученых, что методика расчета экономической эффективности деятельности предприятий транспорта основывается на сопоставлении существующего и предполагаемого вариантов путем сопоставления полученных конечных результатов и затрат [7, с. 284]. При этом в качестве базового варианта выбираются реально сложившиеся фактические данные [8, с. 259].

Согласно [6] годовой экономический эффект от модернизации транспортной инфраструктуры $\mathfrak{E}_{ij}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathfrak{E}_{ij} = (\mathfrak{Z}_{ija} - \mathfrak{Z}_{ijs}) \cdot A_b \quad (1)$$

где A_b – консолидированный объем транспортных услуг, численность персонала (чел.) или дисконтированный доход (руб.), соответственно в производственно-натуральном, трудовом и денежном выражении;

$\mathfrak{Z}_{ija}$ и $\mathfrak{Z}_{ijs}$ – приведенные затраты в сравниваемых вариантах (существующем и предполагаемом), руб.;

$$\mathfrak{Z}_{ija} = C_{a ij} + E_n K_{a ij}; \quad \mathfrak{Z}_{ijs} = C_{s ij} + E_n K_{s ij} \quad (2)$$

где $C_{a ij}$ и $C_{s ij}$ – себестоимость единицы производства услуг,

$K_{a ij}$ и $K_{s ij}$ – удельные капитальные вложения по двум вариантам.

Указанные экономические критерии в условиях централизованной экономики входили в следующую формулу:

$$T_{ij} = \frac{K_{a ij} - K_{s ij}}{C_{s ij} - C_{a ij}} = \frac{\Delta K_{ij}}{\Delta C_{ij}} < > T_n \quad (3)$$

Здесь T_n – нормативный срок окупаемости капитальных вложений ($T_n = \frac{1}{E_n}$).

В целом $K_{a ij}$ – соответствующие удельные капитальные вложения в транспортную инфраструктуру, при этом в $K_{b ij}$ необходимо включать затраты интеллектуального потенциала (в пределах свода затрат), $K_{ип}$, а также прочие капитальные вложения $K_{пр}$.

В состав $K_{ип}$ входят затраты на подготовку и переподготовку кадровой инфраструктуры для транспортной отрасли экономики, руб.

$K_{пр}$ – необходимые затраты, обеспечивающие экономическую безопасность при формировании и функционировании транспортной инфраструктуры.

Вместе с тем, при расчете $K_{ип}$ необходимо учесть фактор времени (лаг), т.е. формулу приведения:

$$\alpha_\tau = (1 + E)^\tau \quad (4)$$

где α_τ – коэффициент приведения;

E – норматив приведения;

τ – число лет, отделяющее затраты и результаты данного года от начала расчетного года.

Используя полученные значения, представим формулу (1) в развернутом виде:

$$\mathfrak{E}_{ij} = \{[(C_{a ij} + E_n K_{a ij}) - (K_{a ij} + K_{пр} + \alpha_\tau K_{ип})]\} A_b^1 \quad (5)$$

¹ Представленный алгоритм использовался одним из авторов статьи при создании паспорта предприятия мирового уровня ПО «Завод «Красное Сормово» по расчету экономической эффективности новой

При учете стоимости, результативности и коммерческого риска в условиях неопределенности отразим влияние конкурсного внедрения инновационных идей НИОКР (конкурентоспособная интеллектуальная инфраструктура) по следующей формуле:

$$K_{ин} = \left[2 - \frac{n(1-r)}{1-r_i^{max}} \right] K_1 \quad (6)$$

где $K_{ин}$ – требуемые инвестиции в НИОКР при конкурсном внедрении инновационных идей;

K_1 – номинальная стоимость НИОКР при бесконкурсном выполнении;

n – число участников конкурса;

r – коэффициент результативности НИОКР при конкурсном выполнении;

r_i^{max} – коэффициент результативности при ее выполнении одним, наиболее квалифицированным участником (человеческим капиталом из состава кадровой инфраструктуры) [9].

Подставляя значение формулы (6) в (5), имеем:

$$\Xi = \left\{ \left(C_{aij} + E_n K_{aij} \right) - \left[C_{eij} + E_n \left(K_{aij} + K_{np} + \alpha_t \cdot \frac{K_{ин}}{\left[2 - \frac{n(1-r)}{1-r_i^{max}} \right]} \right) \right] \right\} A_s \quad (7)$$

По нашему мнению, необходимо создать комплексную систему, обеспечивающую эффективный мониторинг и левередж отдельно взятой судоходной компании, транспортного предприятия (организации), являющихся основной, несущей конструкцией прибыльной (в социально-экономическом плане) транспортной инфраструктуры.

При этом модель эффективной транспортной инфраструктуры должна трансформироваться следующим образом:

$$RT_s = YNFO + YNTY + P_p + \Delta Y \quad (8)$$

где RT_s – эффективная транспортная инфраструктура;

$YNFO$ – информационный ресурс (информационная инфраструктура) в процессе формирования и функционирования транспортной инфраструктуры;

$YNTY$ – эффективная интеллектуальная (кадровая) инфраструктура;

P_p – эффективная инфраструктура транспортных предприятий (организаций), в т. ч. в ходе координации взаимодействия государственно-частного партнерства;

ΔY – экономически обоснованный финансовый резерв в процессе функционирования и обеспечения (повышения) экономической безопасности транспортной инфраструктуры.

В качестве критериев комплексной оценки эффективности инвестиционных проектов в транспортную инфраструктуру нами предлагаются:

- чистые дисконтированные доходные поступления на отраслевом и региональном уровнях;
- инфраструктурная норма рентабельности инвестиций;
- срок окупаемости инвестиций.

Выбор указанных критериев в полной мере согласуется с теорией денежных потоков с учетом поправки на реальный лаг по времени.

Критерий приведенного эффекта на региональном уровне характеризуется следующей формулой:

$$\mathcal{E}_{PT} = R_{PT} - \mathcal{Z}_{PT} \quad (9)$$

где R_{PT} – позитивный экономический результат от внедрения инновационной транспортной инфраструктуры, рассчитываемый с учетом поправки на лаг по времени; $\mathcal{Z}_{PT}$ – расходы регионального бюджета, на транспортную инфраструктуру, определяемые с учетом поправки на временной фактор.

Расчет индикаторов R_{PT} и $\mathcal{Z}_{PT}$ осуществляется на основе системы уравнений:

$$\begin{cases} R_{PT} = \sum_{e=0}^T R_{PT} \alpha_e \\ \mathcal{Z}_{PT} = \sum_{e=0}^T \mathcal{Z}_{PT} \alpha_e \end{cases} \quad (10)$$

где R_{PT} – позитивный результат, связанный с профицитом на рекламу (PR , пабликсити) бюджета региона, полученный на pt этапе (например, в течении pt бюджета); $\mathcal{Z}_{PT}$ – расходная часть бюджета на рекламу (PR , пабликсити) на pt этапе; α_e – коэффициент дисконтирования.

Разновременные сценарии успешного функционирования транспортной инфраструктуры с учетом соотношения доходной и расходной части бюджета рекламы «корректируются» с помощью формулы приведения путем умножения на коэффициент α_e :

$$\alpha_e = (1 + E)^{T' - t} \quad (11)$$

где T' – момент приведения расходной, доходной частей бюджета на рекламу, его эффект (профицит);
 t – номер этапа расчета;
 E – норма доходности (процентная ставка).

При альтернативном выборе эффективности инвестиционных проектов в транспортную инфраструктуру рассчитываем индекс рентабельности, представляющий собой отношение суммы приведенных эффектов без учета инвестиций к капитализированным (наращенным) инвестициям по формуле:

$$ИД_P = \frac{\mathcal{E}'_{PT}}{И_{PT}} \quad (12)$$

где $\mathcal{E}'_{PT}$ – приведенный экономический эффект без учета инвестиций, характеризующихся ВРП с учетом фактора времени;
 $И_{PT}$ – инвестиции (капитальные вложения) в транспортную инфраструктуру с учетом фактора времени.

Мезоиндикаторы $\mathcal{E}'_{PT}$ и $И_{PT}$ предлагается определять следующим образом:

$$\begin{cases} \mathfrak{Z}'_{PT} = \sum_{t=0}^T (R_{PT} - \mathfrak{Z}'_{PT}) \alpha_t \\ I_T = \sum_{t=0}^T I_{PT} \alpha_t \end{cases} \quad (13)$$

В матрице (13) $\mathfrak{Z}'_{PT}$ – расходы бюджета, закладываемые с учетом вычетов из суммарных затрат $\mathfrak{Z}_{PT}$, зафиксированных на pt этапе, величины инвестиций в регион I_{PT} .

Так, $\mathfrak{Z}_{PT}$ включает в себя фактически сложившиеся расходы бюджета.

Далее умножение показателей доходов и расходов бюджета на коэффициент α_t свидетельствует о приведении показателей I_{PT} и $\mathfrak{Z}'_{PT}$ к фиксированному моменту времени.

Дисконтированная сумма затрат $F_{инт1}$ осуществляемых на всем рассматриваемом интервале, составит:

$$F_{инт} = \int_S^{St\Delta} e^{E(t'-t)} dF(t) \quad (14)$$

где $F(t)$ – исчисленный нарастающим итогом свод затрат бюджета региона в пределах бюджетного года;

$F(\Delta) \in (S, St\Delta)$ – консолидированная сумма затрат [8, с. 265].

Инфраструктурный непрерывный мониторинг позволяет рассчитывать величину дисконта по следующей формуле:

$$-\int_0^t E(S) ds, \alpha_t = e \quad (15)$$

где $E(S)$ – норма дисконта в момент времени S .

Авторы статьи считают, что к перечню социально-экономических составляющих транспортной инфраструктуры на мезоуровне может быть применим интегративный метод. Вместе с тем, взаимосвязанные звенья экономики региона непосредственно и/или опосредованно коррелируют с современной транспортной инфраструктурой и могут быть представлены в виде следующей графической модели (рис. 1).

Для эффективных управленческих решений при решении инфраструктурных проблем необходимо сбалансировать уровни полезности полученных результатов.

Это справедливо не только в сценариях плановой экономики, в которой полученные результаты соотносились с приведенными затратами, капитальными вложениями и единовременными затратами централизованной экономики, но и к условиям рынка.

Рыночные аспекты современной экономики свидетельствуют о том, что для успешного функционирования транспортной инфраструктуры необходимо сопоставлять возможные варианты:

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad (16)$$

Качественная и количественная интерпретация полученных результатов свидетельствует о том, что необходимо осуществлять поиск эффективных управленческих решений на альтернативной основе [10].

Рис. 1. Комплексная система транспортной инфраструктуры в условиях государственного регулирования экономики и финансов

Интегративная матрица приведенных выше полезных результатов от используемых вариантов решений характеризуется системой равенств

$$\begin{cases} P_{GTLI} = P_{GTLI}(a) & P_{IQ} = P_{IQ}(a) \\ P_{PT} = P_{PT}(a) & P_{TT} = P_{TT}(a) \\ P_{OK} = P_{OK}(a) & P_{OE} = P_{OE}(a) \\ P_m = P_m(a) & P_{EK} = P_{EK}(a) \\ P_{SR} = P_{SR}(a) & P_{FЭ} = P_{FЭ}(a) \end{cases} \quad (17)$$

Сравнивая a_i и a_j на альтернативной основе, имеем систему вероятностных моделей возможных ситуаций, например:

$$\begin{cases} P_{GTLI}(a_i) > P_{GTLI}(a_j) & P_{IQ}(a_i) < P_{IQ}(a_j) \\ P_{PT}(a_i) > P_{PT}(a_j) & P_{TT}(a_i) > P_{TT}(a_j) \\ P_{OK}(a_i) < P_{OK}(a_j) & P_{OE}(a_i) < P_{OE}(a_j) \\ P_m(a_i) < P_m(a_j) & P_{EK}(a_i) > P_{EK}(a_j) \\ P_{SR}(a_i) > P_{SR}(a_j) & P_{FE}(a_i) < P_{FE}(a_j) \end{cases} \quad (18)$$

Теория комбинаторики свидетельствует о том, что возможны 100 таких сочетаний [10].

Согласно рабочей гипотезы менеджмент транспортно-логистической инфраструктуры осуществляет мониторинг социально-экономических факторов, с одной стороны, и информационно-консалтинговые «шаги» - с другой.

В случае выполнения условий:

$$P_{SR}(a_i) = P_{SR}(a_j);$$

$$P_{FЭ}(a_i) \neq P_{FЭ}(a_j)$$

сопоставить избранные нами сценарии затруднительно.

В качестве критерия эффективности принимаемых решений может быть выбран сценарий максимума экономического эффекта $E_{\max}$, равный разности доходной и расходной частей регионального бюджета

$$P_{SR}(a_i) < P_{SR}(a_j);$$

$$P_{FЭ}(a_i) > P_{FЭ}(a_j),$$

то есть с точки зрения интегративного эффекта, вариант a_i превышает аналогичный показатель a_j , но уступает варианту a_j по качеству жизни.

Поэтому приоритет (предпочтение) нельзя отнести к варианту с индексом j .

Для приведения сопоставимых вариантов к требованиям учредителей (аффилированных лиц) судоходной компании и потребителей транспортных услуг необходимы инвестиции на уровне регионального бюджета по следующим направлениям:

1. Активизации отраслевых и региональных программ (мероприятий) на альтернативной основе;
2. Получение прироста ВРП за счет внедрения организационно-экономического механизма (мониторинг, лизинг, контроллинг, экономическая диагностика, диагностический анализ) и инструментария (интеллектуальный капитал, технологический аудит, инжиниринг и реинжиниринг);
3. Формирование экономически обоснованного финансового резерва.

Из перечисленных трех источников и составных частей резерва в экономике транспортной отрасли и региона необходимо привлекать дополнительные средства по сопоставимым сценариям.

Вместе с тем конкурентоспособная транспортно-логистическая инфраструктура способствует повышению статуса социальной сферы:

$$E_s = E_{ii} + E_{si} + E_{ci} \quad (19)$$

где E_s – социальный эффект от позитивного востребуемого внедрения транспортной инфраструктуры;

E_{ii} – индивидуальная (рейтинговая) и/или инновационная кадровая инфраструктура, состоящая в основном из интеллектуальной составляющей (человеческого капитала);

E_{si} – сопутствующий социальный эффект, т.е. способность воздействия кадровой инфраструктуры на обучаемую аудиторию (повышение общей успеваемости в образовательном учреждении по профессиональным и специальным предметам, воздействию фундаментальных и прикладных научных исследований на повышение рейтинга (статуса) и привлекательности отраслевого вуза;

E_{ci} – косвенный (опосредованный) социальный эффект, способствующий повышению эффективности структуры и инфраструктуры качества труда [8, с. 129].

Интегрированный экономический эффект от реализации возможных НИОКР-проектов [11, с. 35] и реализации ресурса маркетинговых исследований [12, с.190–197] целесообразно представить в виде:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i \cdot S_i \quad (20)$$

где $i=1, \dots, n$ – перечень составляющих (видов) транспортной инфраструктуры;

E_i – годовой экономический эффект от использования отдельно взятого компонента транспортной инфраструктуры¹, руб.;

S_i – количество составляющих элементов экономического эффекта.

Заключение

Таким образом, авторская концепция предполагаемой методики расчёта экономического эффекта по формированию и функционированию транспортной инфраструктуры включает в себя следующие рекомендации:

1. Усилить комплексно-системные и причинно-следственные взаимосвязи в решении инфраструктурных проблем на регионально-отраслевом уровне, что позволит создать реальные условия к достижению максимальной эффективности агломерации [4, с. 186].

2. Использовать информационно-консалтинговый и инновационно-интеллектуальный ресурс на мезоуровне, что будет способствовать развитию и совершенствованию организационно-экономического механизма и инструментария рынка транспортных услуг (экономическая диагностика [13, с. 83], эконометрический аудит [14, с. 89–97]), а также созданию экономически обоснованного алгоритма для повышения эффективности различных видов транспорта общего пользования.

3. Учитывать происходящие глобальные процессы конвергенции, которые способствуют «встраиванию» эконометрических методов и моделей в теорию эколого-экономической и социальной эффективности на мезоуровне.

¹ При этом значительное внимание следует уделять развитию и трансформации кадровой инфраструктуры [15, с. 13–16; 19, с. 57–70]

4. Учитывать влияние мотивации и стимулирования интеллектуального труда кадровой инфраструктуры в вузах в НИОКР-проектах (генерации идей, «ноу-хау», научных центров и конструкторских объединений, студенческих молодёжных инициатив и т.д.) способные создать инновационные экономически обоснованные типы и/или виды флота [11, с. 35] в условиях государственного регулирования рынка научно-образовательной инфраструктуры [15, с. 13-16].

5. Совершенствовать правовую инфраструктуру [16] (рис. 1), межотраслевые балансы, межрегиональные отношения, внешнеэкономические связи на основе государственно-частного партнерства.

6. Повышать качество эконометрической инфраструктуры в комплексной системе инфраструктурных элементов, что способствует не только парадигмальным изменениям на рынке транспортных услуг, но и методологизации и трансформации цифровой экономики на мезоуровне [17, с. 659; 4, с. 186].

7. Использовать и ретранслировать опыт проведения комплексных маркетинговых исследований, направленных на синдикативность и мультипликативность экономического и социального эффекта транспортной и береговой инфраструктуры [18, с. 98-109]

Список литературы:

- [1] Астахов В.И., Ануфриев Н.А. К вопросу повышения эффективности использования флота. Вестник ВГАВТ. Выпуск 11. Экономика и управление на транспорте. – Н.Новгород: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2004. – 212 с.
- [2] Государев М.А., Костров В.Н., Телегин А.И. Государственное регулирование на транспорте: Учебное пособие для вузов / Под ред. проф.Телегина А.И. Н.Новгород, ВГИПА, 2002, – 148 с.
- [3] Дербе Ж. Экономическая теория в математической формуле. В кн. Нобелевские лауреаты по экономике: взгляд из России. Под ред. проф. Ю.В. Яковца. Научное издательство «Гуманистика», Санкт-Петербург. – 967 с.
- [4] Томпсон А., Формби Дж. Экономика фирмы. / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998. – 544 с.
- [5] Хачатурян Т.С. Эффективность капитальных вложений. – М.: Экономика, 1997.
- [6] Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) Официальное издание Рекомендации разработаны авторским коллективом в составе Руководители – В.В.Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров Москва. Экономика.2000 – 421 стр.
- [7] Волостнов Н.С. Хохлов А.А. Специфика экономических результатов и эффективности деятельности. Вестник ВГАВТ. Выпуск 35. – Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – 342 с.
- [8] Мордовченков Н.В., Кузьмичев С.В., Панина Е.В. Методологические основы формирования комплексно-системного подхода в решении инфраструктурных проблем на транспорте: инновационно-консалтинговый аспект. Монография. Под общей редакцией д.э.н., профессора Н.В.Мордовченкова. – Н.Новгород, 2018. – 312 с.
- [9] Воронин В.Ф., Агафонов Н.А. Влияние конкурсного выполнения инновационных стадий НИОКР на их стоимость, результативность и коммерческий риск. Управление бизнесом: сборник научных трудов. – Н. Новгород: ННГУ, 2001.
- [10] Плеханова А.Ф. Методология оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности по совокупности показателей. Автореф. дис.... д-ра экон.наук. Н.Новгород, 2000.
- [11] Гусев Д.Е. Условия эффективности работы речной грузопассажирской линии. Вестник ВГАВТ. Выпуск 37. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы транспортного обеспечения развития национальной экономики» – Н.Новгород: Издательство ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2013. – 252 с.
- [12] Мордовченков Н.В., Сироткин А.А. Специфика и возможности проведения маркетинговых исследований на рынке транспортных услуг. Вестник ВГАВТ. Выпуск 53. – Н. Новгород: Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017. – 250 с.
- [13] Азимов П.Х. Камолидинов Б.Т. Экономическая диагностика состояния транспортно-логистической системы республики Таджикистан. Вестник ВГАВТ. Выпуск 57. – Н. Новгород: издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – 200 с.

- [14] Артамонова М.Ю. Разработка новой системы критериальных показателей эффективности функционирования морских портов. Вестник ВГАВТ. Выпуск 57. – Н. Новгород: издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – 200 с.
- [15] Кузьмичев И.К. Реформирование системы профессиональной подготовки кадров – важный этап развития транспорта. Вестник ВГАВТ выпуск 37. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы транспортного обеспечения развития национальной экономики»– Н.Новгород: Издательство ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2013. – 252 с.
- [16] Кузьмичев И.К., Корнев А.Б., Малышкин А.Г. Задачи научных исследований в области пассажирских перевозок на речном транспорте. Вестник ВГАВТ. Выпуск 50.– Н. Новгород: Издательство ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2017. – 302 с.
- [17] Математика и кибернетика в экономике. Словарь-справочник. Издание 2-е, перераб. и доп. М., «Экономика», 1975, – 701 с.
- [18] Мордовченков Н.В. Методические и методологические основы формирования комплексного маркетингового исследования на транспорте: институционально-инфраструктурный аспект. Вестник Астраханского государственного университета, №3 (сентябрь), 2018.
- [19] Мордовченков Н.В. Опыт и перспективы формирования кадровой инфраструктуры на транспорте. // Вопросы новой экономики. №1 (41), март 2017.

THE CONCEPT OF GUIDELINES FOR CALCULATING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE, THE SERVICE SECTOR IN THE REGION'S ECONOMY: A MANAGERIAL AND CONSULTING ASPECT

N.V. Mordovchenkov, *Dr.Sc.of Economics, Professor of the Logistics and Marketing Department Volga State University of Water Transport*

S.V. Kuzmichev, *graduate student of the department «Logistics and Marketing» Volga State University of Water Transport
603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5*

E.V. Panina, *Postgraduate Student, Department of Economics and Automation of Business Processes
Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics
606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. October, 22a*

Keywords: analysis, possible scenarios, government regulation, graphical and econometric models, intellectual capital, meso-level, R & D projects, transport infrastructure, economic effect, efficiency.

The integrative method can be applicable to the list of socio-economic components of the transport infrastructure at the meso-level. At the same time, the interconnected links of the regional economy directly and / or indirectly correlate with the modern transport infrastructure. It is necessary to create a comprehensive system that ensures effective monitoring and leverage of a single shipping company, a transport enterprise, which are the main, supporting structure of a profitable (in socio-economic terms) transport infrastructure. Competitive transport and logistics infrastructure contributes to raising the status of the social sphere. In case of using the concept proposed by the authors of the article, the method of calculating of the economic effect on the formation and functioning of transport infrastructure, it is necessary to strengthen the complex system and cause-effect relationships in solving infrastructure problems at the industry level, which will create real conditions for achieving maximum agglomeration efficiency.

References:

- [1] Astahov V.I., Anufriev N.A. K voprosu povysheniya effektivnosti ispolzovaniya flota. Vestnik VGAVT. Vypusk 11. Ekonomika i upravlenie na trannsporte. – N. Novgorod: Izdatelstvo FGOU VPO «VGAVT», 2004. – 212 s.

- [2] Gosudarev M.A., Kostrov V.N., Telegin A.I. Gosudarstvennoe regulirovanie na transporte: Uchebnoe posobie dlya vuzov / Pod red. prof. Telegina A.I. N. Novgorod, VGIPA, 2002, – 148 s.
- [3] Derbe Zh. Ekonomicheskaya teoriya v matematicheskoy formule. V kn. Nobelevskie laureaty po ekonomike: vzglyad iz Rossii. Pod red. prof. Yu.V. Yakovca. Nauchnoe izdatelstvo «Gumanistika», Sankt-Peterburg. – 967 s.
- [4] Tompson A., Formbi Dzh. Ekonomika firmy. / Per. s ang. – M.: ZAO «Izdatelstvo BINOM», 1998. – 544 s.
- [5] Hachaturyan T.S. Effektivnost kapitalnykh vlozhenij. – M.: Ekonomika, 1997.
- [6] Metodicheskie rekomendacii po ocenke effektivnosti investicionnykh proektov (vtoraya redakciya) Oficialnoe izdanie Rekomendacii razrabotany avtorskim kollektivom v sostave Rukovoditeli – V.V. Kossov, V.N. Livshic, A.G. Shahnazarov Moskva. Ekonomika. 2000 – 421 str.
- [7] Volostnov N.S. Hohlov A.A. Specifika ekonomicheskikh rezultatov i effektivnosti deyatel'nosti. Vestnik VGAVT. Vypusk 35. – N. Novgorod: Izdatelstvo FGOU VPO «VGAVT», 2013. – 342 s.
- [8] Mordovchenkov N.V., Kuzmichev S.V., Panina E.V. Metodologicheskie osnovy formirovaniya kompleksno-sistemnogo podhoda v reshenii infrastrukturnykh problem na transporte: innovacionno-konsaltingovyy aspekt. Monografiya. Pod obshej redakciej d.e.n., professora N.V. Mordovchenkova. – N. Novgorod, 2018. – 312 s.
- [9] Voronin V.F., Agafonov N.A. Vliyanie konkursnogo vypolneniya innovacionnykh stadij NIOKR na ih stoimost, rezul'tativnost i kommercheskij risk. Upravlenie biznesom: sbornik nauchnykh trudov. – N. Novgorod: NNGU, 2001.
- [10] Plehanova A.F. Metodologiya ocenki effektivnosti investicionnykh proektov v usloviyakh neopredelennosti po sovokupnosti pokazatelej. Avtoref. dis.... d-ra ekon.nauk. N. Novgorod, 2000.
- [11] Gusev D.E. Usloviya effektivnosti raboty rechnoj gruzopassazhirskoj linii. Vestnik VGAVT. Vypusk 37. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy transportnogo obespecheniya razvitiya nacionalnoj ekonomiki»– N. Novgorod: Izdatelstvo FGBOU VO «VGAVT», 2013. – 252 s.
- [12] Mordovchenkov N.V., Sirotkin A.A. Specifika i vozmozhnosti provedeniya marketingovykh issledovaniy na rynke transportnykh uslug. Vestnik VGAVT. Vypusk 53. – N. Novgorod: Izdatelstvo FGBOU VO «VGUVT», 2017. – 250 s.
- [13] Azimov P.H. Kamolidinov B.T. Ekonomicheskaya diagnostika sostoyaniya transportno-logisticheskoy sistemy respubliky Tadzhikistan. Vestnik VGAVT. Vypusk 57. – N. Novgorod: izdatelstvo FGBOU VO «VGUVT», 2018. – 200 s.
- [14] Artamonova M.Yu. Razrabotka novoy sistemy kriterialnykh pokazatelej effektivnosti funkcionirovaniya morskikh portov. Vestnik VGAVT. Vypusk 57. – N. Novgorod: izdatelstvo FGBOU VO «VGUVT», 2018. – 200 s.
- [15] Kuzmichyov I.K. Reformirovanie sistemy professionalnoj podgotovki kadrov – vazhnyj etap razvitiya transporta. Vestnik VGAVT vypusk 37. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy transportnogo obespecheniya razvitiya nacionalnoj ekonomiki»– N. Novgorod: Izdatelstvo FGBOU VO «VGAVT», 2013. – 252 s.
- [16] Kuzmichyov I.K., Kornev A.B., Malyshkin A.G. Zadachi nauchnykh issledovaniy v oblasti passazhirskih perevozok na rechnom transporte. Vestnik VGAVT. Vypusk 50.– N. Novgorod: Izdatelstvo FGBOU VO «VGAVT», 2017. – 302 s.
- [17] Matematika i kibernetika v ekonomike. Slovar-spravochnik. Izdanie 2-e, pererab. i dop. M., «Ekonomika», 1975, – 701 s.
- [18] Mordovchenkov N.V. Metodicheskie i metodologicheskie osnovy formirovaniya kompleksnogo marketingovogo issledovaniya na transporte: institucionalno-infrastrukturnyj aspekt. Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo universitet, №3 (sentyabr), 2018.
- [19] Mordovchenkov N.V. Opyt i perspektivy formirovaniya kadrovoj infrastruktury na transporte. // Voprosy novoy ekonomiki. №1 (41), mart 2017.

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

УДК 656.62.064

В.В. Цверов, д.э.н., профессор кафедры логистики и маркетинга

ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: v.tsverov@yandex.ru

М.А. Левочкина, магистрант ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: levochkinam@mail.ru

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ СРОКИ ДОСТАВКИ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: *доставка продукции, «точно в срок», срок доставки, сбои при доставке, речной транспорт.*

В статье определена актуальность для речного транспорта доставки по принципу «точно в срок». Приведены результаты натурных наблюдений за процессом перевозок в 2016–2017 гг. на линии Череповец – Санкт-Петербург и выявлены группы специфических для речного транспорта факторов, приводящих к задержкам в процессе доставки. Дана количественная оценка влияния выполнения операций комплексного обслуживания флота на стабильность процесса доставки. Оценена возможность использования речного транспорта в настоящее время (без проведения работ по созданию системы, обеспечивающей доставку в срок на конкретных линиях) в перевозках по принципу «точно в срок». Определены направления действий по повышению готовности к доставке «точно в срок» на речном транспорте.

Актуальность для речного транспорта исследований по обеспечению доставки по принципу «точно в срок»

Основными требованиями, предъявляемыми грузовладельцами к перевозке грузов, являются: доставка в нужном количестве, доставка с минимальными затратами, доставка точно в срок [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. При этом выбор между доставкой речным транспортом и другими видами транспорта часто делается грузовладельцами не в пользу речного транспорта. Это связано с несоответствием последнего требованию «доставки точно в срок», так как речной транспорт по первым двум критериям в большей части случаев перевозок не уступает другим видам транспорта.

В целях повышения конкурентоспособности речного транспорта необходимо повышать его возможности по обеспечению доставки в срок. Выявлению факторов, дестабилизирующих процесс доставки на речном транспорте и определению мер, способствующих уменьшению влияния этих факторов на срок доставки посвящена данная статья.

Обзор научно-методических публикаций [1–15] показал, что специальных исследований по обеспечению доставки точно в срок на речном транспорте не проводилось. Вопросы обеспечения доставки точно в срок и ее целесообразности (без учета специфики речного транспорта) рассматривались в работах [10, 11, 12, 13, 14, 15]. Все это обуславливает актуальность проводимого исследования.

Результаты натурных наблюдений за процессом перевозок

Проведенные натурные наблюдения за процессом перевозок в 2016–2017 гг. на линии Череповец – Санкт-Петербург выявили три группы специфических для речного транспорта факторов, приводящих к задержкам в процессе доставки:

- 1-й – выполнение операций комплексного обслуживания флота;
- 2-й – неплановые простои в ходе кругового рейса;
- 3-й – стохастичность операций (хода, грузового обслуживания и др.).

В данной статье остановимся на исследовании двух первых из них.

Количественная оценка влияния выполнения операций комплексного обслуживания флота приведена в табл. 1 и 2. Она позволяет сделать следующие выводы:

– основная доля операций (95%) выполняется с простоем флота (см. табл. 1), что сказывается на доставке груза точно в срок;

Таблица 1

Результаты оценки потребности времени на операции комплексного обслуживания флота при работе судна на линии Череповец – Санкт-Петербург за навигации 2016–2017 гг.

Наименование операции	Условия выполнения	Количество операций за навигацию, ед.		Суммарная продолжительность операций, ч	
		2016	2017	2016	2017
Снабжение колпитом	Стоянка у причала	13	14	118	113
Сдача фекалий	Постановка на рейд, подход ОС	17	18	67	58
Сдача мусора	Постановка на рейд, подход ОС	18	19	56	52
Снабжение ГСМ	Постановка на рейд, подход СБ	7	7	26	29
Сдача подсланевых вод	Постановка на рейд, подход ОС	6	6	22	22
Снабжение водой*	При погрузке и выгрузке	13*	14*	52*	44*
Итого		74	78	341	318
В т.ч. с простоем		61	64	289	274

Примечание: * – осуществляется без простоя судна

– количество операций КОФ, выполняемых с простоем, за навигацию составляет 61-64 (табл. 1), что говорит о том, что задержки в доставке по этой причине могут быть с высокой вероятностью при каждой доставке груза;

– суммарная продолжительность операций КОФ достигает 12 суток (порядка 6% от продолжительности навигации), при этом продолжительность одной операции КОФ составляет в среднем 4,5 часа. Она носит стохастический характер – коэффициент вариации по видам операций колеблется и составляет от 0,11 до 0,45 (см. табл. 2). Продолжительность одной операции может достигать 12 часов;

Таблица 2

Результаты оценки средних потерь времени на операции комплексного обслуживания флота при работе судна на линии Череповец – Санкт-Петербург (средние за 2016–2017 годы)

Наименование операции	Суммарная продолжительность операций, ч	Доля затрат времени на операции КОФ, %	Средняя продолжительность операции, ч	Максимальная продолжительность операции, ч	Коэффициент вариации продолжительности операции
Снабжение колпитом	116	41	8,3	12	0,45
Сдача фекалий	63	22	3,6	4	0,11
Сдача мусора	54	19	2,8	4	0,43
Снабжение ГСМ	28	10	3,9	5	0,28
Сдача подсланевых вод	22	8	3,7	5	0,35
Итого	281.5	100	4,5		

– из затрат времени на операции КОФ, выполняемые с простоем, наибольшие затраты (41 %) требуются на операцию снабжение колпитом (см. табл. 2), которая осуществляется при стоянке у причала (следует отметить, что раньше при централизованной системе КОФ на РТ они выполнялись в основном посредством специализированных плавучих магазинов параллельно с другими операциями транспортного процесса);

– операции сдача мусора, фекалий и подсланевых вод (выполняемые посредством подхода специализированных судов типа «ОС»), суммарно занимают 49 % всех простоев флота под операциями КОФ (следует отметить, что раньше при централизованной системе КОФ на РТ они выполнялись в основном параллельно с другими операциями транспортного процесса с минимальными потерями времени).

Количественная оценка влияния неплановых простоев при работе судна на линии Череповец – Санкт-Петербург приведена в табл. 3 и 4. Она позволяет сделать следующие выводы:

– суммарные потери от неплановых простоев составляют 27 суток, что при продолжительности навигации в 200 суток оставляет 13,5% и сказывается на доставке груза точно в срок;

– количество неплановых простоев за навигацию составляет 41–50 (табл. 3), что говорит о том, что задержки в доставке по этой причине могут быть при каждой доставке груза. При этом продолжительность одной такой задержки составляет в среднем 14,3 часа и может достигать 38 часов;

– основными причинами, влияющими на потери времени на рассматриваемой линии, являются ожидание в очереди на шлюзование и на грузовое обслуживание – на них приходится 67% всех неплановых простоев. Это связано с тем, что на данной линии судно проходит большое количество шлюзов и стохастичностью транспортного процесса, а также отсутствием гарантированных временных окон на обслуживание в шлюзах и портах;

– продолжительность неплановых простоев носит стохастический характер – коэффициент вариации по их видам колеблется значительно (см. табл. 4). Наиболее стохастичны простои в ожидании грузовых работ – коэффициент вариации этой операции составляет 0,8. При этом ее средняя продолжительность существенна и составляет в среднем 20,7 часа;

Таблица 3

**Результаты оценки потерь времени судна от неплановых простоев
при работе на линии за навигации 2016–2017 годов**

Наименование причин неплановых простоев	Количество за навигацию, ед.		Суммарная продолжи- тельность простоя, ч	
	2016	2017	2016	2017
Ожидание в очереди на шлюзование	11	10	213	240
Ожидание в очереди на грузовое обслужи- вание	10	8	180	192
Штормовая погода	13	11	174	168
Туман	12	10	65	60
Ожидание лоцмана	4	2	3	5
Технического состояния судна (поломок, аварии и т.п.)	0	0	0	0
Недостаточный уровень глубин	0	0	0	0
Итого	50	41	635	665

Таблица 4

**Результаты оценки потерь времени судна от неплановых простоев
при работе на линии (средние за 2016–2017 годы)**

Наименование причин неплановых простоев	Суммарная продолжительность, ч	Доля затрат времени в общих неплановых простоях, %	Средняя продолжительность, ч	Максимальная продолжительность, ч	Коэффициент вариации продолжительности простоя
Ожидание в очереди на шлюзование	227	38	21,6	30	0,11
Ожидание в очереди на грузовое обслуживание	186	29	20,7	38	0,8
Штормовая погода	171	21	14,3	22	0,1
Туман	63	10	5,7	11	0,22
Ожидание лоцмана	4	2	1,3	3	0,5
Технического состояния судна (поломок, аварии и т.п.)	0	0	0	0	0
Недостаточный уровень глубин	0	0	0	0	0
Итого	650	100	14,3		

– простои вследствие погодных условий (штормовая погода, туман) суммарно занимают 31% всех неплановых простоев судна на данной линии. При этом на штормовую погоду приходится 21%, что связано с классом регистра используемого судна и тем, что рассматриваемая линия проходит через Онежское и Ладожское озера;

– простои судна вследствие недостаточности глубин на данной линии не наблюдаются. Следует иметь в виду, что на других линиях они могут быть существенными (например, на линиях, проходящих через участок «Городец – Н.Новгород»);

– простои вследствие технического состояния судна не наблюдались, что связано с его хорошим техническим состоянием (по другим судам они могут быть существенными).

Оценка возможности использования речного транспорта в перевозках по принципу «точно в срок» в настоящее время. Исходя из приведенного анализа, авторы считают, что в настоящее время (без проведения работ по созданию системы, обеспечивающей доставку в срок на конкретных линиях) использование речного транспорта в перевозках по принципу «точно в срок» невозможно.

Но следует отметить, что речной транспорт может претендовать на участие в цепи поставок продукции с условиями доставки «точно в срок» через создание систем, обеспечивающих доставку в срок на конкретных линиях. Для этого предварительно требуется выявить и ранжировать все возможные причины сбоев в цепи операций доставки на конкретной линии. Для значимых причин сбоев разработать мероприятия по их ликвидации или снижению последствий от них.

Направлениями действий по повышению готовности к доставке «точно в срок» на речном транспорте могут быть:

1) организация операций КОФ без постановки судна на рейде (что на рассматриваемой линии, кроме того, может позволить увеличить провозную способность на 6%);

2) разработка системы снабжения продуктами питания с меньшими потерями времени (что на рассматриваемой линии дополнительно может позволить увеличить провозную способность на 2,5 %);

3) разработка графика прохождения (временных окон) портов, шлюзов и др. систем обслуживания на конкретной линии и разработка системы его соблюдения, что значительно сократит простои в ожидании обслуживания (на рассматриваемой линии это, кроме того, может позволить увеличить провозную способность на 17 %);

4) подбор судов, соответствующих району плавания – соответствующего регистра, осадки (что на рассматриваемой линии может дополнительно позволить увеличить провозную способность на 3%);

5) на линии, работающей по системе «точно в срок», подбор судов в хорошем техническом состоянии (что сократит возникновение сбоев по техническим причинам);

В заключение следует отметить, что применение мер по нивелированию влияния дестабилизирующих срок доставки факторов на речном транспорте возможно, и это позволит повысить конкурентоспособность его услуг и включать в цепи поставок, работающие по принципу точно в срок.

Список литературы:

- [1] Бенсон Д., Уайтхед Дж. Транспорт и доставка грузов / Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1990. – 279 с.
- [2] Nakan G. An empirical modelling framework for forecasting freight transportation // Transport. – 2014. – N. 29. – pp. 185–194.
- [3] Лайсонс К., Джиллинген М. Управление закупочной деятельностью и цепью поставок / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 798 с.
- [4] Линдерс М.Р., Фирон Х.Е. Управление снабжением и запасами. Логистика / Пер. с англ. – СПб.: Виктория плюс, 2002. – 768 с.
- [5] Long Q., Zhang W. An integrated framework for agent based inventory–production–transportation modeling and distributed simulation of supply chains // Information Sciences. – 2014. – N. 277. – pp. 567–581.
- [6] Lukinskiy V.S., Dragomirov V. Methods of evaluating transportation and logistics operations in supply chains // Transport and Telecommunication, 2016. – volume 17. – no. 1. – P. 55–59.
- [7] Сергеев В.И. Менеджмент в бизнес-логистике. – М.: Филинь, 1997. – 772 с.
- [8] Сток Дж.Р., Ламберг Д.М. Стратегическое управление логистикой / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII. – 797 с.
- [9] Транспортная логистика: учебное пособие / Под редакцией Л.Б. Миротина. – М.: МГАДИ (ТУ), 1996. – 211 с.
- [10] Федоров Л.С., Персианов В.А., Мухаметдинов И.Б. Транспортная логистика: учебное пособие / Под общ. ред. Л.С.Федорова – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2016. – 310 с.
- [11] Уолтерс Д. Логистика: управление цепью поставок / Пер. с англ. – М.: Юнити, 2003. – 503 с.
- [12] Цверов В.В., Понамарев Е.В. Анализ подходов к управлению доставкой по принципу «точно в срок» при экспортно-импортных операциях. В сборнике: Великие реки 2013 Труды конгресса 15-го Международного научно-промышленного форума: 1-й том. – Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – с. 259–262.
- [13] Цверов В.В. Управление доставкой материальных ресурсов «от двери до двери» и «точно в срок» // Теоретически-методический журнал «Вестник Университета». – 2008. – № 16/26. – С. 168–172.
- [14] Цверов В.В. Научно-методическое обеспечение доставки материальных ресурсов по принципам «от двери до двери» и «точно в срок» // Наука и техника транспорта. – 2010. – № 3. – с. 78–83.
- [15] Цверов В.В. Обеспечение доставки материальных ресурсов по принципам «от двери до двери» и «точно в срок» // Бюллетень транспортной информации. – 2010. – № 11. – с. 3–7.

THE STUDY OF FACTORS, DESTABILIZING THE TERMS OF DELIVERY BY RIVER TRANSPORT

V.V. Tsverov, Dr.Sc. (Econ.) Professor, the Department of Logistics

and Marketing, Volga State University of Water Transport

M.A. Levochkina, master student, Volga State University of Water Transport
603951, Nizhniy Novgorod, Nesterov str., 5

Key words: *delivery of goods, «just in time», the time of delivery, failure to deliver, river transport.*

The article defines the relevance for river transport delivery on the «just in time» principle. The results of in - situ observations of the transportation process in 2016–2017 on the Cherepovets-St. Petersburg line are presented and groups of river transport-specific factors leading to delays in the delivery process are identified. A quantitative assessment of the impact of complex fleet maintenance operations on the stability of the delivery process is given. The possibility of using river transport at present (without work to create a system that ensures delivery on time on specific lines) in the «just in time» principle is evaluated. The directions of actions to improve the readiness for delivery «just in time» on river transport are identified.

References:

- [1] Benson D. Transport and Cargo Delivery / D. Benson, J. Whitehead. Per from English – M.: Transport, 1990. – 279 p.
- [2] Hakan G. An empirical modeling framework for forecasting freight transportation / G. Hakan // Transport. – 2014. – N. 29. – pp. 185–194.
- [3] Laysons, K. Procurement and supply chain management / K. Laysons, M. Gillingen; per. from English – M.: INFRA-M, 2005. – 798 p.
- [4] Linders M.R. Supply and inventory management. Logistics / M.R. Linders, H.E. Firon. Per. from English – SPb.: Victoria Plus, 2002. – 768 p.
- [5] Long Q., Zhang W. Q. Long, W. Zhang // In-formation Sciences. – 2014. – N. 277. – pp. 567–581.
- [6] Lukinskiy, V.S., Dragomirov, V.V.S. Lukinskiy, V. Dragomirov // Transport and Telecommunication, 2016. – volume 17. – no. 1. – R. 5–59.
- [7] Sergeev V.I. Management in business logistics. – M.: Filin, 1997. – 772 p.
- [8] Stoke, J.R. Strategic Logistics Management / J.R. Stoke, D.M. Lamberg; per. from English .. – M.: INFRA-M, 2005, XXXII. – 797 s.
- [9] Transport Logistics: Study Guide / Edited by L. B. Mirotina – M.: MGADI (TU), 1996. – 211 p.
- [10] Transport logistics: study guide / L.S. Fedorov, V.A. Persianov, I.B. Mu-khametdinov; under total Ed. L.S.Fedorova – 2nd ed., Sr. – M.: KNORUS, 2016. – 310 p.
- [11] Walters D. Logistics: Supply Chain Management / D. Walters; per. from English – M.: Unity, 2003. – 503 p.
- [12] Tsverov V.V. Analysis of approaches to the management of delivery on the principle of «just in time» for export-import operations / V.V. Tsverov, E.V. Ponamarev // Proceedings of the 15th International Scientific and Industrial Forum «Great Rivers – 2013». Materials of the scientific-methodical conference of the faculty, graduate students, specialists and students «Problems of the use and innovative development of inland waterways in the basins of great rivers». Volume 1. – N.Novgorod: Publishing house FBOUVO «VGAVT», 2013. – p. 259-262.
- [13] Tsverov V.V. Managing the delivery of material resources «from door to door» and «just in time» / Tsverov V.V. // Theoretical-methodical journal «Universi-Theta Bulletin». – 2008. – № 16/26. – p. 168–172.
- [14] Tsverov V.V. Scientific and methodological support for the delivery of material resources on the principles of «door to door» and «just in time» / V.V. Tsverov // Science and Technology of Transport. – 2010. – № 3. – p. 78–83.
- [15] Tsverov V.V. Ensuring the delivery of material resources on the principles of «door to door» and «just in time» / V.V. Tsverov // Bulletin of transport information. – 2010. – № 11. – p. 3–7.

Статья поступила в редакцию 13.02.2019 г.

Раздел IV

**Эксплуатация водного транспорта,
судовождение
и безопасность судоходства**



Section IV

***Operation of water transport, navigation
and safety of navigation***

УДК 656.1:656.6

Г.В. Веселов, профессор, д.э.н., кафедра экономики и менеджмента
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

М.В. Карташов, заместитель директора по учебной работе, к.э.н.
Каспийский институт морского и речного транспорта
(КИМРТ – филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

414024, г. Астрахань, ул. Б.Хмельницкого, 3

В.И. Минеев, советник ректора, профессор, д.э.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: подвижность населения, пассажирские перевозки, пассажирооборот, структура пассажирских перевозок по видам транспорта, безопасность перевозок

В статье приведена общая характеристика современного состояния пассажирских перевозок, дан анализ темпов роста числа перевезенных пассажиров и пассажирооборота, рассмотрена структура пассажирских перевозок по видам транспорта. При проведении анализа особое внимание уделено оценке современного состояния подвижности населения страны. Сформулированы предложения по более активному использованию при организации перевозочного процесса пассажиров такого вида транспорта как водный. В качестве аргументов в пользу использования водных путей для перевозки населения страны авторы приводят данные по аварийности на самом распространенном в Российской Федерации виде транспорта, задействованном на перевозке пассажиров, – автомобильном. Более широкое использование водного транспорта позволит снизить уровень нагрузки на автомобильные дороги страны, снизить уровень экологического ущерба от использования автомобилей.

Для огромной территории Российской Федерации транспорт играет исключительно важную роль в развитии экономики страны, объединяя отдельные регионы, отрасли, предприятия в единое целое. Однако, несмотря на развитие отдельных видов транспорта, неразвитость транспортной инфраструктуры не позволяет удовлетворить в полной мере возрастающий спрос на пассажирские перевозки. Достаточно отметить, что более 40 тысяч населенных пунктов страны не имеют круглогодичного транспортного сообщения, субъекты Российской Федерации по транспортной доступности различаются более чем в 100 раз. Вследствие этого жители малых населенных пунктов лишены возможности доступа к современным услугам, включая медицинское обслуживание в современных медицинских центрах.

Темпы роста объемов пассажирских перевозок и пассажирооборота в России по видам транспорта в период с 2011 по 2016 год по отношению к 2010 году приведены на рис. 1 и 2 [2–4].

При общем снижении числа перевезенных пассажиров за рассматриваемой период всеми видами транспорта пассажирооборот несколько увеличился, что свидетельствует об увеличении средней дальности перевозок. При этом заметно выделяется воздушный транспорт, что связано с повышенным вниманием к нему государства в последние годы.

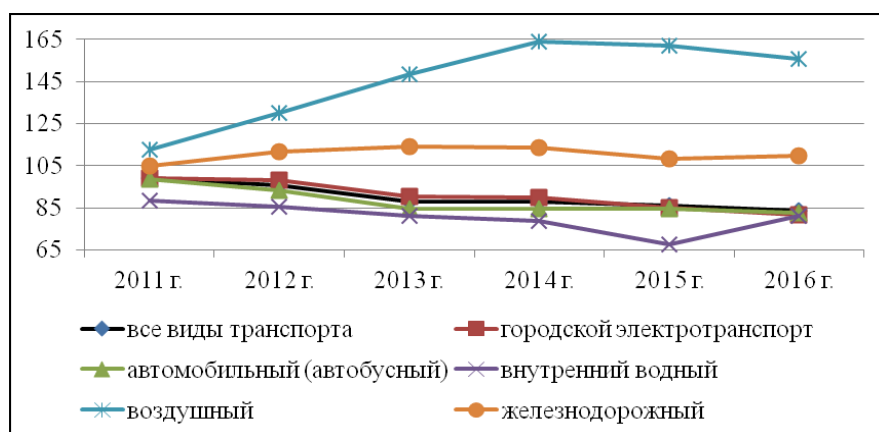


Рис. 1. Темпы роста объемов пассажирских перевозок в России в 2011–2016 года по отношению к 2010 году

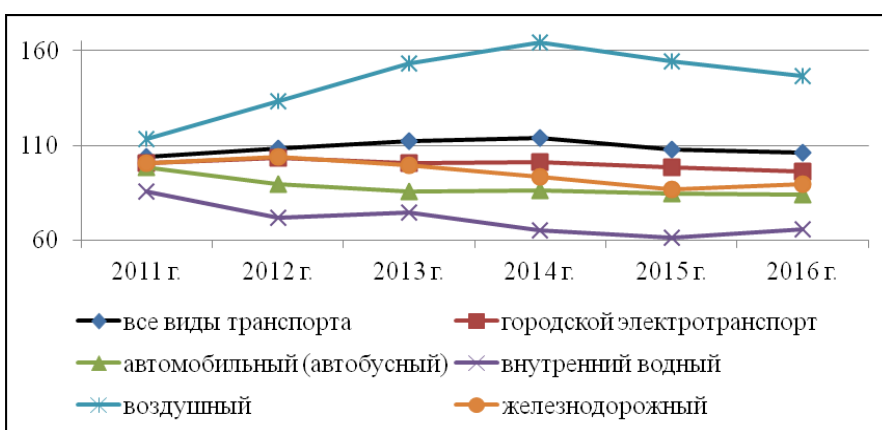


Рис. 2. Темпы роста пассажирооборота в России в 2011–2016 года по отношению к 2010 году

Анализ структуры пассажирских перевозок по видам транспорта России за период 2010–2017 годы показывает устойчивую стабильность роли отдельных видов транспорта, за исключением воздушного (рис. 3), удельный вес которого увеличился за этот период почти в два раза с 0,26% до 0,48%.

Однако анализ структуры пассажирооборота (рис. 4) за тот же период свидетельствует о существенном росте к 2016 году доли воздушного транспорта с 30,51% в 2010 году до 42,11% в 2016 году при снижении роли железнодорожного, автомобильного (автобусного) и даже наиболее экономичного водного транспорта с 0,17% до 0,1% или на 70%.

В части количества перевезенных пассажиров лидирует автомобильный (автобусный) транспорт, на втором месте городские электрические виды транспорта (трамвай, троллейбус, метрополитен). Что касается пассажирооборота, то здесь велика роль железнодорожного, автомобильного и воздушного видов транспорта, причем роль последнего, как и было отмечено выше, существенно выросла за последние 5 лет.

В условиях свободного рынка транспортные компании из-за недостаточной поддержки их государством прекратили наиболее убыточные социально-значимые перевозки пассажиров. В результате пассажиропоток в процентах к населению России сократился более чем в 8 раз (рис. 5) [5].

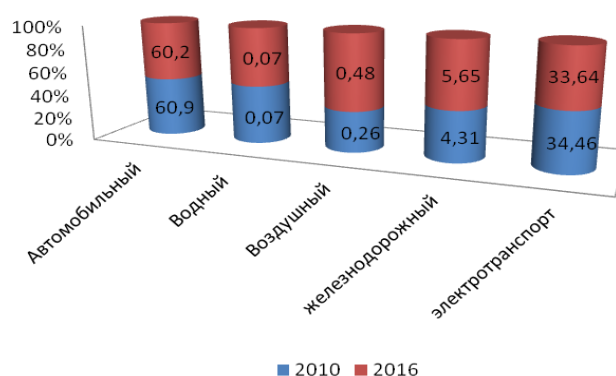


Рис. 3. Структура пассажирских перевозок в России по видам транспорта в 2010 и 2016 годах

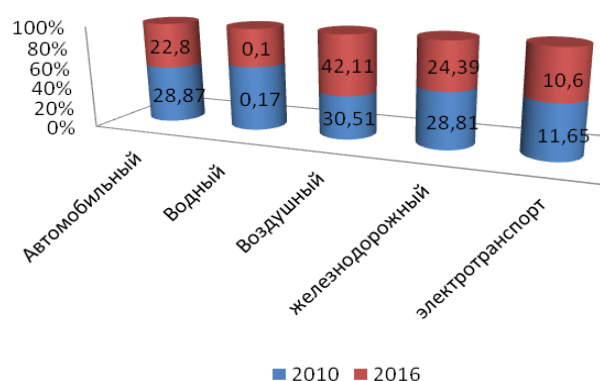


Рис. 4. Структура пассажирооборота в России по видам транспорта в 2010 и 2016 годах

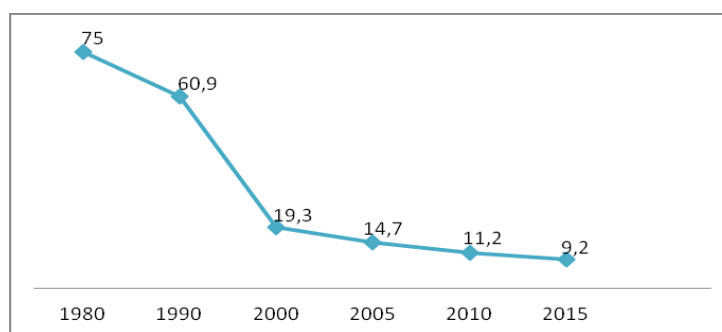


Рис. 5. Соотношение пассажиропотока и населения России, (%)

Снижение подвижности населения связано с ростом тарифов на пассажирские перевозки, влияние которых на подвижность населения показано на рис. 7 [6].

Такая ситуация с пассажирскими перевозками в стране, на наш взгляд, связана с недооценкой роли наиболее экономичного и безопасного водного транспорта. Его преимущества по сравнению с другими подвижными средствами неоспоримы в отношении обслуживания населения малых городов и приречных населенных пунктов. При этом водный транспорт может обеспечить надежную круглогодичную связь без огромных капиталовложений в путь при использовании альтернативных видов транспорта, прежде всего автотранспорта [7,8].

Проблему безопасности на пассажирском автотранспорте радикально можно решить только развивая перевозки пассажиров внутренним водным транспортом.

Количество пострадавших на автотранспорте в 2016 году по данным Минтранса составило 239,9 тыс. чел., из них более 20 тыс. чел. погибшие. По числу погибших в ДТП Россия из пяти европейских стран (табл. 1) занимает не только лидирующее место, но и превосходит их в 3,5–8,7 раза по числу погибших при ДТП.

Таблица 1

Аварийность на автомобильном транспорте

Страна	Число погибших на 100 пострадавших
Нидерланды	2,7
Финляндия	2,3
Швеция	1,5
Великобритания	1,1
Россия	9,6

Количество погибших при авариях на различных видах транспорта характеризуют данные диаграммы приведенной ниже.

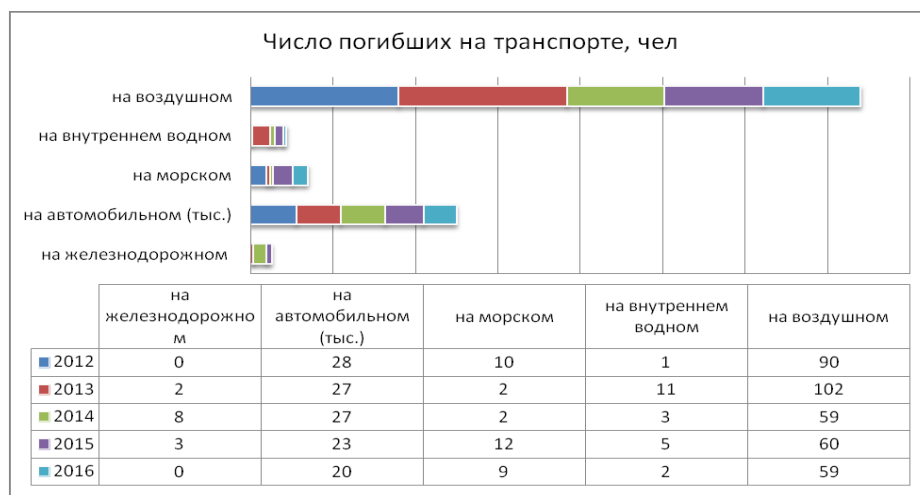


Рис. 6. Количество погибших при авариях на транспорте

Очевидно, что развитие пассажирских перевозок водным транспортом способствует не только повышению безопасности доставки пассажиров, но и разгружает дороги от автотранспорта, снижая тем самым, интенсивность движения и уменьшает риск ДТП на автодорогах.

При организации пассажирских перевозок вопросы обеспечения условий качественного и безопасного транспортного обслуживания в немалой степени зависят от состояния подвижного состава и наличия транспортных коммуникаций [9,10]. Темпы роста наличия подвижного состава по видам транспорта приведены на рис. 8.

Анализ показал, что наибольшие темпы развития в России имеет легковой автомобильный транспорт, 80% которого находится в личной собственности. На втором месте находятся темпы роста автобусного парка. На фоне общего роста транспортных средств обращает внимание значительный спад количества речных пассажирских судов.

Темпы роста протяженности путей сообщения в России приведены на рис. 9.

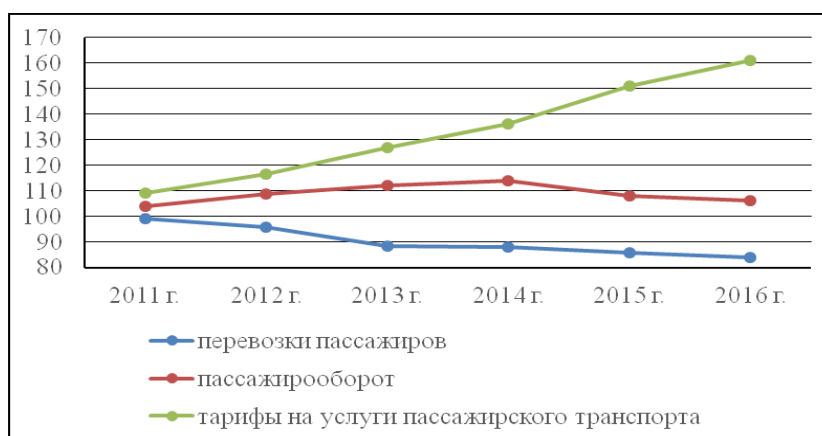


Рис. 7. Темпы роста пассажирских перевозок, пассажирооборота и тарифов на услуги пассажирского транспорта в России в 2011–2016 года по отношению к 2010 году

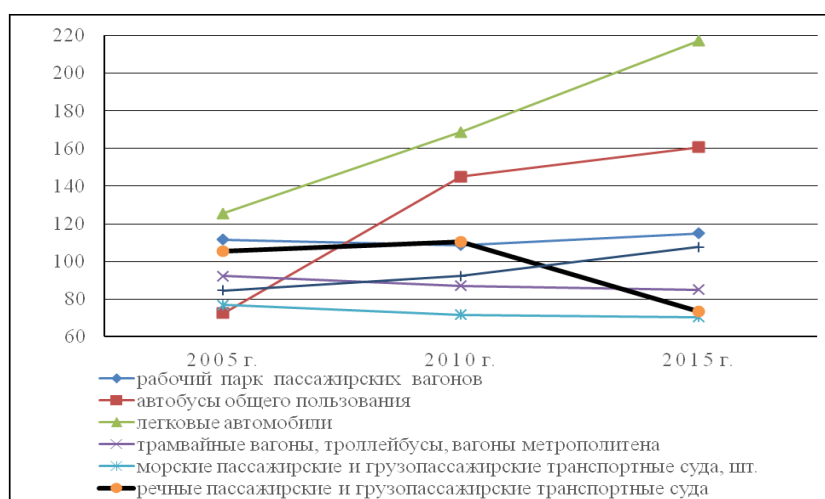


Рис. 8. Темпы роста наличия подвижного состава в 2005–2015 гг. по отношению к 2000 году



Рис. 9. Темпы роста протяженности путей сообщения в 2005–2015 гг. по отношению к 2000 году

Данные рис. 9 показывают, что единственный вид транспорта, имеющий высокие темпы роста протяженности путей сообщения в России, – автомобильный. Темпы прироста количества автомобильных дорог за последние годы из отрицательного в 2015 году перешли в ранг высоко положительного в 2015 году. По железнодорожному, городскому электрическому и водному видам транспорта изменения протяженности путей сообщения за последние 10 лет нет. Единственное, что следует из данных рис. 9, так это то, что в 2005 году по водному транспорту России произошел рост протяженности водных путей. Однако по сравнению с 1991 годом протяженность внутренних водных путей с гарантированными габаритами судовых ходов сократилась на 27 процентов. К настоящему времени лишь около третьей части общей протяженности внутренних водных путей сохранили значения гарантированных габаритов судового хода на уровне 1991 года [2–5, 7, 8].

Состояние с предоставлением транспортных услуг в России в настоящее время соответствуют странам со средним уровнем развития, высоким неравенством, большими расстояниями и значительной маятниковой миграцией населения между работой и жильем за городом. На услуги общественного транспорта в России приходится 3% расходов населения [11]. Это меньше, чем в других странах БРИКС (по 4% в Бразилии и Китае, почти 8% в Индии), но существенно больше, чем, например, в США, где данный показатель находится на уровне менее 1% [12–14].

В структуре расходов на общественный транспорт в России лидирует автомобильный (автобусный) транспорт – 45% (для сравнения: в Китае 67%, 86% в Бразилии 86%, в Индии 93%) и железнодорожный – 32% (для сравнения: в Бразилии 3%, в США 1%). В развитых странах главную роль играет воздушный транспорт: 53% в США и 43% в Германии против 16% в России [11].

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время транспортная проблема, традиционная для Российской Федерации, остается нерешенной. В современных условиях дальнейшее развитие экономики немыслимо без хорошо налаженного транспортного обеспечения. В Стратегии развития транспорта России до 2030 года важная роль в повышении транспортной доступности отводится личному легковому автомобильному транспорту. Однако, при отсутствии у многих граждан личных транспортных средств проблема своевременного и качественного удовлетворения спроса на перевозки перерастает из чисто транспортной в социальную, определяющую отношение населения не только к качеству оказываемых транспортных услуг, но и в целом к тем процессам, которые происходят в регионах и стране [15–18]. В таких условиях необходимы совместные усилия специалистов транспортников, центральных и региональных органов управления, которые должны быть направлены на совершенствование функционирования транспортного комплекса при условии включения в транспортную систему всех видов транспорта [19].

Список литературы:

- [1] Состояние и проблемы развития транспортной системы Российской Федерации. Материалы Всероссийской конференции «Транспортная стратегия России» – М., 03.12.2003 г., с. 19.
- [2] Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России январь-декабрь 2014 года», Минтранс РФ, М. 2015.
- [3] Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России январь-декабрь 2015 года», Минтранс РФ, М. 2016.
- [4] Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России январь-декабрь 2016 года», Минтранс РФ, М. 2017.
- [5] Бюллетень социально-экономического кризиса в России. № 7 от 11.2015.
- [6] Hoel, M. Interregional interactions and population mobility// Journal of Economic Behavior & Organization, Volume 55, Issue 3, November 2004, p. 419–433.
- [7] Мониторинг развития внутреннего водного транспорта. Режим доступа <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/> Дата обращения 9.08.2017.
- [8] Стратегия развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 года.

- [9] Panasyuk, M. V. Optimization of Regional Passenger Bus Traffic Network/ M.V. Panasyuk, E.M. Pudovik, M.E. Sabirova // *Procedia Economics and Finance*, Volume 5, 2013, p. 589–596.
- [10] Briand, A-S. Analyzing year-to-year changes in public transport passenger behaviour using smart card data/ A-S. Briand, E.Côme, M. Trépanier, L. Oukhellou // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 79, June 2017, p. 274–289.
- [11] Пономаренко Е.В. Проблемы и перспективы развития общественного транспорта в РФ // *Nauka-rastudent.ru*. – 2014. – No. 12 (12-2014) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://nauka-rastudent.ru/12/2304/>
- [12] Makarova, I. Ways to Increase Population Mobility through the Transition to Sustainable Transport / I.Makarova, A. Pashkevich, K. Shubenkova, E. Mukhametdinov // *Procedia Engineering*, Volume 187, 2017, p. 756–762.
- [13] Holz-Rau, C., Scheiner J. Land-use and transport planning – A field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment// *Transport Policy*, Volume 74, February 2019, p. 127–137.
- [14] McAndrews C. How do the definitions of urban and rural matter for transportation safety? Re-interpreting transportation fatalities as an outcome of regional development processes/ C.McAndrews, K.Beyer, C.E. Guse, P. Layde // *Accident Analysis & Prevention*, Volume 97, December 2016, p. 231–241.
- [15] Tasic I. Exploring the safety in numbers effect for vulnerable road users on a macroscopic scale/ I. Tasic, R. Elvik, S. Brewer // *Accident Analysis & Prevention*, Volume 109, December 2017, p. 36–46.
- [16] Ryu, U. Construction of traffic state vector using mutual information for short-term traffic flow prediction/ U. Ryu, J.Wang, T. Kim, S. Kwak, J. U // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 96, November 2018, p. 55–71.
- [17] Li, L. Public transportation competitiveness analysis based on current passenger loyalty/ L. Li, Y. Bai, Z. Song, A. Chen, B.Wu // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 113, July 2018, p. 213–226.
- [18] Bischoff, J., Maciejewski M. Modeling, Simulation, and Optimization in a Sustainable Transport System// *Sustainable Transportation and Smart Logistics*, 2019, p. 337–360.
- [19] Минеев, В.И. Проблемы и перспективы пассажирских речных перевозок /Бубякин В.С., Минеев, // *Речной транспорт*. – 2006. – №3. – с. 77–79.

THE CURRENT STATE OF PASSENGER TRAFFIC IN THE RUSSIAN FEDERATION

G.V. Veselov, professor, Dr.Sc. (Econ.), Department of Economics and Management, Volga State University of Water Transport
M.V. Kartashov, Deputy Director for Academic Affairs, Ph.D., Caspian Institute of Sea and River Transport branch of Volga State University of Water Transport
414024, Astrakhan, B. Khmel'nitsky str., 3
V.I. Mineev, Advisor to the Rector, Professor, Dr. Sc. (Econ.)
Volga State University of Water Transport
603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5

Keywords: population mobility, passenger traffic, passenger turnover, structure of passenger traffic by type of transport, transportation safety

The article presents a general description of the current state of passenger traffic, an analysis of the growth rate of the number of transported passengers and passenger traffic. The structure of passenger traffic by means of transport is also considered. When analyzing, particular attention is paid to assessing the current state of the country population mobility. Proposals for more active use of water transport in the organization of the passengers transportation process is formulated in the article. As arguments in favor of using waterways to transport the citizens of the country, the authors cite data on the road accidents – the most common type of transport in the Russian Federation involved in the passengers' transportation. Wider use of water transport will reduce the load on the country roads, reduce environmental damage from the use of cars.

References:

- [1] The state and problems of the development of the transport system of the Russian Federation. Materials of the All-Russian Conference «Transport Strategy of Russia» – M., 12/03/2003, p. 19.
- [2] Information and statistical bulletin «Transport of Russia January-December 2014», Ministry of Transport of the Russian Federation, M. 2015.
- [3] Information and statistical bulletin «Transport of Russia January-December 2015», Ministry of Transport of the Russian Federation, M. 2016.
- [4] Informational and statistical bulletin «Transport of Russia January-December 2016», Ministry of Transport of the Russian Federation, M. 2017.
- [5] Bulletin of the socio-economic crisis in Russia. No. 7 from 11.2015. [6] Hoel, M. Interregional interactions and population mobility// Journal of Economic Behavior & Organization, Volume 55, Issue 3, November 2004, p. 419-433.
- [7] Monitoring the development of inland water transport. Access mode <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/> The date of appeal is 9.08.2017.
- [8] Strategy for the development of inland water transport of the Russian Federation for the period up to 2030.
- [9] Panasyuk, M.V. Optimization of Regional Passenger Bus Traffic Network/ M.V. Panasyuk, E.M. Pudovik, M.E. Sabirova // Procedia Economics and Finance, Volume 5, 2013, p. 589-596.
- [10] Briand, A-S. Analyzing year-to-year changes in public transport passenger behaviour using smart card data/ A-S. Briand, E.Côme, M. Trépanier, L. Oukhellou // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 79, June 2017, p. 274-289.
- [11] Ponomarenko E.V. Problems and prospects of development of public transport in the Russian Federation // Nauka-rastudent.ru. – 2014. – No. 12 (12-2014) / [Electronic resource] – Access Mode. – URL: <http://nauka-rastudent.ru/12/2304/>
- [12] Makarova I. Ways to Increase Population Mobility through the Transition to Sustainable Transport/ I.Makarova, A. Pashkevich, K. Shubenkova, E. Mukhametdinov // Procedia Engineering, Volume 187, 2017, p. 756-762.
- [13] Holz-Rau C., Scheiner J. Land-use and transport planning – A field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment// Transport Policy, Volume 74, February 2019, p. 127-137.
- [14] McAndrews C. How do the definitions of urban and rural matter for transportation safety? Re-interpreting transportation fatalities as an outcome of regional development processes/ C.McAndrews, K.Beyer, C.E. Guse, P. Layde // Accident Analysis & Prevention, Volume 97, December 2016, p. 231-241.
- [15] Tasic, I. Exploring the safety in numbers effect for vulnerable road users on a macroscopic scale/ I. Tasic, R. Elvik, S. Brewer // Accident Analysis & Prevention, Volume 109, December 2017, p. 36-46.
- [16] Ryu, U. Construction of traffic state vector using mutual information for short-term traffic flow prediction/ U. Ryu, J.Wang, T. Kim, S. Kwak, J. U // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 96, November 2018, p. 55-71.
- [17] Li, L. Public transportation competitiveness analysis based on current passenger loyalty/ L. Li, Y. Bai, Z. Song, A. Chen, B.Wu // Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 113, July 2018, p. 213-226.
- [18] Bischoff, J., Maciejewski M. Modeling, Simulation, and Optimization in a Sustainable Transport System// Sustainable Transportation and Smart Logistics, 2019, p. 337-360.
- [19] Mineev, V.I. Problems and prospects of passenger river traffic / Bubyakin VS, Mineev, // River transport. – 2006. – №3. – p. 77-79.

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

Раздел VI

**Эксплуатация судового
энергетического оборудования**

Section VI

Operation of ship power equipment

УДК 536.24+532.52

Ю.Г. Володин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физики, электротехники и автоматики» Казанский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

О.П. Марфина, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физики, электротехники и автоматики» Казанский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: www.kgasu.ru.
420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, 1

Ю.И. Матвеев, доктор техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатации судовых энергетических установок» ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: eseu655@vsawt.ru

М.Ю. Храмов, доцент кафедры «Эксплуатации судовых энергетических установок» ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: eseu655@vsawt.ru
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ПУСКЕ СУДОВОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ключевые слова: газовый поток, ламинаризация, теплообмен, температурный напор.

Пусковой режим является одним из основных при эксплуатации всех видов двигателей и энергетических установок. В этом режиме наблюдается весьма интенсивное увеличение температуры с очень высокими градиентами. Теплообмен в таком нестационарном процессе может отличаться от штатного, а параметры, характеризующие процесс теплообмена существенно разниться с расчетными данными. Следствием отклонения от штатного режима может быть локальный избыточный нагрев обтекаемой поверхности отдельного элемента, приводящий к отказу работы всего агрегата в целом. Экспериментальные исследования теплообмена в пусковом режиме выполнены на стенде с электродуговым подогревом исследуемого образца и температурными градиентами до 12000 К/с. Опытным путем выявлено явление ламинаризации теплового турбулентного пограничного слоя (ТПС). В качестве параметра ламинаризации ТПС предложен температурный напор или температурный фактор, а границей области ламинаризации ТПС является величина $\Delta T \geq 700\text{ K}$.

Введение. При эксплуатации ГТД обычно выделяют четыре основных этапа, среди которых выделяется пусковой режим, являясь одним из важных и ответственных режимов. Пуск является самой ответственной операцией, так как в результате возгорания топлива за короткий промежуток времени очень быстро увеличивается температура рабочего тела, приводящая к существенному изменению величин всех показателей установки, а, главным образом, увеличению температуры конструктивных элементов двигателя. И все же в пусковом режиме двигателя возникают ситуации, когда возникает сбой процессов с дальнейшим разрушением деталей. Причиной такого разрушения двигателя является локальный нагрев отдельных элементов, т.е. теплообмен, происходящий за пределами камеры в осесимметричных жаровых трубах, где формируется нагретый газовый поток на входе в турбину, ее вращающий.

Содержание. При пуске энергетической установки во время розжига резко увеличивается температура рабочего тела и изменяются его теплофизические свойства. Процесс этот сопровождается нестационарными эффектами [1, 2]. Когда температура рабочего тела достигает постоянной величины, появляются предпосылки для образования ламинаризации турбулентного пограничного слоя. Исследования фактора появления ламинаризации, были рассмотрены при заборе газа из пограничного слоя [5–15].

Числовое значение вычислялось «универсально» по значению ускорения и не рассматривало появление и зависимости от других переменных.

$$K = -\frac{v}{w_o^2} \cdot \frac{\partial w_o}{\partial x}.$$

Лабораторные испытания проводились на газодинамическом испытательном аппарате разомкнутого типа с электродуговым нагревом рабочего тела [1].

Результаты произведенной работы. С повышением температуры газового потока снижается плотность и возрастает вязкость рабочего тела, в результате увеличивается скорость потока, так как массовый расход его остается постоянным. Увеличение скорости во времени возрастает до $\frac{\partial w_o}{\partial x} = 700$ м/с и увеличивается с увеличением темпе-

ратуры на входе в исследуемый канал $\frac{\partial T_o}{\partial t}$ до 12000 К/с ($t = 0,04$ с). Температурное влияние $\psi_h = T_w / T_o$ снижается по величине от 1 до 0,25. С увеличением температуры T_o газового потока происходит нестационарный процесс теплоотдачи продолжительностью около 0,1 с. В следующем временном интервале $t > 0,1$ с процесс теплообмена стационарный с постоянными по величине параметрами.

Величина коэффициента теплоотдачи St определялась по выражению

$$St = \frac{q_w}{\rho_o w_o (h_o^* - h_w)} \quad (1)$$

По условиям эксперимента массовая скорость $\rho_o w_o$ есть величина постоянная. Плотность теплового потока q_w определялась по выражению

$$q_w = c_{pw} \rho_w \Delta_w \frac{\partial T_w}{\partial t} + \Delta q_w \quad (2)$$

В выражении (2) Δq_w – это потери тепла, вызванные свободной конвекцией, и в результате лучеиспускательной возможности поверхности исследуемого канала, составили менее 10 % от величины q_w . В выражении (2) первое слагаемое представляет собой произведение удельной теплоёмкости, плотности материала стенки канала, толщины стенки канала и временного градиента температуры стенки. Темп нарастания температуры T_w стенки, является неизменной величиной. Отсюда следует, что плотность теплового потока q_w есть величина неизменная. В свою очередь q_w входит в выражение (1), по которому определяется коэффициент теплоотдачи St . Из анализа выражения (1) следует, что единственной переменной величиной здесь является разность энтальпий. Изменение этой величины при выполнении экспериментальных исследований показало, что превышение температурным напором значения $\Delta T \geq 700K$ способствует тому, что опытные точки на рис. 1 группируются около кривой 2 в независимости от места расположения измерительного сечения на протяжении исследуемого канала и значения числа Re. Увеличение в эксперименте времени работы плазмотрона показало, что с прогревом стенок канала и, как следствие, уменьшением величины температурного напора происходит обратное монотонное перемещение исследуемых значений (точек) от кривой 2 для ламинарных режимов к турбулентному режиму. Продолжительность периода времени, в течение которого опытные точки присутствуют в окрестности кривой 2, определяет величина температурного напора. При большей величине температурного напора потребуется больше времени для прогрева стенок канала и достижения граничной величины $\Delta T \approx 700K$, ниже которой теплоотдача вновь начнет увеличиваться по величине.

В рассматриваемой термогазодинамической ситуации присутствуют две причины.

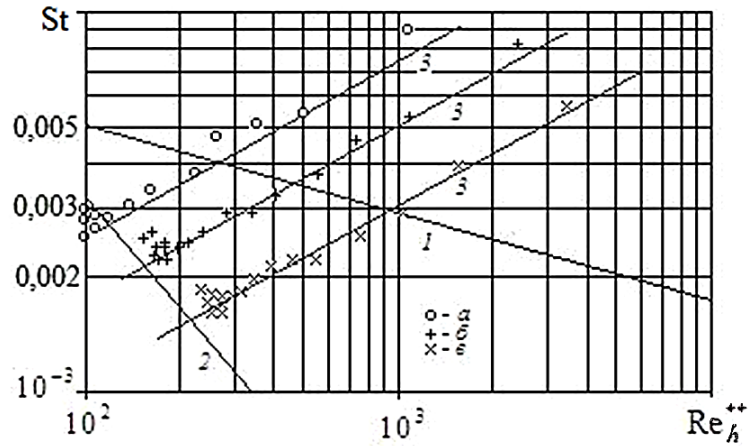


Рис. 1. Характерные значения коэффициента теплоотдачи St от числа Рейнольдса Re_h^{**} .

Линия «1» – $St = \frac{0,0128}{Re_h^{**0,25} Pr^{0,75}}$; линия «2» – $St = \frac{0,22}{Re_h^{**} Pr^{4/3}}$; линия «3» – аппрок-

симационная зависимость $St = St_o \frac{1}{w_o^2} \frac{\partial w_o}{\partial t} \sqrt{\frac{1}{Re_h^{**}} \frac{1}{\Delta h} \frac{d(\Delta h)}{dt}}$;

а – $X = 2,5$; б – $X = 4,5$; в – $X = 6,5$ ускорения потока – первая, ускорение за счет производной скорости потока по продольной координате, т.е. нестационарность.

Сравнение с результатами исследований других авторов, опубликованными в литературных источниках, показало изменения чисел Рейнольдса Re_{01} , Re^{**} , Re_h^{**} в диапазоне $Re^{**} \sim$ от 1000 до 400 по значению плюсового градиента скорости

$$\frac{\partial w_o}{\partial t} = 700 \text{ м/сек}^2.$$

Если учесть влияние фактора нестационарности величину ускорения можно найти по выражению

$$K = -\frac{v}{w_o^2} \frac{\partial w_o}{\partial x} - \frac{v}{w_o^3} \frac{\partial w_o}{\partial t} = K_x + K_t \quad (3)$$

Параметр трения позволяет учесть влияние различных дестабилизирующих факторов на характеристику пограничного слоя и его составляющие

$$\bar{\tau}'_w = \left(\frac{\partial \bar{\tau}}{\partial \xi} \right)_w = -\frac{2\delta}{C_f} \left(\frac{1}{w_o} \frac{\partial w_o}{\partial x} + \frac{1}{w_o^2} \frac{\partial w_o}{\partial t} \right) = z + \lambda \quad (4)$$

z – значение динамической нестационарности,

λ – значение продольного градиента давления.

Обращает на себя внимание похожесть правых частей в выражениях (3) и (4). Т.е. можно записать тождество

$$K = \frac{w_o}{v} = \bar{\tau}'_w \frac{C_f}{2\delta} \text{ или } K = \bar{\tau}'_w \frac{v}{\delta w_o} \frac{C_f}{2} = \bar{\tau}'_w \frac{1}{Re_\delta} \frac{C_f}{2} \quad (5)$$

где $Re_\delta = \frac{\delta w_o}{\nu}$.

Исходя из вышеприведенного установлено, что значение K является характеристикой динамического слоя. Необходимо учесть характер обобщающего значения трения на характеристики коэффициентов переноса, а также возможный спектр динамического и теплового пограничных слоев имеются в научных изданиях.

Если перейти от параметра ускорения K к обобщающему параметру $\bar{\tau}'_w$, то получим

$$\bar{\tau}'_w = \frac{K Re_\delta}{C_f / 2} \quad (6)$$

Подставим параметр ускорения K в выражение (5) и найдем зону ламинаризации ТПС на поверхности

$$\psi_\Sigma = \frac{C_f}{C_{fo}} = f(\bar{\tau}'_w, Re_\delta).$$

В результате исследований различных ситуаций установлено, что влияние теплообмена устанавливает температурный напор и, следовательно, правильным является утверждение принять данный параметр в качестве параметра ламинаризации теплового ТПС, а пределы ламинаризации ТПС находят показателем температурного напора или температурного значения.

Вывод. Фактор ламинаризации теплового ТПС определен при внезапном значительном возрастании температуры рабочего объекта. Фактором образования ламинаризации ТПС оказывается температурный напор, он задает интервал переходной зоны и линию зоны ламинаризации ТПС ($\Delta T \geq 700 K$).

Список литературы:

- [1] Володин Ю.Г., Федоров К.С., Яковлев М.В. Теплообмен при пуске энергоустановок // Двигателестроение. – 2006. – № 2. – С. 11.
- [2] Володин Ю.Г., Марфина О.П. Математическое моделирование пусковых режимов энергетических установок. – Санкт-Петербург. Изд. «Инфо-да». 2007. – 128 с.
- [3] Володин Ю.Г., Федоров К.С., Яковлев М.В. Нестационарные эффекты и трение при запуске энергетических установок // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. – 2006. – № 1. – С. 34 – 36.
- [4] Wisniewski R. I., Jack J.R. Recent Studies on the Effect of Cooling on Boundary Layer Transition at Mach 4 // J. of the Aerospace Sci. – 1961. – March. – P. 250.
- [5] Back L. H., Massier P. F., Gier H.L. Convective Heat Transfer in a Convergent-Divergent Nozzle // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 1964. – V. 7. – P. 549.
- [6] Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое. – М.: Энергия, 1972. – 342 с.
- [7] Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979. – 415 с.
- [8] Федяевский К.К., Гиневский А.С., Колесников А.В. Расчет турбулентного пограничного слоя несжимаемой жидкости. – Л.: Судостроение, 1973. – 256 с.
- [9] Бэк Л.Х., Каффел Р.Ф., Мэссье П.Ф. Ламинаризация турбулентного пограничного слоя при течениях в сопле – измерения профилей пограничного слоя и характеристик теплообмена на охлаждаемой стенке // Теплопередача. Сер. С. – 1970. – Т. 92. – № 3. – С. 29.
- [10] Бэнкстон К.А. Переход от турбулентного течения газа к ламинарному в нагреваемой трубе // Теплопередача. – Сер. С. 1970. – Т. 92 – № 4. – С. 1.
- [11] Фафурин А.В. Законы трения и теплоотдачи в турбулентном пограничном слое. // Тепло- и массообмен в двигателях летательных аппаратов, 1979. – Казань. – Вып. 2. – С. 62–69.
- [12] Кун К.В., Перкинс Х.К. Переход от турбулентного режима к ламинарному для течения в трубе со значительным изменением физических свойств // Теплопередача. Сер. С. – 1970. – Т. 92. – № 3. – С. 198.
- [13] Михеев М. А., Основы теплопередачи. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1956. 392 с.

- [14] Нэш-Уэббер Ю. Л., Оутс Г. К., Инженерный метод расчёта ламинаризации течения в сопле // Теоретические основы инженерных расчётов. Сер.: Д. 1972. Т. 94. № 4. С. 205.
[15] Бэк Л. Х., Мэсси П. Ф., Каффел Р. Ф. Исследование течения и конвективного теплообмена в ко-ническом сверхзвуковом сопле // Ракетная техника и космонавтика. 1967. Т. 4. № 10. С. 191.

GUIDELINES FOR PREPARATION OF ARTICLES FOR THE ACADEMIC PERIODICAL «MARINE INTELLIGENCE TECHNOLOGIES»

Y.G. Volodin, Ph.D. (Tech), Assistant Professor
of the Department of Physics, Electrical Engineering and Automation
Kazan State University of Architecture and Engineering
420043, Kazan

O.P. Marfina, Ph.D. (Tech), Assistant Professor
of the Department of Physics, Electrical Engineering and Automation
Kazan State University of Architecture and Engineering
420043, Kazan

Y.I. Matveev, Dr.Sc. (Tech), Professor; Head of the Department
of Operation of Ship Power Plants, Volga State University of Water Transport
M.Y. Khramov, Ph.D. (Tech), Assistant Professor
of the Department of Operation of Ship Power Plants,
Volga State University of Water Transport
603951, Nizhny Novgorod, Nesterov str., 5

Keywords: *the gas stream, laminarization, heat transfer, temperature difference.*

The starting mode is one of the main in the operation of all types of engines and power plants. In this mode, there is a very intense increase in temperature with very high gradients. Heat exchange in such a non-stationary process may differ from the standard, and the parameters characterizing the heat exchange process differ significantly from the calculated data. The consequence of the deviation from the normal mode can be a local excessive heating of the streamlined surface of the individual element, leading to the failure of the entire unit as a whole. Experimental studies of heat transfer in the starting mode were performed on a gas-dynamic stand of an open type with electric arc heating of the working fluid and temperature gradients up to 12,000 K/s. as a result, the phenomenon of laminarization of the thermal turbulent boundary layer (TPS) at a heat flow directed from the gas flow to the channel wall was recorded. As a parameter to the laminarization of the proposed TPS temperature pressure or temperature factor, and the border region of laminarization TPS is a variable $\Delta T \geq 700K$.

References:

- [1] Volodin YU.G., Fedorov K.S., YAKovlev M.V. Teploobmen pri puske ehnergoustanovok // Dvigatelistroenie. – 2006. – № 2. – С. 11.
[2] Volodin YU.G., Marfina O.P. Matematicheskoe modelirovanie puskovyh rezhimov ehnergeticheskikh ustanovok. – Sankt-Peterburg. Izd. «Info-da». 2007. – 128 s.
[3] Volodin YU.G., Fedorov K.S., YAKovlev M.V. Nestacionarnye ehffekty i trenie pri zapuske ehnergeticheskikh ustanovok// Izv. VUZov. Aviacionnaya tekhnika. – 2006. – № 1. – С. 34 – 36.
[4] Wisniewski R. I., Jack J.R. Recent Studies on the Effect of Cooling on Boundary Layer Transition at Mach 4 // J. of the Aerospace Sci. – 1961. – March. – P. 250.
[5] Back L. H., Massier P. F., Gier H.L. Convective Heat Transfer in a Convergent-Divergent Nozzle // Int. J. Heat and Mass Transfer. – 1964. – V. 7. – P. 549.
[6] Kutateladze C.C., Leont'ev A.I. Teploobmen i trenie v turbulentnom pogranichnom sloe. –M.: EHnergiya, 1972. – 342 s.
[7] Kutateladze S.S. Osnovy teorii teploobmena. – M.: Atomizdat, 1979. – 415 s.

- [8] Fedyaevskij K.K., Ginevskij A.S., Kolesnikov A.V. Raschet turbulentnogo pogranichnogo sloya neszhimaemoj zhidkosti. – L.: Sudostroenie, 1973. – 256 s.
- [9] Behk L.H., Kaffel R.F., Mehss'e P.F. Laminarizaciya turbulentnogo pogranichnogo sloya pri techenii v sople – izmereniya profilej pogranichnogo sloya i harakteristik teploobmena na ohlazhdaemoj stenke // Teploperedacha. Ser. S. – 1970. – T. 92. – № 3. – S. 29.
- [10] Behnkston K.A. Perekhod ot turbulentnogo techeniya gaza k laminarnomu v nagrevaemoj trube // Teploperedacha. – Ser. S. 1970. – T. 92 – № 4. – S. 1.
- [11] Fafurin A.V. Zakony treniya i teplootdachi v turbulentnom pogranichnom sloe. // Teplo- i massoobmen v dvigatelyah letatel'nyh apparatov, 1979. – Kazan'. – Vyp. 2. – S. 62 – 69.
- [12] Kun K.V., Perkins H.K. Perekhod ot turbulentnogo rezhima k laminarnomu dlya techeniya v trube so znachitel'nym izmeneniem fizicheskikh svojstv // Teploperedacha. Ser. S. – 1970. – T. 92. – № 3. – S. 198.
- [13] Miheev M. A., Osnovy teploperedachi. M.; L.: Gosehnergoizdat, 1956. 392 s.
- [14] Nehsh-Uehbber YU. L., Outs G. K., Inzhenernyj metod raschyota laminarizacii techeniya v sople // Teo-reticheskie osnovy inzhenernyh raschyotov. Ser.: D. 1972. T. 94. № 4. S. 205.
- [15] Behk L.H., Mehss'e P. F., Kaffel R.F. Issledovanie techeniya i konvektivnogo teploobmena v konicheskom sverhzhukovom sople // Raketnaya tekhnika i kosmonavtika. 1967. T. 4. № 10. S. 191.

Статья поступила в редакцию 12.02.2019 г.

УДК 656.61.08

*А.Ю. Гаршин, к.т.н, доцент кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений», Морской институт ФГАОУ ВО «СевГУ»,
e-mail: aleksander.garshin@mail.ru*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Севастопольский государственный университет, Морской институт (ФГАОУ ВО, МИ)
299053, г. Севастополь, ул. Гоголя, 14*

ТЕРМИНОЛОГИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ОПАСНОСТИ И РИСКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУДОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА В ПОСЛЕАВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Ключевые слова: опасность, безопасность, риск опасности, показатели безошибочности, времени, ресурсности

Показан один из способов вероятностной оценки опасности и риска использования судового технического средства в послеаварийной ситуации после его диагностирования и восстановления на функциональных структурных моделях путем анализа системы согласованных показателей безошибочности, бездефектности и безаварийности.

Острая необходимость повышения безопасности различных судовых технических средств и систем бесспорна. Это – комплексная и возможно вечная проблема, которой посвящена обширная литература и серии национальных, межгосударственных и европейских стандартов [1, 2, 3, 4, 5]. Её анализ показывает, что среди ученых и практиков до сих пор нет единства по ключевым понятиям: опасность, риск, их оценки и близких к ним. Встречаются отождествления понятий риск и опасность, но стандартизированные определения этих терминов разные. При этом об оценках опасности не упоминается, зато дается определение оценки риска.

В настоящее время во многих областях современной науки все больший интерес проявляется к проблеме риска, его контролю и управлению им. Анализ аварийности кораблей и судов морского флота говорит о том, что приблизительно 85% всех аварий происходит из-за ошибок и просчетов человека. Давая людям новые, ещё вчера неведомые возможности, современная техника зачастую создает для них и новые опасности, предпосылки аварий и несчастных случаев. Поэтому так важно постоянно фокусировать внимание именно на человеческом факторе.

Одним из основных принципов программы предупреждения аварий и происшествий на море является управление риском – выбор высокоэффективных решений для достижения в сфере морской безопасности и защиты среды результатов, согласующихся со степенью ответственности за управление сложными морскими инфраструктурами [1].

Безопасностью сложной эрготехнической системы или системы «человек – техника» называется способность ее подсистем не переходить в состояния, угрожающие здоровью и жизни людей, наносящие ущерб боеспособности и окружающей среде. Опасностью называют способность системы причинить какой-либо вред (например, ущерб боеспособности корабля, ущерб функциональности энергоустановки судна, ущерб боеспособности [6, 7, 8] объекта, материальный ущерб, угроза здоровью и жизни людей, иным ценностям человека).

В качестве численной оценки последствий опасности используется риск, который возможно определить следующим образом:

$$R_o = Y / Z = \prod_{i=1}^n y_i / \prod_{i=1}^n z_i , \quad (1)$$

где R_o – риск опасности;

Y – численное выражение факторов возникновения и развития опасности i ;

Z – численное выражение факторов, обеспечивающих снижение возможности возникновения опасности i , гибели людей и причинения другого ущерба.

Выражение (1) показывает, что путем определенных мер (Z) можно обеспечить снижение риска возникновения опасности до значений меньше нормативного (допустимого) и тем самым обеспечить безопасность.

Оценка риска может выполняться различными путями: эмпирическим, основанном на статистической оценке опыта прошлого в области аварий, несчастных случаев и их последствий, и теоретико-аналитическим, основанном на выяснении логической взаимосвязи событий. Упрощенно под общим уровнем опасности системы понимается произведение полной вероятности реализации события появления опасностей в течение определенного промежутка времени и размера ущерба:

$$R_{общ} = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n P_i A_i , \quad (2)$$

где $R_{общ}$ – общий уровень опасности анализируемой системы;

R_i – уровень опасности появления i -го события в анализируемой системе;

P_i – вероятность реализации i -го события;

A_i – размер ущерба от реализации i -го события.

Видим, что здесь под риском понимаются не сами опасности, а комбинация вероятностей их появления и степени их тяжести (любого вреда).

При всех неожиданностях и абстрактности разнообразных определений риска оно непротиворечиво согласуется с широко распространенным критерием оптимизации процессов и систем, введенным Томасом Байесом и составившим, по существу, осно-

ву современной теории принятия решений. По этому критерию максимизируется показатель среднего риска:

$$R = \sum_{i=1}^n p_i r_i = \sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^m r_{ij}, \quad (3)$$

где p_i – распределение ситуаций – ряд распределения $\{p_i\}$,
 r_{ij} – условный риск j в ситуации i .

В функциональных эргосетях [9, 10, 11] рассматривается эффективность системы – ее способность достигать цель и выделены *доминирующие* функциональные свойства: безошибочность, быстрдействие и точность [10, 11], их характеристики. При моделировании процесса функционирования систем предложено руководствоваться принципом базовых и факторных переменных.

В качестве базовой переменной принимается величина числа натурального ряда $1, 2, \dots, n$, соотнесенного состояниям системы так, что «чем оно больше, тем хуже для достижения цели системой (тем опаснее ее состояние)». Размерность множества состояний определяется целью исследования, предусматривается его энэрность, в отличие от традиционной бинарности (да-нет, успех-неудача). При этом из множества состояний системы выделяются частично неработоспособные, в которых требуемые функции выполняются частично, что предусмотрено стандартом [2], а также и разные состояния опасности.

Переход системы из состояния в состояние осуществляется принятием, исполнением решений и влиянием внешних и внутренних условий – факторов: температуры, атмосферного давления, влажности, напряженности и других. Соответствующие им физические и (или) психофизические величины принимаются в качестве факторных переменных.

При моделировании процессов оперируют сетями (сеть – это граф): графами работ (ГР) и графами событий (ГС).

В ГР фрагменты параметров функционирования (ПФ) (операции, действия, работы, мероприятия) отображаются вершинами, а дугами – их начала (входы) и (или) окончания (выходы), т.е. связи. ГР используются без детализации в виде, удобном для восприятия структуры функционирования, а полнота информации обеспечивается составом исходных данных. Удобству восприятия служит частичное отображение семантики графическими и буквенно-цифровыми средствами. Окончаниям процесса соотносятся выходные дуги, которые по смыслу учитывают его завершение, прекращение или прерывание.

В терминологии функциональных эргосетей, как аппарата исследования функционирования систем можно рекомендовать следующие определения:

- опасность – свойство материи (объектов, полей) создавать угрозу вреда (ущерба) людям и окружающей среде;
- безопасность – отсутствие угрозы вреда;
- источник опасности – материальные объекты и поля самой системы и окружающей среды;
- безопасное состояние – состояние системы, в котором воздействие на объекты защиты (включая саму систему) сил, потоков вещества, энергии и информации не превышает предельно допустимых значений (концентраций, норм);
- опасное состояние – состояние системы, в котором хотя бы одно из предельно допустимых значений воздействий превышено;
- событие, вызывающее опасное состояние – отказ с таким нарушением работоспособности системы, при котором хотя бы одно вредное воздействие выше предельно допустимого;

- аварийно-опасное состояние – состояние системы, вызывающее аварийное происшествие;
- опасная (аварийно-опасная) ошибка – ошибка, переводящая систему в опасное (аварийно-опасное) состояние;
- риск – образ действия (бездействие) с комбинацией вероятностных состояний системы и тяжести наносимого в них вреда;
- оценка риска – байесов средний риск – полный показатель опасности, грозящий людям и окружающей среде (объектам защиты) в результате функционирования системы при известности вреда по возможным ее состояниям.

Одна из наиважнейших целей деятельности моряков, эксплуатирующих корабельные и судовые технические средства, заключается в определении математической меры безопасности (такая мера нужна специалистам по проектированию и созданию сложных критических систем) и в определении конкретных практических мероприятий по защите систем от ухода в опасные состояния.

Длительное время математические модели проверки работоспособности и восстановления критически важных систем и технических объектов при ликвидации последствий аварий разрабатывались на основе бинарных моделей. В таких моделях оценивается два состояния объекта (1 – работоспособен, 2 – неработоспособен) и два исхода деятельности (1 – без ошибки, 2 – с ошибкой).

Создана математическая модель [9], которая учитывает три состояния объекта после воздействия опасных факторов аварии, а именно: 1 – работоспособен, 2 – обычный дефект, 3 – аварийно-опасный дефект и направления возможных исходов решения задачи, таких как успешность, аварийная ошибка, обычная ошибка, предупреждение аварии, тревожность по обычной ошибке, тревожность при успехе.

Автором решена задача получения численной оценки уровня опасности сложной критически важной технической системы.

Задача решена путем разработки функциональных структурных математических моделей процесса проверки работоспособности с восстановлением сложных критических систем и технических средств при ликвидации тяжелых последствий повреждений и аварий [9].

Оценка эффективности действий в такой послеаварийной ситуации адекватно выполнена с использованием разработанных триарных моделей, дающих возможность выделить аварийно опасный дефект, аварийно опасную ошибку и численно их оценить.

На рис. 1 показана структура сложного процесса, связанного с проверкой работоспособности и восстановлением критически важного (критического) технического объекта (ТО) или судовой системы.

Критический ТО, подвергаемый диагностированию может иметь аварийно опасные дефекты, обычные легко устранимые неаварийно опасные дефекты или оставаться работоспособным с вероятностями S_0 , S_1 , S_2 соответственно. При выполнении проверки работоспособности необходимо принять одно из трех решений, а именно: критический технический объект считается работоспособным и начинает использоваться; объект имеет аварийно опасный дефект и восстановлению в условиях плавания не подлежит; объект имеет легко устранимый дефект, восстанавливается и повторно проверяется на предмет работоспособности.

По результатам принятого решения процесс можно считать завершенным по первому выходу или прекращенным по второму выходу. Завершение такого процесса может быть связано с переходом к проводимым далее действиям по борьбе за живучесть. Прекращение процесса выполнения может быть связано с отказом от решения задачи и последующему переходу к специализированным технологическим мероприятиям.

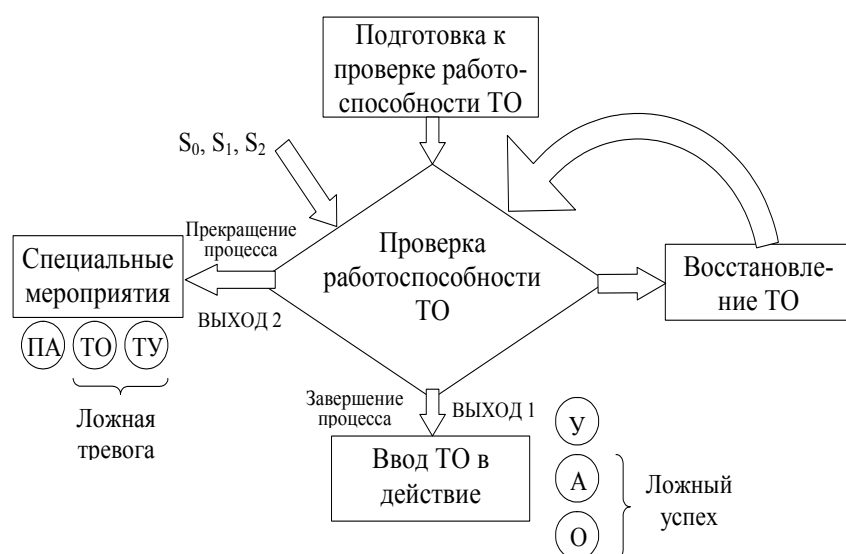


Рис. 1. Структура сложного процесса выполнения проверки работоспособности и восстановления критического технического объекта

Выполнен учет трёх вероятных исходов по каждому выходу:

– по первому выходу:

«У» – успешность, или иначе ввод в действие и начало технического использования работоспособного объекта,

«А» – авария, когда ввод в действие критического ТО с аварийно опасным дефектом приведет к аварии,

«О» – ввод в действие критического технического объекта с обычным легко устранимым дефектом. Это не приведет, или не в ближайшее время приведет к аварии,

– по второму выходу:

«ПА» – предупреждение аварийной ситуации,

«ТО» – тревожность по обычному дефекту с отказом от решения поставленной задачи при неаварийно опасном легко устранимом дефекте,

«ТУ» – тревожность при успехе с отказом от решения поставленной задачи при работоспособном критическом техническом объекте.

Каждому из рассмотренных возможных исходов поставлена в соответствие своя вероятность его появления, математические ожидания и дисперсии времени появления. При выводе расчетных зависимостей для них использован метод основных соединений. Исходными данными, являющимися варьируемыми параметрами для расчета являются:

S_0, S_1, S_2 – вероятности аварийного, обычного дефекта или работоспособного состояния критического технического объекта или системы,

D^{ij} – условные вероятности правильных и ошибочных решений. При этом фактическое состояние объекта $i = 0, 1, 2$; решение о его состоянии $j = 0, 1, 2$,

B_0 – вероятность восстановления критического ТО с аварийным дефектом за один восстановительный цикл,

B_1 – эта же характеристика для критического ТО с обычным дефектом;

Достаточно интересным и безусловно важным, на наш взгляд, явилось исследование зависимостей: P_U – вероятности успешности; P_A – вероятности аварийной ситуации; $P_{ПА}$ – вероятности предупреждения аварии от условной вероятности неверного диагностирования D^{02} , проведенном в [5].

$$P_y = \frac{D^{22}}{1 - D^{21}} \left(S_0 \frac{D^{01} B_0}{1 - D^{01} B_0^*} + S_1 \frac{D^{11} B_1}{1 - D^{11} B_1^*} + S_2 \right), \quad (4)$$

$$P_A = S_0 \frac{D^{02}}{1 - D^{01} B_0^*}, \quad (5)$$

$$P_{ПА} = S_0 \frac{D^{00}}{1 - D^{01} B_0^*} \quad (6)$$

Важным и не менее интересным является проведенный анализ математических ожиданий времени до выхода из процесса с соответствующими исходами [9].

При проведении исследований взаимосвязи входных характеристик и выходных показателей на разработанной модели, выработаны практические рекомендации по повышению живучести критических технических средств и сложных систем кораблей и судов, совершенствованию существующих средств их технического диагностирования и восстановления, сложного технологического процесса в целом. Такие рекомендации нашли применение при перспективном проектировании систем информационной поддержки борьбы за живучесть кораблей и судов.

Использование достаточно широко апробированного аппарата теории вероятности и теории графов, сравнение показателей эффективности алгоритма действий при варьировании исходных данных подтвердило работоспособность разработанных моделей и чувствительность методики к изменению входных параметров.

Применение такого подхода в практике создания критических технических объектов и судовых систем, при анализе эффективности борьбы за живучесть технических средств позволит количественно оценивать и существенно уменьшать вероятность аварийных ситуаций, снижать уровень опасности и риска за счет выявления критических фрагментов алгоритмов функционирования судовых систем, алгоритмов действий экипажа и снижения или устранения их критичности – способности порождать тяжелые аварийные ситуации.

К научным задачам, требующим проведения дальнейшего исследования относятся:

- достоверное разделение ошибок операторов и отказов технической части конкретных критических систем на неопасные и опасные, их классификация по степени опасности;
- оптимизация параметров функционирования систем с совместным учетом эффективности, опасности, защищенности и ресурсности;
- разработка алгоритмов действий в аварийно-опасных ситуациях с критически важными судовыми техническими средствами, особенно при их проектировании, когда еще нет опыта эксплуатации, который достается все большей и большей ценой.

Список литературы:

- [1] Van Vuuren W, van der Schaf T.W. The influence of safety culture on risks management // Proc. Tenth European Conf. on Safety and Reliability. – Rotterdam. – 1999. – Vol. 2. P. 1261–1265.
- [2] Безопасность оборудования. Термины и определения : ГОСТ ЕН 1070-2003. – [Действует с 2004-07-01]. – М.: Госстандарт России, 2003. – 40 с. – (Межгосударственный стандарт).
- [3] Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. 4.1. Основные термины, методика : ГОСТ ИСО/ТО 12100-1-2001. – [Действует с 2003-01-01]. – 16 с.
- [4] Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения : ГОСТ 27.002-89. – 26 с.
- [5] Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. 4.1. Термины, определения и общие принципы : ГОСТ Р ЕН 614-1-2003. – 10 с.
- [6] Харченко В.С. Гарантоспособные системы и многоверсионные вычисления: аспекты эволюции / В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. №. 7. – С. 46–59.

- [7] Харченко В.С. Гарантоспособность и гарантоспособные системы: элементы методологии / В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. №. 5. – С. 7–19.
- [8] Avizienis A. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / Avizienis A., Laprie J.-C., Randell B., Landwehr C. // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. – 2004. vol. 1, № 1. P. 11–33.
- [9] Гаршин А.Ю. Исследование процесса диагностирования и восстановления человеко-машинных систем путем анализа согласованных показателей безошибочности, времени, бездефектности и безаварийности / А.Ю. Гаршин // Научно-технический журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» №3(317) 2016-4(318) 2016. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК», 2016. – С. 199–203.
- [10] Чабаненко П. П. Моделирование обучения операторов / Человек в измерениях XX века, т. 7 // Педагогика и образовательные системы XX столетия. – М.: Междунар. акад. проблем Человека в авиации и космонавтике. – 2005. – С. 431–459.
- [11] Чабаненко П. П. Вывод показателей качества человеко-машинных систем на основе функциональных сетей / П.П.Чабаненко // Арсенал XXI века.– 2002. – №1. – С.42 – 46.

TERMINOLOGY, IDENTIFICATION AND PROBABILISTIC EVALUATION OF DANGER AND RISK LEVEL OF THE SHIP TECHNICAL MEANS IN POST-EMERGENCY SITUATION

*A.Y. Garshin, Ph. D. (Tech.), Associate Professor of «Power ships and structures», State University of Sevastopol, Marine Institute
299053, Sevastopol, Gogol str. 14*

Keywords: danger, danger, risk, security, accuracy, time, resource indicators.

The article presents one of the ways of probabilistic hazard and risk assessment of using the ship technical means in the post-emergency situation after its diagnosis and restoration on the functional structural models by analyzing the system of consistent error-free, fault-free and trouble-free indicators.

References:

- [1] Van Vuuren W, van der Schaf T.W. The influence of safety culture on risks management // Proc. Tenth European Conf. on Safety and Reliability.- Rotterdam.-1999.-Vol. 2. P. 1261–1265.
- [2] Bezopasnost' oborudovaniya. Terminy i opredeleniya: GOST EN 1070-2003. M. Gosstandart Rossii, 2003. – 40 p. (Mezhdunarodnyy standart).
- [3] Bezopasnost' oborudovaniya. Osnovnye ponyatiya, obshie principy konstruirovaniya. 4.1. osnovnye terminy, metodika: GOST ISO/TO 12100-1-2001. 16 p.
- [4] Nadezhnost' v tekhnike. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya: GOST 27.002-89. – 26 p.
- [5] Bezopasnost' oborudovaniya. Ergonomicheskiye principy konstruirovaniya. Terminy i opredeleniya: GOST R EN 614-1-2003. – 10 p.
- [6] Kharchenko V.S. Garantospobnye sistemy i mnogoversionnye vychisleniy: aspekti evolyucii. 2009. №. 7. – p. 46–59.
- [7] Kharchenko V.S. Garantospobnost' i garantospobnye sistemy: element metodologii. Radioelektronnye i kompyuterni sistemy. 2006. №. 5. – p. 7–19.
- [8] Avizienis A. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing / Avizienis A., Laprie J.-C., Randell B., Landwehr C. // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. – 2004. vol. 1, № 1. P. 11–33.
- [9] Garshin A.Yu. Issledovanie processa diagnostirovaniya i vosstanovleniya chelovekomashinnykh system putem analiza soglasovannykh pokazatelei bezoshibchnosti, vremeni, bezdefektnosti i bezavariinosti / Nauchno-tekhnicheskii zhurnal «Fundamentalnye i prikladnye problemi tekhniki i tekhnologii» №3(317) 2016-4(318) 2016. Орел: «Государственный университет-УНПК», 2016. S. 199–203.
- [10] Chabanenko P.P. Modelirovanie obucheniya operatorov. Chelovek v izmereniyakh XX veka, t. 7. Pedagogika i obrazovatel'nye sistemy XX stoletiya. M.: Mezhdunarodnaya akademiya problem cheloveka v aviatsii i kosmonavtike. 2005. p. 431–459.

[11] Chabanenko P.P. Vyvod pokazatelei kachestva chelovekomashinnyrh system na osnove funktsional'nyrh seteyi. Arsenal XXI veka. 2002. №1. p. 42–46.

Статья поступила в редакцию 12.02.2019 г.

УДК 621.436.12

М.Н. Покусаев, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации водного транспорта ФГБОУ ВО «Астраханский Государственный Технический Университет», e-mail: pokusaev@astu.org

А.С. Зубарев, аспирант кафедры эксплуатации водного транспорта ФГБОУ ВО «Астраханский Государственный Технический Университет», e-mail: Anton1601@rambler.ru

А.Ю. Грабарчук, студент института морских технологий, энергетики и транспорта, ФГБОУ ВО «Астраханский Государственный Технический Университет», e-mail: alex45678@mail.ru

А.В. Васильев, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплотехника и гидравлика», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», e-mail: vasilyev@vstu.ru

О.П. Ковалёв, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Товароведение, холодильные машины и технологии» Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Астраханский Государственный Технический Университет», e-mail: kovalev47@mail.ru

ПРОВЕДЕНИЕ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ПОДАЧЕ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА ВО ВСАСЫВАЮЩИЙ КОЛЛЕКТОР ДИЗЕЛЯ 6ЧСП 15/18 НА СУДНЕ РК-2091

Ключевые слова: Дизельный двигатель, аккумуляторная топливная система, окислы азота, натурные испытания, защита морской среды, МАРПОЛ, диметиловый эфир.

Авторами статьи представлена экспериментальная установка, которая позволяет подавать любой газообразный добавочный компонент во всасывающий коллектор дизельного двигателя в любой момент рабочего цикла с целью уменьшения содержания вредных выбросов в отработавших газах дизельного двигателя. Проведены натурные испытания по подаче ДМЭ во всасывающий коллектор дизельного двигателя 6ЧСП 15/18 на судне РК-2091. В ходе проведения испытаний было установлено, что при добавлении ДМЭ к воздушной смеси концентрация оксида азота NO_x максимально снижается при частоте вращения коленчатого вала 640 об/мин и в процентном соотношении составляет 12,37%. Концентрация NO_2 увеличивается при добавлении ДМЭ к воздушной смеси, минимальное значение в процентном соотношении составляет 2,67% при частоте вращения коленчатого вала 856 об/мин. Концентрация NO максимально снижается при частоте вращения коленчатого вала 640 об/мин и в процентном соотношении составляет 28,38%. Концентрация CO повышается на всех режимах работы, минимальное значение в процентном соотношении составило 85,11% при частоте вращения коленчатого вала 586 об/мин.

Введение

На 65-ой сессии Комитета по защите морской среды 13–17 мая 2013 года в ходе состоявшейся дискуссии была обоснована преждевременность введения в Балтийском море зоны контроля выбросов NO_x и стандарта по ограничению выбросов NO_x для

судовых дизелей на уровне Tier-III с 01.01.2016 г. Российская делегация смогла добиться решения о переносе этой даты сроком на пять лет, до 01.01.2021 г. [1].

28 октября 2016 года в штаб-квартире Международной морской организации в Лондоне (Великобритания) состоялась 70-я сессия Комитета по защите морской среды. В ходе работы данной сессии комитет согласился с приданием Северному и Балтийскому морям статуса районов контроля выбросов окислов азота с судов (NECA TierIII), в соответствии с Правилем 13 и Дополнением III Приложения VI к Конвенции МАРПОЛ и одобрил соответствующие поправки, которые вступят в силу и будут применяться к новым судам с 1 января 2021 года [2].

18 апреля 2016 года в штаб-квартире Международной морской организации (ИМО) в Лондоне (Великобритания) состоялась 69-я сессия Комитета по защите морской среды. В ходе работы данной сессии были приняты поправки к конвенции МАРПОЛ в том числе и к приложению VI, а именно о необходимости записи в судовом журнале, предписанном Администрацией, в части применимого стандарта выбросов и состояния судовых дизельных двигателей, при входе и выходе из района контроля выбросов по NO_x с указанием даты, времени и местоположения судна, а так же были внесены поправки к техническому кодексу по испытанию работающих на газе и двухтопливных двигателей в рамках стратегии по сокращению выбросов NO_x [3, 4].

Таким образом, исходя из вышесказанного, данный свод правил затронет одни из важнейших регионов России – Балтийское и Северное моря, и через несколько лет они станут зоной строгого контроля уровня выбросов оксидов азота (NO_x Emission Control Area – NECA) (рис. 1).



Рис. 1. Районы NECA и SECA

Можно выделить четыре основные группы путей решения для уменьшения токсичности ОГ дизеля (рис. 2):

1. Совершенствование конструкции дизельного двигателя.
2. Оптимизация эксплуатации дизельного двигателя.
3. Применение двухтопливных систем.
4. Применение альтернативных топлив.

Уменьшение содержания оксида азота в отработавших газах дизельного двигателя связано, в первую очередь, с ограничениями максимальной температуры рабочего цикла [5]. Таким образом, если для вновь проектируемых дизелей основным направлением на данный момент является разработка новой конструкции для приближения к необходимым параметрам экологичности, то для морально устаревших дизелей, находящихся в эксплуатации, одним из путей решения проблемы может послужить

применение системы, способной подавать добавочный компонент в цилиндр дизельного двигателя.

В качестве добавочного газообразного компонента был выбран диметиловый эфир (ДМЭ) C_2H_6O , в связи с тем, что данный газ является экологически чистым топливом без содержания серы, содержание оксидов азота в выхлопных газах на 90% меньше, чем у бензина. Теплота сгорания ДМЭ около 30 МДж/кг, у классических нефтяных топлив – около 42 МДж/кг. Одна из особенностей применения ДМЭ – его более высокая способность к окислению (благодаря содержанию кислорода в молекуле), чем у классического топлива [6].

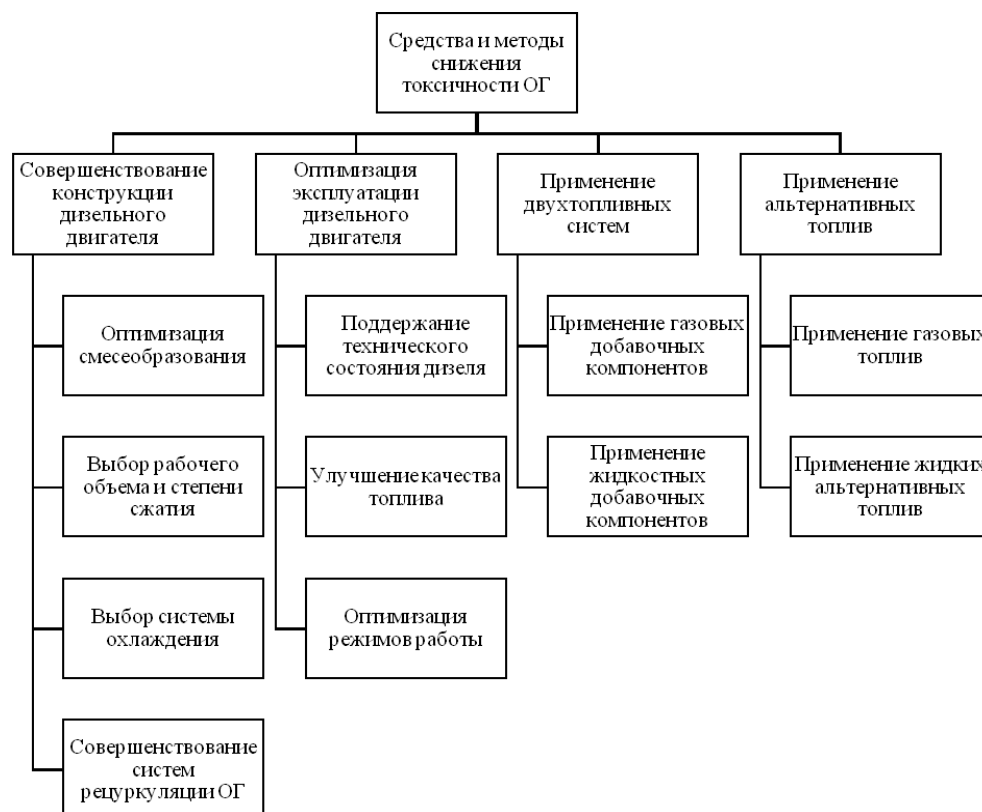


Рис. 2. Основные методы снижения токсичности ОГ

Предлагаемый вариант системы по подаче диметилового эфира в всасывающий коллектор дизельного двигателя

В состав разработанной системы (рис. 3) входят: 1 – баллон объемом 50 л. с рабочим давлением 1,6 МПа, 2 – запорный клапан, 3 – манометр, 4 – электромагнитная форсунка, 5 – микроконтроллер.

Работа системы происходит следующим образом. При открытии запорного клапана 2, ДМЭ содержащийся в баллоне 1 под давлением 0,6 МПа подается во всасывающий коллектор дизельного двигателя, где происходит смешивание ДМЭ с всасывающим воздухом, впрыск ДМЭ осуществляется через электромагнитную форсунку 4 в момент открытия впускного клапана, затем данная смесь подается в цилиндр дизельного двигателя, где происходит сгорание горючей смеси. Замер расхода ДМЭ осуществляется весовым способом. Управление работой системы впрыска ДМЭ осуществляется микроконтроллером 5 [7].

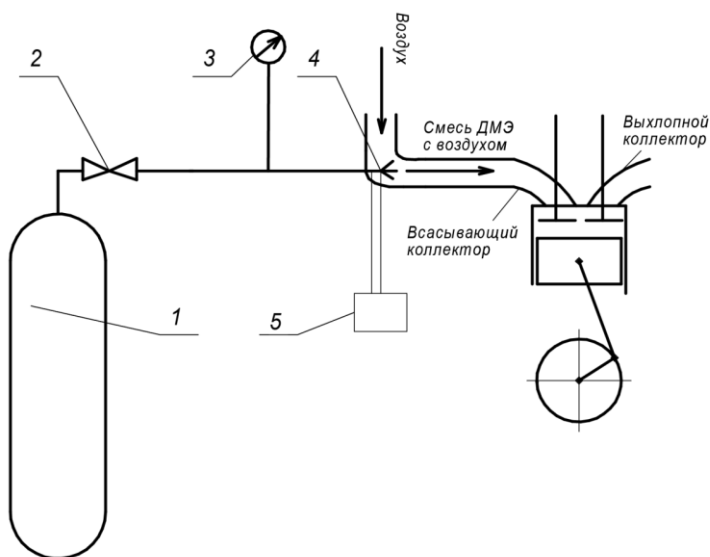


Рис. 3. Система по подаче ДМЭ в всасывающий коллектор дизельного двигателя

Результаты проведенных экспериментов на дизеле 6ЧСП 15/18 на судне РК-2091

Эксперименты проводились по разработанной методике испытаний судового дизеля 6ЧСП 15/18 (рис. 4), судна РК-2091 (рис. 5), дооборудованного системой для подачи ДМЭ в всасывающий коллектор.

Основные характеристики судового дизельного двигателя представлены в таблице 1 [8].

Судно РК-2091 представляет собой одновинтовой буксир с седловатой палубой, ходовой рубкой и надстройкой на палубе, с капом над МО и кормовым грузовым трюмом. Назначение судна – буксировка малых судов, перевозка в трюмах 10–15 тонн груза, перевозка до 12 пассажиров. Основные характеристики судна представлены в таблице 2 [9].



Рис. 4. Общий вид дизеля 6ЧСП 15/18



Рис. 5. Судно РК-2091

Подача ДМЭ производилась на швартовных испытаниях по винтовой характеристике.

Таблица 1

Основные характеристики судового дизеля 6ЧСП 15/18

Параметры	Показания
Мощность полная (номинальная), л. с.	150
Частота вращения, мин-1	1500
Среднее эффективное давление, бар	4,7
Средняя скорость поршня, м/с	9
Удельный расход топлива, г/л.с. ч	177
Удельный расход масла, г/л.с. ч	9
Масса (сухая), кг	1800
Габаритные размеры, мм:	
длина L	2462
ширина B	882
высота H	1162,5

Таблица 2

Основные характеристики судна РК-2091

Параметры	Показания
Длина, м.	21
Ширина, м.	3,98
Высота борта, м.	2,1
Высота габаритная, м.	6,65
Водоизмещение в грузу, т.	46,9
Осадка средняя в грузу, м.	1,27
Водоизмещение порожним, т.	30,3
Осадка средняя порожнем, м.	0,97
Скорость свободного хода, уз.	10,5

Параметры	Показания
Пассажировместимость, чел.	11
Экипаж (на вахте), чел.	2
Количество коечных мест, шт.	4
Автономность, сут.	5

При проверке работоспособности системы по подаче добавочного компонента неисправностей и сбоев в работе не было выявлено. Была проверена работа элементов данной системы: электромагнитной форсунки, запорного вентиля и исполнительных органов управления. В течение всего периода проверки работоспособности системы, установленной на судовой дизель 6ЧСП 15/18, велась проверка на герметичность. В результате данной проверки утечек не выявлено. В ходе испытаний были достигнуты требуемые эксплуатационные характеристики системы по подаче добавочного компонента в всасывающий коллектор (стабильная подача, отсутствие утечек, регулирование количества подаваемого компонента).

Получены параметры работы дизеля 6ЧСП 15/18 с установленной системой отражены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры работы дизеля 6ЧСП 15/18 с системой по подаче диметилового эфира

Измеряемые параметры	Показания					
	ДТ	ДТ+ДМЭ	ДТ	ДТ+ДМЭ	ДТ	ДТ+ДМЭ
Частота вращения коленчатого вала, [об/мин]	586		640		856	
Часовой расход дизельного топлива, гч [кг/ч]	2,2	2,7	3,7	4,1	8,3	8,7
Температура отработавших газов, тог [°C]	142	146,4	160,1	167	246,2	251
Температура воздушной смеси на всасывании до/после форсунки, [°C]	36,3/34	35,8/34,1	36,5/34,7	35,6/34,5	36,2/34,5	35,3/34
Концентрация оксида азота, NO [ppm]	128	102	229	164	222	217
Концентрация диоксида азота, NO ₂ [ppm]	48,3	61,8	54,4	83,6	33,7	34,6
Общая концентрация оксидов азота, NO _x [ppm]	176	163	283	248	256	252
Концентрация оксида углерода, CO [ppm]	282	522	288	1197	408	904
Концентрация диоксида углерода, CO ₂ [%]	23	27	35	43	40	47

Измерение концентрации NO, NO₂, NO_x, CO производились при помощи газоанализатора Testo 350-MARITIME, для более наглядного отображения полученных результатов, данные по выбросам NO_x, изображены графически на рисунке 6.

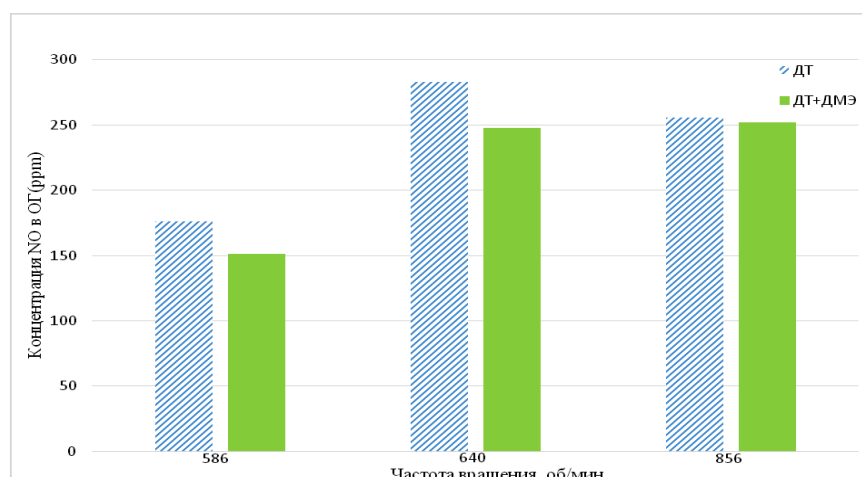


Рис. 6. Изменение концентрации NO_x

Погрешность измерений

Определение погрешности измерений производилась путем использования распределения Стьюдента. Подача ДМЭ производилась на швартовных испытаниях при неизменной частоте вращения коленчатого вала (640 об/мин.), при данном режиме работы замеры производились 5 раз, газоанализатор Testo 350-MARITIME зафиксировал следующие значения содержания NO_x в ОГ: 251, 243, 248, 260, 238. Среднее арифметическое полученных значений равно:

$$\tilde{x}_{\text{NO}_x} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v x_i = \frac{1}{5} (251 + 243 + 248 + 256 + 242) = 248 \text{ ppm.} \quad (1)$$

Дисперсия данной выборки будет равна:

$$S_{\text{NO}_x}^2 = \frac{\sum_{i=1}^v (x_i - \tilde{x})^2}{v} = \frac{(251 - 248)^2 + (243 - 248)^2 + (248 - 248)^2 + (256 - 248)^2 + (242 - 248)^2}{5} = 26,8. \quad (2)$$

Средняя квадратичная ошибка равна:

$$S_{\text{NO}_x} = \sqrt{\frac{S^2}{v-1}} = \sqrt{\frac{26,8}{4}} = 2,58 \text{ ppm} \quad (3)$$

По приложению 5 [10], справочника по прикладной статистике под редакцией Э. Ллойда находим что при $v = 4$ и вероятности $P=0,95$, в свою очередь $t = 2,2$. Исходя из этого, можно сделать вывод, что с вероятностью 95% ошибка $\tilde{x}_{\text{NO}_x} = 248 \text{ ppm}$ не более чем $2,2 \cdot 2,58 = 5,67 \text{ ppm}$. Соответственно пределы возможного содержания NO_x в ОГ на установившемся режиме дизеля, на котором производились замеры обусловлены следующим неравенством:

$$242,33 \leq \tilde{x}_{\text{NO}_x} \leq 253,67$$

Подобным методом просчитывались пределы и для других полученных показаний.

Выводы

1. Представлена экспериментальная установка, которая позволяет подавать любой газообразный добавочный компонент во всасывающий коллектор дизельного двигателя в любой момент рабочего цикла дизельного двигателя.

2. Проведены натурные испытания по подаче ДМЭ во всасывающий коллектор дизельного двигателя 6ЧСП 15/18 на судне РК-2091.

3. В ходе проведения испытаний было установлено, что при добавлении ДМЭ к воздушной смеси концентрация оксида азота NO_x максимально снижается при частоте вращения коленчатого вала 640 об/мин и в процентном соотношении составляет 12,37%. Концентрация NO_2 увеличивается при добавлении ДМЭ к воздушной смеси, минимальное значение в процентном соотношении составляет 2,67% при частоте вращения коленчатого вала 856 об/мин. Концентрация NO максимально снижается при частоте вращения коленчатого вала 640 об/мин и в процентном соотношении составляет 28,38%. Концентрация CO повышается на всех режимах работы, минимальное значение в процентном соотношении составило 85,11% при частоте вращения коленчатого вала 586 об/мин.

Увеличение содержания оксида углерода CO в отработавших газах может свидетельствовать о присутствии высокотемпературной зоны топливного факела, в которой химическое равновесие смещено в сторону диссоциации диоксида углерода CO_2 , с образованием CO и O_2 .

Список литературы:

- [1] Резолюция МЕРС 65/4/27 поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ, 2013. – 1–4.
- [2] Резолюция МЕРС 251(66) поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ, 2014.
- [3] Резолюция МЕРС.271(69) поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ, 2016. – 3–5 с.
- [4] Резолюция МЕРС.272(69) поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ, 2016. – 2 с.
- [5] В. А. Марков Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. – Москва, 2002. Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 376 с.
- [6] Диметилловый эфир. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D0%B8%D1%80
- [7] Покусаев М.Н., Грабарчук А.Ю., Умербаев А.М., Пальников С.В., Колесников И. В., Зубарев А. С. Патент на полезную модель №174207, 25.11.2015.
- [8] Вершинина В.Ф., Трумль З.С. Судовые дизели типа 3Д6 и 7Д6. Приложение к книге «Дизели типа Д6».
- [9] Справочник по серийным транспортным судам. Том 3. Толкачи, буксиры и толкачи-буксиры // Транспорт. 1974. – 244 с.
- [10] Справочник по прикладной статистике. Под редакцией Э. Ллойд, У. Ледерман.: Финансы и статистика, 1990. – 519 с.

CONDUCTING FIELD TESTS ON THE SUBMISSION OF DIMETHYL ETHER TO THE SUCTION MANIFOLD OF THE DIESEL ENGINE 6L 15/18 ON THE VESSEL RK-2091

Pokusaev M.N., *Dr.Sc. (Tech.), Professor, head of the department water transport operation «Astrakhan State Technical University»*

Zubarev A.S., *graduate student of the department of water transport operation «Astrakhan State Technical University»*

Grabarchuk A.Y., *student of the Institute of Marine Technologies, Energy and Transport, «Astrakhan State Technical University»*

Vasiliev A.V., *Dr.Sc. (Tech.), Professor, Professor of the department of heat engineering and hydraulics «Volgograd State Technical University»*

Kovalev O.P., *Dr.Sc. (Tech.), Professor, head of the department*

*of merchandizing, refrigerating machines and technologies»,
Dmitrov Fishery Technological Institute (branch) of Astrakhan state technical University*

Key words: A diesel engine, battery fuel system, nitrogen oxides, field tests, marine environment protection, MARPOL, dimethyl ether.

The authors of the article presented an experimental installation, which allows any gaseous additional component to be supplied to the suction manifold of a diesel engine at any time during a working cycle in order to reduce the content of harmful emissions in the exhaust gases of a diesel engine. Field tests on the supply of DME to the suction manifold of the 6L 15/18 diesel engine on the vessel RK-2091 were conducted. During the tests it was found that adding DME to the air mixture causes the concentration of nitric oxide NO_x maximum decrease at the crankshaft rotation speed of 640 rpm and the percentage is equal to 12.37%. With the addition of DME to the air mixture the NO₂ concentration increases, the minimum value in percentage is equal to 2.67% at the crankshaft rotation speed of 856 rpm. The NO concentration decreases as much as possible at the crankshaft rotation speed of 640 rpm and the percentage is equal to 28.38%. The CO concentration increases in all operation modes, the minimum value in percentage was equal to 85.11% at the crankshaft rotation speed of 586 rpm.

References:

- [1] Resolution MEPC 65/4/27 of the amendment to Annex VI to the MARPOL Convention, 2013. – 1–4.
- [2] Resolution MEPC 251 (66) of the amendment to Annex VI to the MARPOL Convention, 2014.
- [3] Resolution MEPC.271 (69) of the amendment to Annex VI to MARPOL Convention, 2016. – 3–5 p.
- [4] Resolution MEPC.272 (69) of the amendment to Annex VI to MARPOL Convention, 2016. – 2 p.
- [5] V.A. Markov Toxicity of exhaust gases of diesel engines / V.A. Markov, R. M. Bashirov, I.I. Gabitov. – Moscow, 2002. Publishing House MSTU. N. E. Bauman. – 376 s.
- [6] Dimethyl ether. Wikipedia, the free encyclopedia. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9%D1%8D%D1%84%D0%B8%D1%80>
- [7] Pokusaev M.N., Grabarchuk A.Yu., Umerbaev A.M., Palnikov S.V., Kolesnikov I.V., Zubarev A.S. Patent for utility model №174207, 25.11.2015.
- [8] Vershinina V.F., Trumul Z.S. Ship diesel engines of type 3D6 and 7D6. Appendix to the book «Diesel type D6».
- [9] Handbook of serial transport vessels. Volume 3. Pushers, tugs and pushers tugs // Transport. 1974. – 244 s.
- [10] Handbook of applied statistics. Edited by E. Lloyd, W. Lederman.: Finance and Statics, 1990. – 519 p.

Статья поступила в редакцию 11.02.2019 г.

УДК 621.316.722.9

В.Г. Сугаков, д.т.н., доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта, ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: toshev@rivregnn.ru
А.А. Тоцев, соискатель, ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: toshev@rivregnn.ru
Л.В. Зобов, аспирант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ», e-mail: zob-lavrik@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СУДОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНЕЙ ФОРСИРОВКОЙ

Ключевые слова: система автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой, математическая модель системы автоматического регулирования напряжения, имитационная модель системы автоматического регулирования напряжения, моделирование в пакете MatlabSimulink.

В статье проанализированы существующие варианты системы возбуждения синхронных генераторов, содержащих регуляторы напряжения, и установлены их недостатки. Приведены определение и требования к системам автоматического регулирования возбуждения. С учетом выявленных недостатков приведенных систем регулирования возбуждения предложена система автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой (САРВ судового СГ с ВФ). Также отражены математическая и имитационная модели САРВ судового СГ с ВФ и проведено математическое моделирование в пакете MatlabSimulink. Определены требования предъявляемые к системам автоматического регулирования возбуждения, а также случаи, в которых необходима внешняя форсировка. Описаны алгоритмы моделирования и параметры, при которых происходит расчет переходных режимов в зависимости от типа и величины нагрузки, подключаемой к синхронному генератору, обозначены оптимальные настройки для выходных параметров модели, а именно – напряжения генератора и импульсов форсировки. Приведен состав модели и математическое обоснование блоков модели. Сделаны выводы на основании проведенного опыта, а также даны рекомендации по дальнейшему развитию и улучшению показателей качества переходного процесса, а значит – и электросети.

Совокупность устройств автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности и синхронный генератор образуют систему автоматического регулирования возбуждения (САРВ).

К САРВ предъявляются достаточно жесткие требования, ниже приведены некоторые из них [1]:

- 1) устойчивое регулирование (стабилизация) напряжения генератора во всех эксплуатационных режимах с заданной точностью;
- 2) повышение статической и динамической устойчивости генератора при работе в энергосистеме;
- 3) быстрое восстановление напряжения после отключения короткого замыкания и обеспечение самозапуска асинхронных электродвигателей;
- 4) повышение надежности действия устройств релейной защиты в системе электроснабжения.

Качество регулирования возбуждения генератора во многом зависит от характеристик и системы возбуждения. Эта система должна обеспечить достаточно высокую скорость нарастания напряжения на обмотке возбуждения и высокий потолок напря-

жения при форсировке возбуждения. Ранее была предложена модель системы автоматического регулирования синхронного генератора с внешней форсировкой [2,3].

На данный момент имеется большое количество вариантов систем возбуждения синхронных генераторов, применяемых в судовых электростанциях.

Известны системы возбуждения синхронных генераторов, содержащие регуляторы напряжения (угольные, импульсные, вибрационные). Недостатком этих систем является низкое быстродействие, для увеличения быстродействия применяют системы возбуждения синхронных генераторов, содержащие элементы компаундирования (резисторы, автотрансформаторы, суммирующие трансформаторы).

Однако такие системы имеют малую точность, так как они производят регулирование только по главному возмущающему фактору, не учитывая остальные воздействия.

Подобные недостатки учтены в системах возбуждения синхронного генератора, содержащих суммирующий трансформатор и корректор напряжения. Однако подобная система имеет невысокую форсировочную способность и, как следствие, невозможность прямого пуска потребителей, соизмеримых по мощности с характеристиками источника электрической энергии.

Все отраженные выше недостатки учтены в системе автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой. Она имеет высокую форсировочную способность, ограниченную лишь параметрами внешнего источника и обладает высоким быстродействием форсировки возбуждения, которое определяется частотой генератора импульсов стабильной частоты и осуществляется по приращению тока генератора ещё до критического снижения напряжения [4].

Для определения возможности выполнения вышеуказанных требований и обоснования актуальности исследований была разработана математическая и имитационная модель САРВ судового синхронного генератора с внешней форсировкой (САРВ судового СГ с ВФ) в приложении Matlab Simulink (рис. 1) [5].

При разработке математической модели САРВ судового СГ с ВФ приняты следующие допущения: потери в стали, а также зависимость активных сопротивлений от температуры не учитываются, обмотки статора симметричны, высшие пространственные гармоники поля отсутствуют.

Математическая модель САРВ судового СГ с ВФ построена на основе уравнений Парка-Горева, все величины представлены в системе координат d и q , вращающейся синхронно с ротором. Ток, напряжение и параметры обмотки возбуждения приведены к статору.

Модель собрана из стандартных блоков Matlab Simulink и SimPowerSystem [6,7,8]. Синхронный генератор представлен блоком «Synchronous Machine Pu Fundamental». Данный блок является моделью классической синхронной машины с демпферной обмоткой. Задание скорости осуществляется через вход «w»; в нашем случае генератор вращается с постоянной скоростью. К выводам генератора подключена трехфазная активно-индуктивная нагрузка, которая подключается трехфазными выключателями, имитируя наброс нагрузки в разные промежутки времени. Моменты включения нагрузки формируются с помощью сигналов «Step1» и «Step2», которые подключают соответственно нагрузки «Нагрузка 1» и «Нагрузка 2». Активная нагрузка «Нагрузка 0» подключена постоянно. Для измерения трехфазного выходного напряжения генератора к его выводам также подключен блок измерения. На его выходе формируется сигнал, пропорциональный напряжению на зажимах синхронной машины.

Система возбуждения в данной модели состоит из двух контуров. Первый представляет собой возбудитель САРН (система автоматического регулирования напряжения). Это стандартный блок Matlab Simulink «Excitation System», настроенный под оптимальное быстродействие с исследуемой синхронной машиной. Задача данного блока – регулирование выходного напряжения таким образом, чтобы напряжение на зажимах генератора оставалось постоянным и составляло 100% от номинального значения.

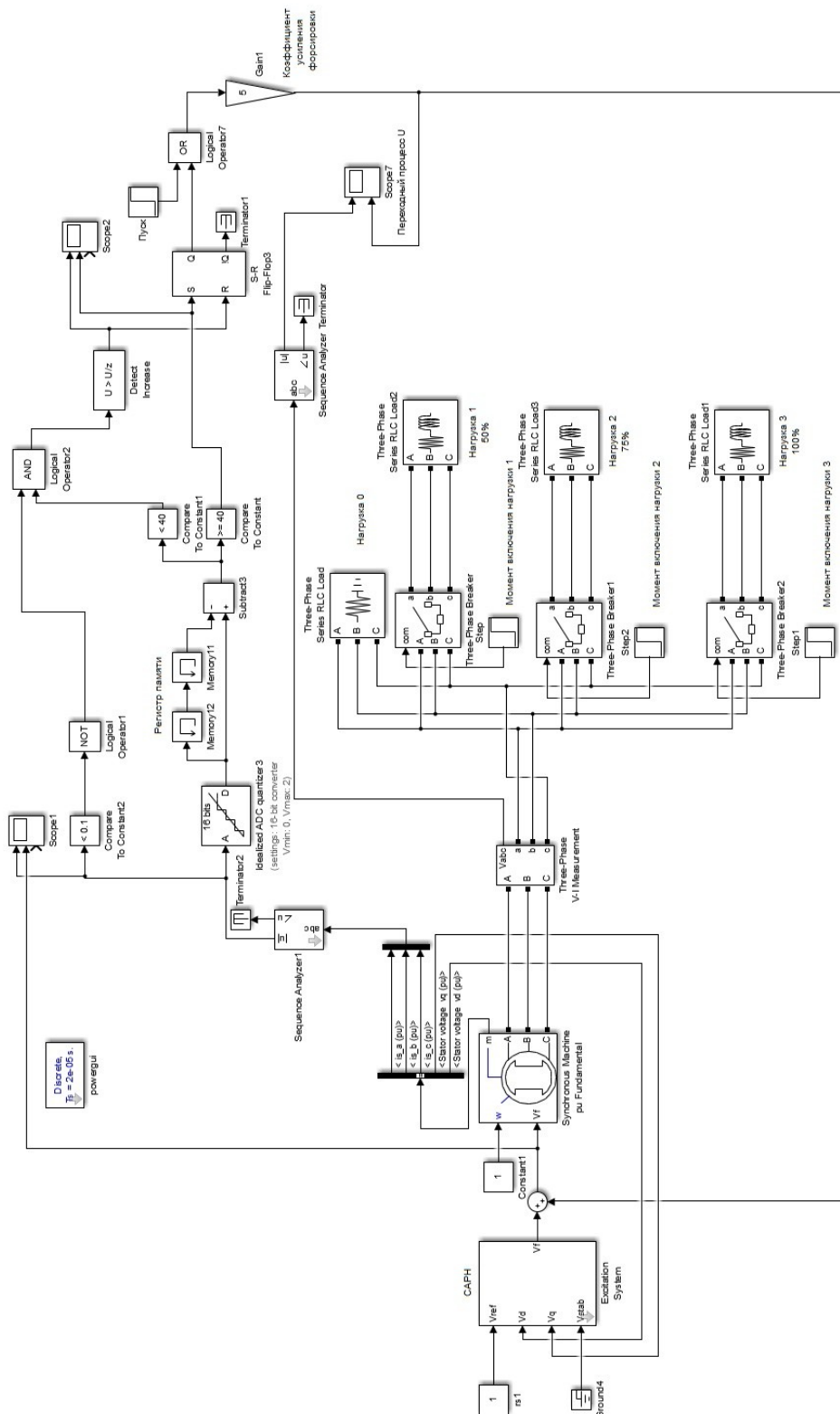


Рис. 1. Имитационная модель системы автоматического регулирования возбуждения судового синхронного генератора с внешней форсировкой

Второй контур – это исследуемая система форсировки, предназначенная для увеличения быстродействия стандартной системы возбуждения. Её выходной сигнал суммируется с сигналом САРН и подается на вход «Vf» синхронной машины.

Для работы системы необходимо отслеживать токи статора синхронной машины по всем трем фазам. Для этого используется специальный демультиплексор, с выхода которого снимаются значения «is_aru», «is_bpu» и «is_cpu» (в относительных единицах). Блок «Sequence Analyzer1» вычисляет модуль среднего значения этих токов, далее этот сигнал поступает на 16-ти битный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Его задача – преобразование входного аналогового значения в двоичный 16-ти битный код. Далее с помощью двух последовательно соединенных блоков «Memory11» и «Memory12» это значение сохраняется на последующие 2 шага вычисления, и это значение вычитается из текущего значения АЦП с помощью блока «Subtract3». Таким образом, на выходе блока «Subtract3» имеется значение приращения токов за 2 шага вычислений. Далее значение приращения поступает на блоки сравнения «Compare To Constant» и «Compare To Constant1». Первый блок выдает логическую «1», когда приращение превышает заданную в нем уставку, и этот сигнал поступает на вход установки «S» триггера «S-R». В случае появления единичного сигнала на этом входе триггер переводит свой выход в состояние логической «1». Второй блок выдает логическую «1», когда приращение меньше уставки. Его сигнал поступает на второй вход блока логического «И». Первый вход этого блока подключен через инвертор к блоку сравнения «Compare To Constant», в котором задана уставка минимального значения токов статора. Таким образом, формируется сигнал запрещения форсировки, поступающий через блок обнаружения нарастания «Detect Increase» на логическое «ИЛИ» (блок «Logical Operator3»). Выход этого блока подключен к сбросовому входу «R» триггера «S-R». В случае появления единичного сигнала на этом входе триггер переводит свой выход в состояние логической «0».

Выход триггера выдает сигнал на включение форсировки, который усиливается блоком «Gain1» и поступает на сумматор, где складывается с сигналом САРН. Для принудительного введения форсировки (например во время запуска генератора) к выходу триггера «S-R» включен через блок «ИЛИ» («Logical Operator7»). К его второму входу подключен внешний сигнал «Пуск», включающий форсировку независимо от автоматической системы управления.

В модели используется метод интегрирования с фиксированным шагом по методу Рунге Кутты ode4. Значение шага – 0,00002 сек. Время моделирования – 2,5 сек.

Математическая модель, описывающая САРВ судового СГ с ВФ, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 U_{sd} &= r_s i_{sd} + p \Psi_{sd} - \Psi_{sq} \omega \\
 U_{sq} &= r_s i_{sq} + p \Psi_{sq} + \Psi_{sd} \omega \\
 U_f &= r_f i_f + p \Psi_f \\
 \Psi_{sd} &= L_d i_{sd} + L_{ad} i_f + L_{ad} i_{\partial d} \\
 \Psi_{sq} &= L_q i_{sq} + L_{aq} i_{\partial q} \\
 \Psi_{\partial d} &= \Psi_{md} + L_{\partial d \sigma} i_{\partial d} \\
 \Psi_{\partial q} &= \Psi_{mq} + L_{\partial d \sigma} i_{\partial q} \\
 \Psi_f &= \Psi_{md} + L_{f \sigma} i_f \\
 \pm J \frac{d\omega}{dt} + M &= \frac{3}{2} (\Psi_{sd} i_{sq} - \Psi_{sq} i_{sd})
 \end{aligned} \tag{1}$$

где u_{sd} , u_{sq} , u_f – проекции вектора напряжения статора на оси d и q , напряжение ротора соответственно;

i_{sd} , i_{sq} , i_f , i_{dd} , i_{dq} – проекции вектора тока статора на оси d и q , ток ротора, демпферные токи соответственно;

Ψ_{sd} , Ψ_{sq} , Ψ_f , Ψ_{dd} , Ψ_{dq} – проекции потокосцепления статора на оси d и q , потокосцепление ротора, потокосцепления демпферных контуров соответственно;

r_s , r_f – активные сопротивления обмоток статора и ротора соответственно;

L_d , L_q , L_{ad} , L_{aq} , $L_{dd\sigma}$, $L_{dq\sigma}$, $L_{f\sigma}$ – индуктивности статора по осям d и q , взаимная индуктивность обмоток статора и ротора по осям d и q , индуктивности рассеяния демпферных контуров по осям d и q , индуктивность ротора от потоков рассеяния соответственно;

M , J – момент на валу генератора, суммарный момент инерции.

Возбудитель представлен следующей передаточной функцией между напряжением возбудителя V_{fd} и выходом e_f регулятора:

$$\frac{V_{fd}}{e_f} = \frac{1}{Ke + sTe} \quad (2)$$

Анализатор последовательности выводит величину и фазу компонентов положительной, отрицательной и нулевой последовательности набора из трех сбалансированных или несбалансированных сигналов. Индекс 1 обозначает положительную последовательность, индекс 2 обозначает отрицательную последовательность, а индекс 0 обозначает нулевую последовательность. Сигналы могут дополнительно содержать гармоники. Три составляющих последовательности трехфазного сигнала (напряжения V_1 , V_2 , V_0 или токи I_1 , I_2 , I_0) рассчитываются следующим образом:

$$V_1 = \frac{1}{3}(V_a + a \cdot V_b + a^2 \cdot V_c) \quad (3)$$

V_a , V_b , V_c – Трехфазное напряжение указанной частоты.

a – комплексный оператор.

Анализ Фурье по скользящему окну одного цикла указанной частоты сначала применяется к трем входным сигналам. Он оценивает значения вектора V_a , V_b и V_c на указанной основной частоте или частоте гармоники. Затем преобразование применяется для получения положительной последовательности, отрицательной последовательности и нулевой последовательности.

Поскольку блок использует окно скользящего среднего для выполнения анализа Фурье, один цикл моделирования должен быть завершен, прежде чем выходные данные дадут правильную величину и угол. Например, ответом блока на изменение шага V_1 является одноцикловое линейное изменение. Для первого цикла моделирования выход поддерживается постоянным, используя значения, заданные начальными входными параметрами.

Алгоритм моделирования осуществляется в следующей последовательности:

1. Запуск генератора без нагрузки;
2. Подключение активной нагрузки «Нагрузка 0», подключенной постоянно.
3. Последовательное подключение трех ступеней активно-индуктивной нагрузки, установленных следующим образом: первый этап – подключение нагрузки равной 50% мощности источника (через 1 сек.), второй этап – 75% мощности источника (через 2 сек.), третий этап – 100 % (через 3 сек.)

Графические результаты математического моделирования приведены на рис. 2.

При подключении первой ступени нагрузки включение форсировки не наблюдается, но при подключении второй и третьей ступени нагрузки срабатывает форсировка, что в значительной степени снижает провал напряжения в первый момент времени.

Однако при второй и особенно при третьей ступени подключения нагрузки, наблюдается значительное перерегулирование осциллограммы напряжения.

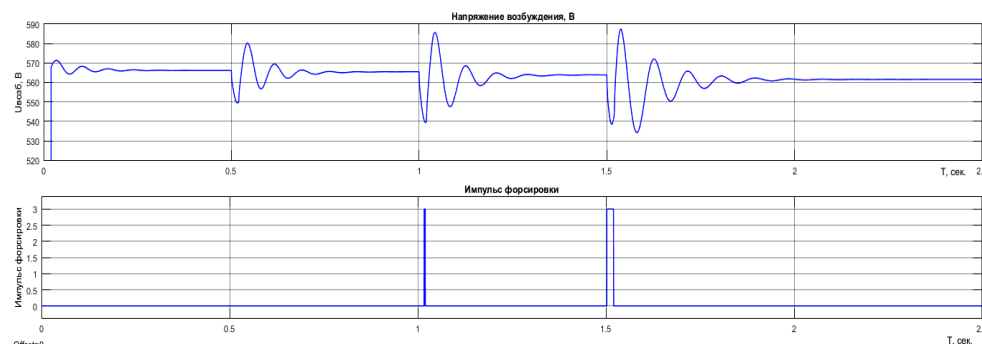


Рис. 2. Графические результаты математического моделирования САРВ судового СГ с ВФ

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная имитационная модель позволяет выполнять адекватное моделирование системы автоматического регулирования синхронных генераторов с внешней форсировкой;

2. Для наиболее устойчивой работы предложенной модели САРВ судового СГ с ВФ необходимо включить в состав модели систему учета контроля приращения напряжения. Это позволит стабилизировать перерегулирование напряжения после срабатывания форсировки.

Список литературы:

- [1] Сугаков В.Г., Хватов О.С. «Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций. Часть 2. Автоматическое регулирование напряжения судовых источников электрической энергии»: учеб пособие / В.Г. Сугаков, О.С. Хватов. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. –180 с.
- [2] Сугаков В.Г., Тощев А.А. «Система возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой». – Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 1 (66). – (с. 70-71).
- [3] Пат. 2510698 RU, МПК Н 02 Р9/14. Система возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой / В.Г. Сугаков, О.С. Хватов, Ю.С. Малышев, А.А. Тощев, – № 2012151015/07; заявл. 28.11.2012 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. №10. – 7 с.
- [4] Сугаков В.Г., Тощев А.А., Малышев Ю.С. «Анализ систем автоматического регулирования возбуждения синхронных генераторов» – XVIIIНижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: материалы докладов. 19–22 марта 2013г. / Отв. За вып. И.А. Зверева – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2013 – 248с. – (с. 195–197).
- [5] Сугаков В.Г., Тощев А.А. «Моделирование системы автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора с внешней форсировкой» – Труды 20-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2018», 2018.
- [6] Черных И.В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink.» – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).
- [7] Коробко Г.И., Попов С.В. «Моделирование элементов судовых электроэнергетических систем» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. –32 с.
- [8] Коробко Г.И., Попов С.В. «Моделирование судовых синхронных генераторов и систем их возбуждения» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 34 с.

MATHEMATICAL AND IMITATION MODEL OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC REGULATION OF EXCITATION OF A SHIPBOARD SYNCHRONOUS GENERATOR WITH EXTERNAL FORCING

V.G. Sugakov, Dr.Sc. (Tech.), Associate Professor, Department
of Electrical Engineering and Electrical Equipment of Water Transport Facilities
Volga State University of Water Transport

A.A. Toshev, Aspirant, Volga State University of Water Transport

L.V. Zobov, graduate student, Volga State University of Water Transport
603951, Nizhniy Novgorod, Nesterov str., 5

Keywords: a system of automatic regulation of excitation of a shipboard synchronous generator with external forcing, a mathematical model of the system of automatic voltage regulation, a simulation model of the system of automatic voltage regulation, simulation in the MatlabSimulink package.

The article analyzes the existing variants of the excitation system of synchronous generators containing voltage regulators and identifies their disadvantages. The definition and requirements for the systems of automatic excitation control are given. Taking into account the identified disadvantages of the considered excitation control systems the automatic excitation control system for the ship's synchronous generator with external forcing is proposed (SARE of the shipboard SG with EF). The mathematical and simulation models of the SARE of the shipboard SG with EF are also reflected and mathematical modeling in the MatlabSimulink package is carried out. The requirements to the automatic excitation control systems as well as cases of external forcing necessity are defined. The authors describe simulation algorithms and the parameters under which the transient modes are calculated according to the type and size of the load connected to the synchronous generator; indicate the optimal settings for the output parameters of the model, specifically the generator voltage and pulses force. The model composition and the mathematical justification of the model blocks are given. The conclusions on the basis of the experience are made as well as recommendations on the further development and improvement of the quality indicators of the transition process and hence the power grid are given.

References:

- [1] Sugakov V.G., Hvatov O.S. «Sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya parametrovjelektricheskoyenerгии sudovyh jelektrostancij. Chast' 2. Avtomaticheskoe regulirovanie naprjazhenija sudovyh istochnikov jelektricheskoyenerгии»: uchebposobie / V.G. Sugakov, O.S. Hvatov. – N. Novgorod: Izd-vo FGOU VPO «VGAVT», 2011. –180 s.
- [2] Sugakov V.G., Toshhev A.A. «Sistema vzbuzhdenija sinhronnogogeneratora s vneshnejforsirovkoj». – Rechnoj transport (XXI vek). 2014. – № 1 (66). – (s.70-71).
- [3] Pat. 2510698 RU, MPK N 02 R9/14. Sistema vzbuzhdenijasihronnogo generatora s vneshnej forsirovkoj / V.G. Sugakov, O.S. Hvatov, Ju.S. Malyshev, A.A. Toshhev, – № 2012151015/07 ;zajavl. 28.11.2012 ;opubl. 10.04.2014, Bjul. №10. – 7 s.
- [4] Sugakov V.G., Toshhev A.A., Malyshev Ju.S. «Analiz sistem avtomaticheskogo regulirovaniya vzbuzhdenija sinhronnyhgeneratorov» - XVIII Nizhegorodskaja sessijamolodyhuchenyh. Tehnicheskienauki: materialydokladov. 19-22 marta 2013g. / Otv. Zavyp. I.A.Zvereva – N.Novgorod: NIU RANHiGS, 2013 – 248s. – (s.195-197).
- [5] Chernyh I.V. «Modelirovanie jelektrrotehnicheskikh ustrojstv v MATLAB. SimPowerSystemsi Simulink.» – M.: DMK Press, 2007. – 288 s., il. (Serija «Proektirovanie»).
- [6] Korobko G.I., Popov S.V. «Modelirovanie jelementov sudovyh jelektronergeticheskikh sistem» N.Novgorod: Izd-vo FBOU VPO «VGAVT», 2011. – 32 s.
- [7] Korobko G.I., Popov S.V. «Modelirovanie sudovyh sinhronnyh generatorov i sistemih vzbuzhdenija» N.Novgorod: Izd-vo FBOU VPO «VGAVT», 2012. – 34 s.

Статья поступила в редакцию 24.01.2019 г.

УДК 629.12

К.Ю. Федоровский, заведующий кафедрой Энергоустановок морских судов и сооружений, профессор, д.т.н., e-mail: fedkonst@rambler.ru

Н.К. Федоровская, магистрант, e-mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», Морской институт

299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

ВЛИЯНИЕ ОБРАСТАНИЯ НА ТЕПЛООТВОД ЧЕРЕЗ СУДОВУЮ ОБШИВКУ

Ключевые слова: энергетическая установка, система охлаждения, теплоотвод, коэффициент теплопередачи, обрастание

В настоящее время широко распространены разомкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок. Такие системы всегда надежны и наносят экологический ущерб морям. Для решения проблемы предлагаются замкнутые системы охлаждения. Они исключают приём заборной охлаждающей воды. Теплоотдача в таких системах часто осуществляется через обшивку корпуса судна. Обшивка судовобрастает, что приводит к снижению эффективности теплоотвода. Возникает необходимость оценить влияние обрастания на теплоотвод. С этой целью были проведены экспериментальные исследования. Поверхность экспериментальной модели была покрыта мидиями. Они имеют наибольшие размеры и потому вносят наибольшее термическое сопротивление. Полученные результаты позволили определить данные, требуемые для расчета площади судовой обшивки.

В настоящее время для охлаждения энергетического оборудования судов широко используются разомкнутые системы охлаждения. Они предусматривают приём заборной охлаждающей воды. Во многих случаях такие системы обеспечивают достаточно эффективное охлаждение оборудования.

Однако имеются случаи, когда разомкнутые системы не могут в полной мере справиться с поставленной задачей. К их числу можно отнести, например, работу судна в загрязненной акватории. Принимаемая загрязненная заборная вода интенсивно засоряет систему и оказывает мощное коррозионно-эрозионное разрушение её элементов. Это снижает надежность эксплуатации.

Кроме того, разомкнутые системы охлаждения наносят существенный экологический ущерб морям и континентальным водоемам. Обычно системы охлаждения принимают воду с глубин до 10...15 м, на которых, как правило, сосредоточено наибольшее количество планктона [1]. По данным [2] в теплое время года масса зоопланктона в одном кубическом метре воды может достигать сотен граммов. Размеры планктона таковы, что он проходит через фильтр системы и попадает в насосы, теплообменники, арматуру и т.д. В результате под воздействием теплового и механического факторов [3, 4] значительное количество планктона, а иногда и весь планктон, погибает [5].

Хорошо известно, что планктон является основой пищевой цепочки, формирующейся в морях и континентальных водоемах. Поэтому его уничтожение практически подрывает рыбные ресурсы [5].

Таким образом, в силу указанных технических и экологических причин, целесообразно использовать замкнутые системы охлаждения, исключая прием заборной воды [6]. К такому выводу приходят и разработчики систем охлаждения энергоустановок береговых тепловых электростанций [7, 8]. Для судов дополнительным важ-

ным преимуществом замкнутых систем охлаждения является тот факт, что при их использовании удастся сэкономить 1...2 процента топлива [9].

Для отвода теплоты в таких системах могут использоваться различные судовые элементы, контактирующие с забортной водой. Известны конструкции с килевыми охладителями [10, 11, 12], бокскулерами [13] и др. Для отвода теплоты может использоваться подводная часть обшивки корпуса судна (рис. 1). Соответствующие теплообменные аппараты называются обшивочными (ОТОА). Судов с указанными системами становится все больше [14].

Хорошо известно, что обшивка корпуса судна подвержена обрастанию, что неизбежно ведет к снижению эффективности теплоотвода.

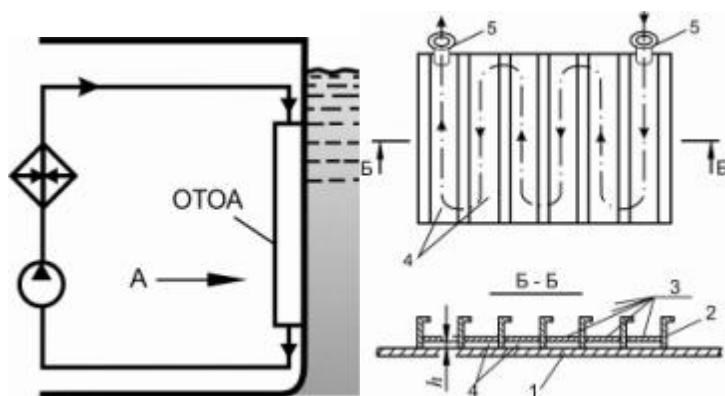


Рис. 1. Схема ОТОА: 1 – судовая обшивка;
2 – элементы набора корпуса судна; 3 – дополнительные листы;
4 – лабиринтный канал; 5 – парубки подвода и отвода теплоносителя

Видовой состав обрастателей и плотность их расположения на поверхности формируются под воздействием большого количества разнообразных факторов. Для судов технического флота и малоподвижных морских технических средств возможно даже наслоение обрастателей. Обычно основными видами обрастателей при этом являются болянус и мидии (рис. 2). Мидии обладают максимальными размерами среди обрастателей и, следовательно – максимальным термическим сопротивлением.



Рис. 2. Внешний вид болянуса и мидии

По этой причине исследование влияния обрастания на теплоотвод осуществлялось с использованием мидий. Эксперименты проводились на модели ОТОА площадью теплопередающей поверхности 1 м². Её поверхность была подвергнута искусственному обрастанию с учетом рекомендаций сотрудников ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского» РАН. Выловленные в бухте трех-четырёхлетние мидии (возраст мидий примерно соответствует междоковому периоду эксплуатации судна) сразу же переносились на теплообменник биссусными нитями к поверхности. После двух суток нахождения в проточной морской воде они достаточно прочно присоединялись к аппарату (рис. 3).

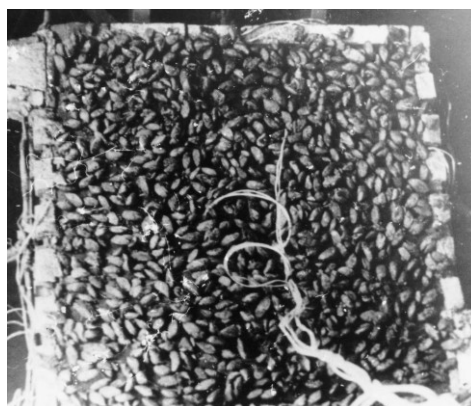


Рис. 3. Поверхность модели ОТОА, обросшая мидиями

На рисунке 4 представлен график зависимости коэффициента теплопередачи чистого $K_{\text{чист}}$ и обросшего $K_{\text{обр}}$ аппарата от температурного напора Δt между стенкой ОТОА и морской водой. Степень обрастания поверхности $F_{\text{обр}}/F$ составляла 0,7.

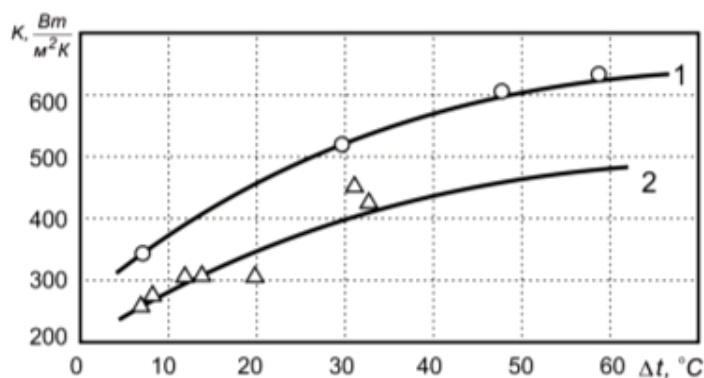


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопередачи K чистого (1) и обросшего (2) теплообменника от температурного напора Δt

При температурном напоре $\Delta t = 10$ °C значение $K_{\text{чист}} - K_{\text{обр}} = 90$ Вт/(м²·К). С увеличением температурного напора наблюдается увеличение параметра $K_{\text{чист}} - K_{\text{обр}}$. Если $\Delta t = 30$ °C, то $K_{\text{чист}} - K_{\text{обр}} = 130$ Вт/(м²·К), т.е. этот параметр увеличился в 1,4 раза по сравнению с $\Delta t = 10$ °C. В случае обрастания поверхности коэффициент теплопередачи равен:

$$K_{\text{обр}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{обр}}}{\lambda_{\text{обр}}}},$$

где α_1 и α_2 соответственно коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях судовой обшивки, Вт/(м²·К);

$\frac{\delta_{\text{обр}}}{\lambda_{\text{обр}}}$ и $\frac{\delta_c}{\lambda_c}$ соответственно термическое сопротивление слоя обрастателей и судовой обшивки, (м²·К)/Вт.

Поскольку

$$\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{K_{\text{чист}}}, \text{ то}$$

$$\frac{\delta_{\text{обр}}}{\lambda_{\text{обр}}} = \frac{1}{K_{\text{обр}}} - \frac{1}{K_{\text{чист}}}.$$

Термическое сопротивление обростателей зависит от плотности их расположения на поверхности. Результаты экспериментальных исследований при различных $F_{\text{обр}}/F$ показаны на рисунке 5. Увеличение площади $F_{\text{обр}}$ занимаемой обростателями приводит к повышению термического сопротивления. Зависимость $\delta_{\text{обр}}/\lambda_{\text{обр}}$ полностью обросшей поверхности ($F_{\text{обр}}/F = 1,0$) от температурного напора Δt представлена на рис. 6.

Обработка результатов ряда опытов показала, что отношение $K_{\text{обр}}/K_{\text{чист}}$ при прочих равных условиях зависит от $\bar{\alpha}_2$, которое, в частности, связано с ориентацией судовой обшивки. Так, при $F_{\text{обр}}/F = 0,68$ и $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ в случае днищевое расположение ОТОА $K_{\text{обр}}/K_{\text{чист}} = 0,9$, а в случае бортового расположения имеет место $K_{\text{обр}}/K_{\text{чист}} = 0,75$. Это можно объяснить изменением относительного вклада $\delta_{\text{обр}}/\lambda_{\text{обр}}$ и $1/\bar{\alpha}_2$ в общее термическое сопротивление.

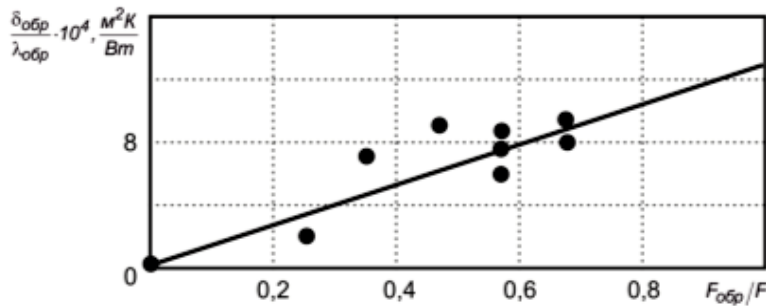


Рис. 5. Зависимость термического сопротивления обростателей $\delta_{\text{обр}}/\lambda_{\text{обр}}$ от плотности их расположения на поверхности $F_{\text{обр}}/F$ ($\Delta t \approx 10^\circ\text{C}$)

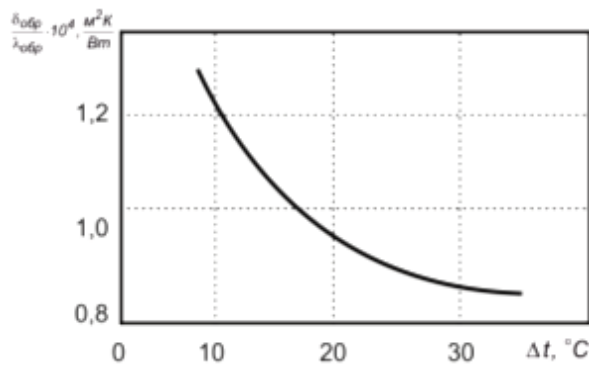


Рис. 6. Зависимость термического сопротивления $\delta_{\text{обр}}/\lambda_{\text{обр}}$ от температурного напора Δt при полностью обросшей поверхности $F_{\text{обр}}/F = 1,0$

Средняя толщина слоя мидий при проведении эксперимента, равнялась примерно 20...25 мм. Приняв этот размер за величину $\delta_{обр}$, можно определить значение $\lambda_{обр}$. Тогда в интервале $\Delta t = 5...35\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\lambda_{обр} \approx 0,039...0,063\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Поскольку обрастатели снижают теплоотвод, то это ведет к увеличению требуемой площади теплопередающей поверхности судовой обшивки. В таких условиях возникает закономерный вопрос о возможности предотвращения обрастания с учетом нагрева поверхности обшивки корпуса судна, вследствие теплоотвода через неё.

Известно, что для южных морей взрослые организмы и личинки обрастателей погибают при температуре воды $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5...15 минут [15], а при температуре воды $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ гибель наступает в течение 3...4 часов.

Было проведено исследование воздействия на обрастатели нагрева поверхности теплообменника. В результате проведенных экспериментов определено, что обрастатели погибают при температуре более $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, определяемой как среднеарифметическое температур наружной поверхности обшивки судна и забортной воды t_3 . При таких условиях мидии раскрывались, их бисусные нити отрывались от поверхности и, в конечном счете, они опадали. Данное обстоятельство дает возможность сравнительно просто очищать от обрастателей поверхность ОТОА без докования судна.

Применительно к ОТОА можно считать, что поддержание температуры наружной поверхности обшивки судна в пределах $40...44\text{ }^{\circ}\text{C}$ предотвратит присоединение к поверхности личинок обрастателей. На рисунке 7 показана зависимость требуемой для этого температуры охлаждаемого теплоносителя на внутренней поверхности теплопередающей стенки $\bar{t}_ж$ при различных температурах забортной воды t_3 . Так, при температуре $t_3 = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\bar{t}_ж = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при $t_3 = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\bar{t}_ж$ должна быть не менее $79\text{ }^{\circ}\text{C}$. С уменьшением t_3 происходит увеличение $\bar{\alpha}_2$, что, в свою очередь, снижает $\bar{t}_{с2}$ и требует дополнительного повышения $\bar{t}_ж$.

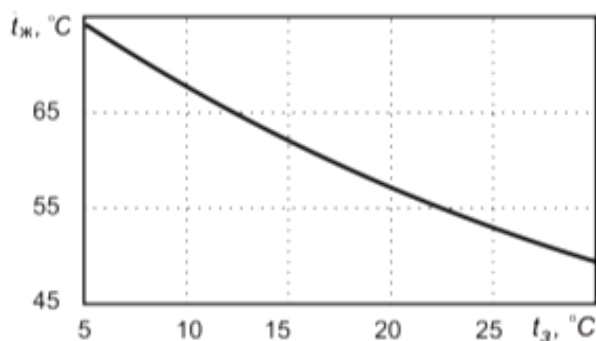


Рис. 7. Зависимость требуемой для гибели обрастателей температуры $\bar{t}_ж$ от температуры забортной воды t_3

Таким образом, при эксплуатации ОТОА необходимая для предотвращения обрастания поверхности температура $\bar{t}_ж$ может быть обеспечена, например, в случае охлаждения в ОТОА воды внутреннего контура дизелей. При этом повышение температурного уровня охлаждаемого теплоносителя не только способствует повышению коэффициента теплопередачи, но и может исключить обрастание поверхности, что положительно скажется на габаритах ОТОА.

Кроме этого, для борьбы с обрастателями в замкнутой системе охлаждения может быть предусмотрен дополнительный нагреватель, например паровой или электрический. Это позволяет при отключенном дизеле нагреть циркулирующую в системе пресную воду до требуемых для уничтожения обрастателей температур.

Полученные результаты позволяют учесть влияние обрастания на теплопередачу через обшивку корпуса судна или же предотвратить обрастание поверхности за счет термического воздействия.

Список литературы:

- [1] Моря СССР, Планктон. <http://www.bruo.ru/pages/150.html>
- [2] Мир животных. Зоопланктон Черного моря. <http://www.zooeco.com/strany/str-01-10-21.html>.
- [3] issues and environmental impacts associated with once-through cooling at california's coastal power plants california/ energy commission, Staff Report, June 2005 CEC-700-2005-013. <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-013/CEC-700-2005-013.PDF>.
- [4] how power plants kill fish & damage our waterways. <https://vault.sierraclub.org/.../2011-08-fish-blenders.pdf>.
- [5] Martin R. Speight, Peter A. Henderson. Marine Ecology: Concepts and Applications. – Wiley-Blackwell, 2013, – 272 p
- [6] Федоровский К.Ю. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок / К.Ю. Федоровский, Н.К. Федоровская. – Москва.: Вузский учебник: Инфра-М, 2017. – 160 с
- [7] Kari Lydersen. Power plant cooling rules aim to reduce fish kills. <http://midwestenergynews.com/2011/05/03/power-plant-cooling-rules-aim-to-reduce-fish-kills/>.
- [8] Vlad Dorjets. Many newer power plants have cooling systems that reuse water. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=14971>.
- [9] Шурпяк В.К. Учет особенностей систем охлаждения при оценке энергетической эффективности судов / науч.-техн. сб. Рос. Морского регистра судоходства, № 37. С.Петербург, 2014 с. 51–55
- [10] Specifying a Trawler. <http://bluewater-trawlers.blogspot.com/2008/11/hull-construction.html>.
- [11] Specialty Gridcooler Keel Coolers. <http://www.fernstrum.com/products/gridcooler-keel-cooler/specialty-coolers/>.
- [12] Duramax DuraCooler Patented Streamlined Header Design. <http://www.duramaxmarine.com/heat-duracooler.htm>.
- [13] Bloksma Box Cooler. <http://www.separatorequipment.com/products/kelvion/machine-cooling-systems/bloksma-box-cooler-k-type>.
- [14] Drydocking Services. <http://www.diversifiedmarineinc.com/Drydock.htm>.
- [15] Зевина Г.Б. Обрастание в морях СССР / Г.Б. Зевина. – М.: МГУ, 1972. – 920 с.

THE INFLUENCE OF FOULING ON THE HEAT SINK THROUGH THE SHIP'S PLATING

K.Yu. Fedorovsky, Dr. Sc. (Tech.), Head of the Department of Power Installations of Marine Ships and Structures, Professor

N.K. Fedorovskaya, Undergraduate, «Sevastopol State University»,
299053, Russia, Sevastopol, University str. 33

Keywords: power unit, cooling system, heat sink, heat transfer coefficient, fouling

Currently open cooling systems for ship power units are widespread. Such systems are not always reliable and cause environmental damage to the seas. Closed cooling systems are offered to solve the problem. They exclude the intake of cooling seawater. Heat sink in such systems is often carried out through the hull plating. The ship's plating is cluttered and it leads to the heat transfer efficiency decrease. The need to evaluate the fouling effect on the heat sink arises. For this purpose experimental studies were conducted. The experimental model surface was covered with mussels. They have the largest dimensions and, therefore, contribute to the greatest thermal resistance. The results obtained allowed us to determine the data required for the calculation of the ship's plating area.

References:

- [1] Sea USSR, Plankton. Available at: <http://www.bruo.ru/pages/150.html> (accessed 19 May 2016).
- [2] Animal world. Zooplankton of the Black Sea. Available at: <http://www.zooeco.com/strany/str-01-10-21.html> (accessed 19 May 2016).
- [3] issues and environmental impacts associated with once-through cooling at california's coastal power plants california/ energy commission, Staff Report, June 2005 CEC-700-2005-013. Available at: <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-013/CEC-700-2005-013.PDF> (accessed 15 January 2017).
- [4] how power plants kill fish & damage our waterways, Available at: <https://vault.sierraclub.org/.../2011-08-fish-blenders.pdf> (accessed 17 January 2017).
- [5] Martin R. Speight, Peter A. Henderson. Marine Ecology: Concepts and Applications. – Wiley-Blackwell, 2013, – 272 p.
- [6] Fedorovsky K.Yu., Fedorovskaya N.K., Closed cooling systems for ship power plants. Moscow, Infra-M, 2017. 160p.
- [7] Kari Lydersen. Power plant cooling rules aim to reduce fish kills. Available at: <http://midwest-energynews.com/2011/05/03/power-plant-cooling-rules-aim-to-reduce-fish-kills/> (accessed 16 January 2017).
- [8] Vlad Dorjets. Many newer power plants have cooling systems that reuse water. Available at: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=14971> (accessed 16 January 2017).
- [9] Shurpyak V.K. Consideration of the features of cooling systems in assessing the energy efficiency of ships / Russian Maritime Register of Shipping, – 2014. – No. 37. – pp. 51-55.
- [10] Specifying a Trawler. Available at: <http://bluewater-trawlers.blogspot.com/2008/11/hull-construction.html> (accessed 16 January 2017).
- [11] Specialty Gridcooler Keel Coolers. Available at: <http://www.fernstrum.com/products/gridcooler-keel-cooler/specialty-coolers/> (accessed 17 January 2017).
- [12] Duramax DuraCooler Patented Streamlined Header Design Available at: <http://www.duramax-marine.com/heat-duracooler.htm>. (accessed 17 January 2017).
- [13] Bloksma Box Cooler. Available at: <http://www.separatorequipment.com/products/kelvion/machine-cooling-systems/bloksma-box-cooler-k-type> (accessed 17 January 2017).
- [14] Drydocking Services. Available at: <http://www.diversifiedmarineinc.com/Drydock.htm> (accessed 24 January 2016).
- [15] Zevina G.B. Fouling in the seas of the USSR. Moscow: MSU, 1972. 920 p.

Статья поступила в редакцию 12.02.2019 г.

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 58
2018

Формат бумаги 70х180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 11,75. Уч.-изд. л. 16,45.
Заказ 234. Тираж 500.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ВГУВТ
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Свободная цена

Подписной индекс в каталоге
Агентства “Книга-Сервис”
70191

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство ПИ № ФС77-52021 от 29 ноября 2012

Адрес редакции и издателя:
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5

*Управление научных исследований
и инновационной деятельности
© ВГУВТ, 30.03.2019*