

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 48

Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н. Новгород, 2016

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.
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.	Владимиров А.А.	д.ф.н. проф.
Волков И.А.	д.ф.-м.н., проф.	Воробьев А.В.	д.э.н., проф.
Вычужанин В.В.	д.т.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.
Королев Г.Н.	д.ю.н., проф.	Королев Ю.Ю.	к.э.н., доц.
Коротких Ю.Г.	д.ф.-м.н., проф.	Костров В.Н.	д.э.н., проф.
Курников А.С.	д.т.н., проф.	Лаврентьева Е.А.	д.э.н., проф.
Мареев Е.А.	д.ф.-м.н., чл.-кор. РАН	Матвеев Ю.И.	д.т.н., проф.
Мигунова Т.Л.	д.ю.н., проф.	Мясников Е.Н.	д.ф.-м.н., проф.
Никущенко Д. В.	д.т.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.	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.
Шамов А.Н.	д.п.н., проф.	Этин В.Л.	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.
 Езов П.В. – Генеральный директор ООО «Си Тех»
 Ефремов Н.А. – Первый заместитель генерального директора ГУ 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 экологии и природных ресурсов Нижегородской области
 Платонов С.В. – Генеральный директор ОАО «ЦКБ по СПК» им. Р.Е. Алексеева, к.т.н.
 Сазонов И.Г. – Первый заместитель Министра промышленности Нижегородской области
 Столповицкий К.С. – и.о. Заместителя директора Департамента государственной политики в области морского и речного транспорта Минтранса России
 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.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I

Водные пути, порты и гидротехнические сооружения

Асташин А.Е., Соткина С.А., Бадьин М.М., Рыжов Е.В., Самойлов А.В.

Динамика развития сети элементарных водотоков севера лесостепной зоны Нижегородской области (на примере водосборного бассейна р. Сундовик) в период 1984–2016 гг. 15

Липатов И.В., Решетников М.А.

Математическая модель динамики поведения судна при движении в стесненных условиях (на примере подходного канала шлюза) 24

Ситнов А.Н., Гоголев А.Е., Матюгин М.А.

Методологические особенности расчета водохозяйственных балансов и их результаты по зоне водохранилища нижегородского низконапорного гидроузла 34

Раздел II

Информатика, системы управления, телекоммуникации и радиолокация

Грошева Л.С., Плющев В.И.

Анализ эффективности алгоритмов удержания судна с колесным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории 47

Кувыкина Е.В.

Изучение системы управления конфликтными транспортными потоками в классе алгоритмов с дообслуживанием 56

Федоткин М.А., Рачинская М.А.

Модель функционирования системы управления и обслуживания потоков разной интенсивности и приоритетности 62

Раздел III

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

Васькин С.В., Этин В.Л., Иголина М.В.

Конструктивно-технологические характеристики систем аэрации сточных вод в судовых сборных цистернах 73

Гирин С.Н., Воронина Ю.Е., Платов Ю.И.

Использование транспортного дока для проводки судов через мелководный участок реки Волга: Нижний Новгород – Городец 83

Грамузов Е.М., Ларин А.Г.	
Влияние размерений и формы подводного судна на возможность погружения в ледовых условиях	105
Ермаков С.А., Кунаев А.В., Капустин И.А., Мольков А.А., Сергиевская И.А., Шомина О.В.	
Эксперименты по дистанционному зондированию органических пленок с использованием многочастотного радиолокатора микроволнового диапазона	111
Запорожцева Н.И.	
Возможности использования отечественных стандартов и технических условий в системах автоматизированного проектирования	121
Игонина М.В., Чебан Е.Ю., Володченко Е.В., Бердникова Е.Ю., Рачкова Е.С., Молькова Н.В., Юртаева К.С., Дмитриева М.С.	
Распределение показателей качества воды в озерной части Горьковского водохранилища и на участке р. Волга выше г. Н. Новгород в 2016 г. Предварительные результаты	129
Плотникова В.Н., Сухарева Д.С.	
Обзор и анализ проблемы разделения твёрдых бытовых отходов на уровне населения в России	137
Преснов С.В., Кочнев Ю.А.	
Текущее состояние транспортного флота центрального региона России	142
Суров О.Э., Парняков А.В.	
Особенности дизайна современных кают на круизном судне	147
Чебан Е.Ю., Игонина М.В., Капустин И.А., Мольков А.А.	
Исследование особенностей динамики разливов нефти в кильватерном следе за счеленными судами	152
Яковлев П.В., Горбанева Е.А.	
Численное моделирование процесса теплообмена при перевозке высоковязких жидкостей	162

Раздел IV

Финансовые и учетно-аналитические проблемы современной экономики

Веселов Г.В., Минеев В.И., Корченкова Е.И., Шишкина М.А.	
Эффективность контейнеризации мелкопартионных перевозок в коридоре Север-Юг-Север: опыт, проблемы, эффективность	169
Крайнова В.В., Гречко Н.М.	
Анализ тарифной политики ФБУ «администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» на услуги водоснабжения и орошения в 2017–2023 гг.	173
Кудрявцева И.Ю.	
Обоснование направлений развития внутреннего контроля на водном транспорте	181

Трухинова О.Л.

Методы выбора решений по размещению проектов в условиях кризиса 188

Шамонина К.С., Щепетова В.Н.

Матрица рисков предприятий внутреннего водного транспорта 196

Раздел V

Экономика, логистика и управление на транспорте

Дворникова Е.Н.

Состояние лицензирования отдельных видов деятельности на морском и речном транспорте 205

Платов Ю.И., Никулина М.В.

Проблема оценки эффективности управления работой флота 210

Раздел VI

Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Ведерников Ю.В., Ведерников Д.Ю.

Современное состояние морского транспортного флота под флагом России на Дальнем Востоке 215

Клементьев А.Н.

Математическая модель плоского движения судна при заходе в камеру шлюза предельно малой ширины 219

Криницын А.С., Тихонов В.И., Хвостов Р.С.

Определение поперечных составляющих корпусных усилий с учетом влияния мелководья 223

Лобанов В.А., Хвостов Р.С.

Общие сведения о САЕ-системах. Особенности их использования в задачах ледотехники 229

Осокин М.В.

Алгоритм расчёта продолжительности рейса с использованием карт погоды 249

Раздел VII

Эксплуатация судового энергетического оборудования

Безюков О.К., Денисова А.А.

Выбор эталонов и определение весовых коэффициентов при оценке показателей качества судовых контрольно-измерительных приборов 261

Бурмакин О.А., Шилов М.П., Малышев Ю.С., Попов С.В.	
Имитационная модель судовой электростанции	272
Коробко И.Г.	
Регулирование выходного напряжения преобразователя частоты дизель-генераторного агрегата с изменяемой частотой вращения.....	279
Сугаков В.Г.	
Интеллектуальные датчики и приемные реле систем автоматического управления судовыми электростанциями.....	285

Раздел VIII

Философия. Общество. Культура

Балакиин А.С.	
Теоретические и методологические аспекты культурологической концепции А.А. Богданова	293
Владимиров А.А.	
Мировоззрение и идеология	297
Зеленов Л.А.	
Материалистический монизм.....	301
Щуров В.А., Шаталов-Давыдов Д.Ю.	
Адаптация и устойчивое развитие: металингвистический анализ долгосрочной стратегии по борьбе с изменением климата	304

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

BULLETIN
of the Volga State Academy
of Water Transport

Issue 48

VSUWT publishing house
N. Novgorod, 2016

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.), Professor	Bik Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor
Vaganov A.B/	Ph.D. Associate Professor	Vladimirov A.A.	D.Sc.(Phil.), Professor
Volkov I.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Professor	Vorobjov A.V.	Ph.D.(Econ.), Professor
Vychuzhanin	D.Sc.(Tech.), Professor	Girin S.N.	Ph.D. Associate Professor
Gramuzov E.M.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ermakov S.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Professor
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
Korolev G.N.	D.Sc.(Jur.), Professor	Korolev Y.Y.	Ph.D. Associate Professor
Korotkih Y.G.	D.Sc.(Phys.&Math.), 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.) Professor	Matveev Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor
Migunova T.L.	D.Sc.(Jur.), Professor	Myasnikov E.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Professor
Nikushenko D.V.	D.Sc.(Tech.), 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	Urtmintsev Y.N.	D.Sc.(Tech.), Professor
Fedosenko Y.S.	D.Sc.(Tech.), Professor	Frank Wende	Ph.D. Associate Professor
Khvatov O.S.	D.Sc.(Tech.), Professor	Tsvetkov Yu.N.	D.Sc.(Tech.), Professor
Shamov A.N.	D.Sc.(Ped.), Professor	Etin V.L.	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 of Environment and Natural Resources, the Nizhny Novgorod Region
 Platonov S.V. - General Director of JSC "CDB SEC on" them. RD Alekseev, Ph.D.
 Sazonov I.G. - First Deputy Minister of Industry of Nizhny Novgorod Region
 Stolpovitsky KS - Acting Deputy Director of departments of the state policy in the field of Maritime and River Transport Russia
 Theodore de Jonge - General Director of «Numeriek Centrum Groningen BV», The Netherlands
 Frank Wende - Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, Germany, PhD.
 Shatalov V.V. - General Director of CB "Vympel", Professor

CONTENTS

Section I

Waterways, ports and hydraulic engineering constructions

Astashin A.E., Sotkina S.A., Badyin M.M., Ryzhov E.V., Samoilov A.V.

Dynamics of development of network of elementary water currents of the north of the forest-steppe zone of the Nizhny Novgorod region (on the example of the catchment basin of the river Sundovik) during 1984–2016 15

Lipatov I.V., Reshetnikov M.A.

The ship behavior dynamics mathematical model while driving under the constrained conditions (considering the lock approach channel)..... 24

Sitnov A.S., Gogolev A.E., Matyugin M.A.

The water resources balances calculations methodological features and their results on Nizhny Novgorod low-pressure hydroengineering complex reservoir area..... 34

Section II

Informatics, management systems, telecommunications and radiolocation

Grosheva L.S., Pluyshchaev V.I.

The paddle wheels vessel held on a given course algorithms efficiency analysis 47

Kuvykina E.V.

The conflict traffic flows control system investigation in the after-service algorithms class..... 56

Fedotkin M.A., Ratchinskaya M.A.

The functioning model for the different intensity and priority flows control and service system 62

Section III

Shipbuilding, ship repair, and ecological safety of the ship

Vaskin S.V., Etin V.L., Igonina M.V.

The wastewater aeration systems for ships collection tanks constructive and technological characteristics 73

Girin S.N., Voronina Yu. Ye., Platov Yu. I.

The transport dock using for the ships passage through the Volga river shallow section Nizhny Novgorod – Gorodets 83

Gramuzov E.M., Larin A.G.	
The underwater vessel ratio load and shape influence on the immersion possibility in the ice conditions	105
Ermakov S.A., Kupaev A.V., Kapustin I.A., Molkov A.A., Sergievskaya I.A., Shomina O.V.	
Experiments on remote sensing of organic films using multi frequency microwave radar	111
Zaporozhtseva N.I.	
The domestic standards and technical conditions using possibilities in the computer-aided design (CAD).....	121
Igonina M.V., Cheban E.Yu., Volodchenko E.V., Berdnikova E.Yu., Rachkova E.S., Molkova N.V., Yurtaeva K.S., Dmitriev M.N.	
Preliminary results of the water quality's research in the lacustrine of Gorky Reservoir and Volga and Oka rivers above Nizhny Novgorod on 2016.....	129
Plotnikova V.N., Sukhareva D.S.	
The solid waste separation problem review and analysis at the Russian population level.....	137
Presnov S.V., Kochnev Yu.A.	
The Central Russia transport shipping current state	142
Surov O.E., Parnyakov A.V.	
The modern staterooms design peculiarities on a cruise ship.....	147
Cheban E.Yu., Kapustin I.A., Molkov A.A., Igonina M.V.	
Research of oil spill dynamics in vessel's wake current generated by «ship to ship» mooring	152
Yakovlev P.V., Gorbaneva E.A.	
The heat transfer process numerical modelling during the high viscosity liquids transportation	162

Section IV

Financial and accounting-analytical problems of the modern economy

Veselov G.V., Mineev V.I., Korchenkova E.I., Shishkina M.A.	
Bulk consignments containerization efficiency in the corridor North-South-North: experience, problems, efficiency.....	169
Krainova V.V., Grechko N.V.	
The FBU «Volgo-Don basin inland waterways administration» tariff policy analysis for the water supply and irrigation services o in 2017–2023	173
Kudryavtseva I.Yu.	
Water transort internal control development substantiation.....	181

<i>Trukhinova O.L.</i>	
Making decisions methods in reaction to offering projects in the crisis conditions.....	188
<i>Shamonina K.S., Shepetova V.N.</i>	
Internal water transport enterprises risk matrix.....	196

Section V

Economics, logistics and transport management

<i>Dvornikova E.N.</i>	
Some certainwater and sea transport activities types state licensing	205
<i>Platov Yu.I., Nikulina M.V.</i>	
Transport shipping management efficiency estimation	210

Section VI

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

<i>Vedernikov Y.V., Vedernikov D.Y.</i>	
The Russian maritime transport shipping current state in the Far East.....	215
<i>Klementiev A.N.</i>	
The plane ship movement mathematical model while entering an extremely small width lock-chamber.....	219
<i>Krinitzin A.S., Tikhonov V.I., Khvostov R.S.</i>	
The transverse components hull efforts determination considering the shallow water impact.....	223
<i>Lobanov V.A., Khvostov R.S.</i>	
Computer-aided technologies application for the sea and river ice technology prob- lems solution.....	229
<i>Osokin M.V.</i>	
Voyage duration calculation algorithm using the weather charts.....	249

Section VII

Operation of ship power equipment

<i>Besukov O.K., Denisova A.A.</i>	
Standards selection and weight coefficient quality indicators definitions in marine instrumentation estimation.....	261
<i>Burmakin O.A., Shilov M.P., Malyshev Y.S., Popov S.V.</i>	
A ship power plant simulation model.....	272

Korobko I.G.

The output voltage regulation in relation to the inverter in diesel generator unit with variable speed 279

Sugakov V.G.

The ship electrostations automatic control systems smart sensors and receiving relays.... 285

Section VIII

Philosophy. Society. Culture

Balakshin A.S.

A.A. Bagdanov's culturalogical concept theoretical and methodological aspects..... 293

Vladimirov A.A.

World outlook and ideology 297

Zelenov L.A.

Materialistic monism..... 301

Schurov V.A., Shatalov-Davydov D.Y.

Adaptation and sustainable development: long-term strategy metalinguistic analysis concerning climate change prevention 304

Раздел I

**Водные пути, порты
и гидротехнические сооружения**



Section I

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



УДК 910.3

*А.Е. Асташин, к.г.н., доцент ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»
С.А. Соткина, к.г.н., зав. кафедрой ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»
М.М. Бадбин, к.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»
Е.В. Рыжов, соискатель, ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»
А.В. Самойлов, аспирант, ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина»
603005, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 1.*

**ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СЕТИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
ВОДОТОКОВ СЕВЕРА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
(НА ПРИМЕРЕ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА Р. СУНДОВИК)
В ПЕРИОД 1984–2016 гг.¹**

Ключевые слова: *элементарный водоток, малая река, приток, водосборный бассейн, лесостепная зона.*

В работе рассмотрена динамика развития сети элементарных водотоков севера лесостепной зоны Нижегородской области и проведён анализ факторов, определяющих этот процесс. Установлен факт роста протяжённости элементарных водотоков. Ведущим фактором признан рост лесистости на фоне увеличения годовых сумм осадков.

Волга является одной из важнейших осей развития экономики страны. В бассейне р. Волга сосредоточено 45% промышленного и 50% сельскохозяйственного производства России, проживает около 60 млн. человек [1]. Водоснабжение городов и предприятий осуществляется, главным образом, речной водой. Кроме того, Волга – важная транспортная магистраль. Будучи важнейшим хозяйственным объектом, Волга лежит в центре внимания специалистов самого разного профиля. Большую обеспокоенность водопользователей и исследователей Волги вызывают проблемы загрязнения вод, деформации русла, изменения гидрологического режима и пр.

Очевидно, что изучение Волги в отрыве от питающих её рек не позволяет установить причин многих процессов и явлений, определяющих её состояние и развитие, и выработать обоснованные прогнозы. Русловая сеть Волги включает до 151 000 водотоков с длиной более 10 км [1, с. 48]. Подавляющее большинство их относится к категории малых рек.

Малая река – это река, расположенная в одной географической зоне и имеющая длину не более 100 км и площадь бассейна обычно в пределах 1–2 тыс. км² [2]. В бассейнах малых рек формируется около 50% суммарного речного стока, а протяженность их гидрографической сети – 94,6% суммарной [3, с. 5].

Изучение факторов, определяющих гидрологические характеристики Волги, целесообразно выполнять с учётом ландшафтной специфики водосборного бассейна. Ввиду того, что малая река по определению располагается в одной природной зоне, её водосборный бассейн является вполне репрезентативным полигоном для проведения исследований формирования суммарного речного стока. В Нижегородской области работы по изучению бассейнов рек на уровне ландшафтов охватывают пока ограниченные территории – бассейны рр. Кудьма и Линда [4, 5]. В настоящей работе представлены результаты ландшафтно-гидрологического анализа водосборного бассейна

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

р. Сундовик, расположенной в северной части лесостепной зоны Нижегородской области.

Волга протекает в пределах трёх природных зон: лесной, лесостепной и степной. Нижегородская область, располагаясь в лесной и лесостепной зонах, является удобной территорией для выявления закономерностей формирования речного стока.

Под элементарными водотоками мы, в соответствии с воззрениями Р. Хортонa [6], понимаем реки 1-го порядка – небольшие водотоки, не имеющие притоков. Порядок реки увеличивается на единицу при слиянии однопорядковых водотоков. При этом впадение каждого притока меньшего порядка во внимание не принимается.

Водотоки первого порядка как начальный элемент речной сети имеют большое значение в формировании стока и сильно реагируют на изменения ландшафтных условий. Возникновение водотоков определяется количеством атмосферных осадков, уклоном местности, коэффициентом фильтрации пород, характером растительности и т.п. [7].

Водотоки первого порядка наиболее зависимы от совокупности локальных физико-географических факторов, воздействующих на формирование стока, что можно использовать для оценки этого влияния. При этом наиболее сложная задача – это установить соответствие между параметром речной сети и искомым фактором, для чего нужен комплексный подход [8]. Ввиду обозначенной выше чувствительности элементарных водотоков к изменениям ландшафтных условий, они (водотоки) могут быть использованы в качестве индикатора ландшафтных процессов формирования стока, их направленности и определяющих их факторов.

Цель работы – изучение динамики развития сети элементарных водотоков лесостепной зоны как фактора, существенно влияющего на гидрологический режим Волги. В качестве полигона исследований был выбран водосборный бассейн р. Сундовик – малой реки, расположенной в лесостепном правобережье Нижегородской области.

Ввиду того, что элементарный водоток чрезвычайно зависим от местных ландшафтных условий, были поставлены следующие *задачи исследования*:

- 1) установление направленности динамики элементарных водотоков;
- 2) установление факторов динамики элементарных водотоков;
- 3) выявление иерархии значимости факторов динамики элементарных водотоков.

Гипотеза исследования: на динамику элементарных водотоков оказывает влияние комплекс факторов – природных и антропогенных. Наиболее изменчивыми во времени, а значит, и определяющими динамику элементарных водотоков в короткие периоды наблюдений, являются антропогенные факторы. Природные факторы отличаются большей статичностью, однако даже за рассматриваемый период (1984-2016 гг.) произошли заметные изменения климатических характеристик, претерпели некоторые изменения объекты гидрографической сети (созданы или ликвидированы пруды), почвенный покров; лесистость – значимый и сильно детерминированный хозяйственной активностью фактор. Литогенная основа и, в меньшей степени, рельеф, отличаются статичностью (в пределах рассматриваемого периода).

Ввиду того, что данных об объёмах стока на элементарных водотоках бассейна р. Сундовик мы не имеем, за основную характеристику состояния элементарного водотока нами была принята его протяжённость.

Временной отрезок, взятый нами для установления динамики элементарных водотоков, охватывает период от 1984 по 2016 гг. Это объясняется существованием принципиальной возможности проследить изменение протяжённости элементарных водотоков путём сравнения данных топографических карт 1989 г., составленных по состоянию местности на 1984 г., и результатов полевых исследований, в ходе которых была установлена современная локализация истоков водотоков.

Топографические карты масштаба 1:100 000, отражающие положение истоков элементарных водотоков, были привязаны к системе координат в ГИС QuantumGIS. Затем в проект были добавлены точки, отражающие современное положение истоков

ряда элементарных водотоков, выбранных в качестве ключевых. Данные о современном положении истоков получены в ходе полевых работ, координаты зафиксированы с помощью навигатора Garmin. Расстояние по тальвегу между точкой положения истока водотока в 1984 г. и в 2016 г. и составляет прирост (или сокращение) длины водотока.

В соответствии с перечнем задач исследования, на полевом этапе проводились комплексные ландшафтно-гидрологические исследования элементарных водотоков в пределах водосборного бассейна р. Сундовик, которые включали, помимо установления положения истока, описание литогенной основы; нивелирование предруслового участка тальвега и начального отрезка русла водотока для дальнейшего построения продольного профиля; описание состояния водотоков, растительного покрова и характера хозяйственной деятельности, а также фотофиксацию на каждом пикете технического нивелирования.

Материалы и методы исследования. Ландшафтно-гидрологические исследования на территории бассейна р. Сундовик основаны на результатах анализа тематических карт [9-16], статистических данных, специальной литературы, данных дистанционного зондирования Земли и полевых исследований (2012-2016 гг.), в ходе которых было обследовано 120 ключевых точек, выполнены описания типичных урочищ, заложены продольные профили гидрологического обследования на 9 элементарных водотоках, испытавших прирост длины; на 3 водотоках, не изменивших состояния (оставшихся пересыхающими) произведено визуальное обследование. Обобщение, расчёты и пространственный анализ данных были проведены с помощью ГИС Quantum GIS.

Результаты и обсуждение

Рассматривая вопросы динамики малых рек, можно отметить отчётливо выраженную тенденцию деградации сети малых рек в степной и лесостепной зонах юга России. Так, Ф.Н. Лисецкий и А.Г. Папанин, рассматривая территорию Белгородской области, отмечает, что «сверхнормативные эрозионные потери почвы приводят к тому, что в лесостепи интенсивность заиления малых рек постоянно увеличивается, а в степной зоне темпы отмирания рек стремительно растут» [17, с. 48].

А.П. Дедков с соавторами, рассматривая территорию Среднего Поволжья, указывают на то, что «в последние столетия сотни малых рек (I и II порядков) прекратили свое существование в качестве постоянных водотоков» [18].

Традиционно к числу факторов, определяющих состояние и динамику элементарных водотоков относят:

- литогенную основу;
- рельеф;
- климат;
- гидрографическую сеть;
- почвенный покров;
- лесистость;
- характер хозяйственной деятельности.

Элементарные водотоки, в отличие от средних, и, особенно, крупных рек, наряду с зональными факторами испытывают мощное действие местных условий, в силу чего даже на территории водосборного бассейна малой реки могут иметь место различные траектории развития элементарных водотоков, определяемые комбинацией ландшафтных факторов на локальном уровне.

Литогенная основа территории оказывает влияние на состояние и динамику элементарных водотоков через процессы фильтрации и испарения.

Водопроницаемость грунта отражает коэффициент фильтрации, представляющий собой скорость фильтрации при градиенте напора, равном единице (табл. 1).

Большое значение имеет структура, расположение и мощность водоносных и водоупорных горизонтов, трещиноватость и закарстованность пород. Ввиду того, что элементарные водотоки имеют, как правило, неглубокий врез, вскрывающий водо-

носный горизонт грунтовых вод, подземную составляющую баланса питания водотока определяют свойства четвертичных пород.

Таблица 1

Ориентировочные значения коэффициента фильтрации грунтов [19]

Грунт	Коэффициент фильтрации, м ³ /сут.
Галечниковый (чистый)	>200
Гравийный (чистый)	100-200
Крупнообломочный с песчаным заполнителем	100-150
Песок:	
гравелистый	50-100
крупный	25-75
средней крупности	10-25
мелкий	2-10
пылеватый	0,1-2
Супесь	0,1-0,7
Суглинок	0,005-0,4
Глина	< 0,005
Торф:	
слаборазложившийся	1-4
среднеразложившийся	0,15-1
сильноразложившийся	0,1-0,15

Рельеф – чрезвычайно значимый фактор, в значительной степени определяющий не только модуль стока водотока, но и морфометрические характеристики его бассейна. Амплитуда уровневых поверхностей определяет значения уклонов в разных частях водосборного бассейна. Уклон, в свою очередь, влияет на густоту овражно-балочной сети: чем больше уклон, тем выше густота. По данным [20], при повышении площади оврагов и балок до 10% и более от площади водосбора наблюдается заметное усиление влияния овражно-балочной сети на сток половодья.

При уменьшении уклона эродирующая и транспортирующая способность водотока сокращается, возрастает роль аккумуляции влекомого стока, происходит заиливание русла, поверхностный сток переходит в подземный.

Климат определяет водный баланс территории, и, в большинстве случаев, оказывает прямое влияние на модуль стока и гидрограф водотока.

Гидрографическая сеть помимо рек, включает родники, временные водотоки, болота, озёра, пруды, водохранилища. Родники и, зачастую, временные водотоки, являются истоками ряда элементарных водотоков. Болота, как правило, способствуют сохранению элементарных водотоков и стабилизации гидрографа. Реки для элементарного водотока выполняют роль базиса эрозии и во многом определяют положение урвневной поверхности подземных вод, что оказывает сильное влияние на модуль стока и гидрограф водотока. Создание прудов и водохранилищ с одной стороны способствуют повышению уровня грунтовых вод, что влечёт увеличение стока элементарных водотоков и стабилизирует их гидрограф, с другой стороны, повышается базис эрозии, что приводит к сокращению скорости потока и усилению осадконакопления в русле. Кроме того, площадь поверхности пруда или водохранилища, гораздо бо́льшая, по сравнению с площадью поверхности элементарного водотока, провоцирует резкий рост расхода воды на испарение и в ряде случаев пруд оказывается конечной точкой элементарного водотока.

Почвенный покров влияет на характер хозяйственной деятельности, в первую очередь – на лесистость и распаханность. Как правило, высокоплодородные почвы – чернозёмы и серые лесные – интенсивно используются в сельском хозяйстве, большой процент площадей отведён под пашни; лесистость, напротив, минимальна. Эрозионные процессы, приводящие, в итоге, к заилению водотоков, в наибольшей степени приурочены к ареалам плодородных почв. Напротив, скудные подзолистые почвы заняты, как правило, лесными массивами, эрозия там протекает сравнительно медленно, деградация водотоков вследствие заиления минимальна.

Лесистость. Лесистость имеет неоднозначное, но, в целом, положительное влияние на развитие сети водотоков, в особенно выраженной степени – элементарных. С одной стороны, древесная растительность, впитывая влагу из почвы и расходуя её на транспирацию, способствует осушению территории. Так, например, известен факт применения эвкалиптов при осушении Колхиды в Грузинской АССР.

Однако, рассматривая умеренные широты, следует отметить, что транспирационные возможности растительности значительно ниже, чем у растений экваториально-тропической зоны. Кроме того, лес, обладая большей шероховатостью, вызывает более активное выпадение осадков, хотя, как отмечают Б.П. Ткачёв и В.И. Булатов, «отличия значений осадков и испарения в лесу и поле незначительны, составляют, как правило, не более 10-15%» [21, с. 38].

В.М. Мишон установил положительную роль леса в формировании снегозапасов, определяющих весенний расход воды [22].

А.П. Дедков [23] с соавторами отмечает, что «сокращение лесов и распашка земель вызывали увеличение поверхностного стока воды и уменьшение подземного. Это перераспределение стока имеет два следствия, которые и привели к деградации сети малых рек». Увеличение поверхностного стока воды влечёт активизацию эрозии, продукты которой, оседая, приводят к заилению малых рек. Уменьшение подземного стока приводит к понижению уровня грунтовых вод и деградации питаемых ими элементарных водотоков.

Важное значение для лесостепной зоны имеет размер лесного массива. Согласно исследованиям Ю.Л. Раунера, при площади лесного массива 10, 100, 1000 км² увеличение суммарного испарения с леса составляет соответственно 16, 7 и 3% [24], то есть интенсивность потерь грунтовых вод на транспирацию в целом тем меньше, чем больше площадь лесного массива.

Характер хозяйственной деятельности, очевидно, имеет большое влияние на состояние элементарных водотоков. Во-первых, антропогенное воздействие проявляется в перераспределении площадей, занятых лесом: их сокращении вследствие вырубок, или увеличении – путём создания площадных ООПТ, лесополос и пр.

Даже характер посевов и алгоритм сельскохозяйственного производства оказывают неодинаковое воздействие на состояние элементарных водотоков. По наблюдениям А.М. Шульгина «наличие растительности или сухостойной растительности на полях зимой способствует большему (в пределах 115-135%) накоплению снега по сравнению с зяблевой пахотой. Снегозадержание в зависимости от природной зоны и условий зимы позволяет увеличить запасы воды в снеге на полях в 1,5-2 раза» [25].

Характеристика района проведения исследования

Бассейн р. Сундовик расположен в северной части Приволжской возвышенности, представляет собой асимметричную возвышенную сильно расчленённую равнину, имеющую общий уклон с юго-запада на северо-восток, спускающуюся в сторону р. Волги. Бассейн имеет вытянутую с юго-запада на северо-восток трапециевидную конфигурацию.

Литогенной основой являются верхнепермские отложения, на водоразделах сохранились юрские отложения, локально на северо-восточной окраине бассейна – меловые отложения [11, 12].

Четвертичные отложения образуют маломощный, но почти сплошной покров, представленный, главным образом, комплексом отложений перигляциальных зон днепровского, московского и калининского оледенений, элювиально-делювиальных образований водоразделов, делювиально-солифлюкционных образований склонов и аллювиально-делювиальных выполнений древних балок (суглинки, лёссовидные суглинки, внизу – пески, глинистые пески, алевриты, глины, пески с гравием, гальками). На водоразделах, главным образом, на юго-западных, южных, и юго-восточных окраинах бассейна, распространены ледниковые отложения днепровского оледенения (суглинки с гравием, гальками; россыпи галек, валунов; прослой песка). В южной части бассейна на склонах речных долин распространены подморенные, межморенные и надморенные флювиогляциальные объединённые и нерасчленённые отложения разных стадий наступления и деградации днепровского ледника. В долинах рек – аллювиальные отложения (пески, в основании с гравием, гальками). На обрывистых и крутых склонах речных долин на поверхность выходят дочетвертичные породы [13, 14].

Абсолютные отметки поверхности расположены в диапазоне от 235 м (на юго-западной окраине бассейна) до 63,6 м (меженный уровень устья р. Сундовик на северо-восточной окраине бассейна) [15].

Климат бассейна имеет следующие характеристики: средняя температура июля +19,1 °С, января -10,3 °С. Среднее годовое количество осадков 640 мм.

Основные численные характеристики, отражающие ландшафтную специфику водосборного бассейна р. Сундовик, были рассчитаны с помощью геоинформационной программы Quantum GIS. Согласно произведённым расчетам, площадь бассейна составляет 1 107 км², длина р. Сундовик составляет 101,9 км, суммарная длина постоянных водотоков 414 км, густота речной сети 0,37 км/км², суммарная площадь лесов 241,9 км², лесистость – 21,85 %. Общее число водотоков – 316, из них 225 (71%) – притоки 1 порядка. Длина водотока несколько превышает пороговое значение малой реки, однако, принимая во внимание площадь водосборного бассейна р. Сундовик, мы всё же относим её к категории малых рек.

В бассейне р. Сундовик развиты преимущественно серые лесные суглинистые почвы: светло-серые лесные легкосуглинистые в северной части, серые лесные суглинистые – в южной, тёмно-серые лесные суглинистые – в центральной части бассейна. Аллювиальные дерновые почвы разного механического состава распространены на поймах рек [16].

Лесные массивы тяготеют либо к районам распространения светло-серых лесных легкосуглинистых почв и сохранились в силу относительно низкого их плодородия, либо к склоновым участкам, оврагам и поймам рек, непригодным или неудобным для распашки, выпаса скота и сенокосения. Доминируют смешанные и широколиственные леса; встречаются хвойные леса, как правило, искусственные.

Более плодородные серые и тёмно-серые лесные суглинистые почвы используются в сельском хозяйстве, лесистость в полях распространения этих подтипов почв существенно ниже, древесная растительность сохранилась преимущественно в оврагах и балках, на склонах; представлена широколиственными лесами.

Территория бассейна р. Сундовик лежит в пределах двух ландшафтных районов – Лесостепного Приволжья и Центрального остепнённого [9].

Приступая к изучению динамики элементарных водотоков, мы, будучи уверенными в том, что на севере нижегородской лесостепи имеют место те же процессы деградации малых рек, в том числе и элементарных водотоков, ставили задачей установление не столько направленности динамики, сколько выявления интенсивности деградации водотоков. Однако полученные в ходе исследований результаты показали, что в пределах рассматриваемой территории на протяжении последних трёх десятилетий не только не наблюдается деградация, но, в ряде случаев, происходит развитие

сети элементарных водотоков – временные водотоки становятся постоянными, появляются постоянные водотоки на днищах прежде лишённых стока оврагов и балок.

Анализируя современное состояние и динамику элементарных водотоков бассейна р. Сундовик за последние 32 года, следует отметить неодинаковую степень влияния различных факторов на данный процесс в пределах рассматриваемой территории.

Так, например, литогенная основа и почвенный покров, не имеющие существенных различий в бассейне р. Сундовик, и мало изменившие своё состояние за рассматриваемый период, не позволяют выявить характер их воздействия на развитие сети элементарных водотоков.

Сравнение уклонов поверхностей тальвегов в истоках обследованных водотоков показало серьёзный разброс показателей крутизны – от 0,02 до 0,3 – при неизменном росте протяжённости водотока за рассматриваемый период. Это позволяет сделать вывод о незначительном влиянии рельефа на динамику элементарных водотоков на рассматриваемой территории.

Климат, ввиду ограниченной площади рассматриваемой территории, не может рассматриваться в качестве критерия пространственной дифференциации водотоков, однако, в ходе изучения временной динамики выпадения осадков, отчётливо прослеживается их огромная роль в развитии элементарных водотоков. Так, анализируя динамику годовых сумм осадков по ст. Лысково (расположена на севере бассейна р. Сундовик), было установлено, что за период наблюдений (1936-2015 гг.) общее увеличение суммы осадков составляет 17,8%. За период 1984-2012 гг. рост суммы осадков составил 30%, а если взять за точку отсчёта ближайший к 1984 г. минимум осадков – 1982 г. (371,4 мм/год) – то динамика роста осадков составляет 41,2%.

Таким образом, наблюдающийся в бассейне р. Сундовик рост протяжённости элементарных водотоков и появление новых постоянных элементарных водотоков вполне закономерны. Однако динамика выпадения осадков в Нижегородской и Белгородской областях схожи – в Нижегородской области (ст. Лысково) за 79 лет произошло увеличение годовой суммы осадков на 17,8%, в Белгородской области за 100 лет – на 15% [24]. Таким образом, климатические факторы в двух регионах довольно схожи, тогда как динамика развития малых рек резко различна.

Элементы гидрографической сети в бассейнах 12 обследованных элементарных водотоков отличий не имели – родников, болот, озёр, прудов – не было. Пруд располагался на водотоке второго порядка, в который впадает 5 обследованных нами водотоков. Однако влияние этого пруда на гидрологический режим водотоков исключено. Во-первых, уровенная поверхность пруда (150 м) ниже на 50 м отметки истоков водотоков (200 м), что исключает действие пруда посредством подпора грунтовых вод. Во-вторых, 2 из 5 водотоков не изменили качественных характеристик, оставшись пересыхающими.

Существенно отличается состояние растительного покрова в бассейнах прогрессирующих (9 ед.) и по-прежнему оставшихся пересыхающими (2 ед.) водотоков. Если в бассейнах прогрессирующих водотоков лесистость составляет от 53% до 96%, то в бассейнах водотоков, не показавших прогресса и оставшихся пересыхающими лесистость колеблется от 6% до 17%. Таким образом, напрашивается вывод о прямой детерминированности состояния и динамики элементарного водотока фактором лесистости. Хотя в целом, это, вероятно, так – с увеличением лесистости происходит подъём уровня грунтовых вод и возрастает густота элементарных водотоков, – следует сделать одно уточнение. Принимая во внимание специфику элементарных водотоков, имеющих очень ограниченную площадь водосбора, рассматривать лесистость только водосборного бассейна без учёта прилегающей территории было бы опрометчиво. Это определяется тем, что область распространения подземных, в первую очередь грунтовых вод (которые, как правило, и подпитывают элементарные водотоки), определяется более масштабными по территориальному охвату факторами и не совпадает с границами бассейна элементарного водотока.

В данном случае целесообразно было бы учитывать лесистость не в пределах очень ограниченного по площади бассейна элементарного водотока, а наличие сравнительно крупных массивов леса в непосредственном окружении изучаемого водотока.

Действительно, пересыхающие водотоки протекают, главным образом, по безлесным территориям, лесные массивы в пределах которых имеют площадь не более 2,8 км². Прогрессирующие же водотоки берут начало в лесных массивах площадью от 5,2 до 16,4 км². Это даёт возможность наметить критический порог площади лесного массива, необходимой для восстановления элементарных водотоков, хотя, следует признать, статистика для рассматриваемой территории выстроена пока по очень ограниченному объёму исходных данных.

Сравнивая состояние лесистости северной части нижегородской лесостепи с территорией Белгородской области, вывод о мощном положительном воздействии леса на развитие элементарных водотоков находит ещё одно подтверждение. В Белгородской области, где наблюдается стремительное сокращение малых рек, «за последние 300 лет площадь лесов сократилась более чем в 4 раза [25, с. 177]». В то же время, по результатам наших расчетов, выполненных на основе сравнительного анализа топографических карт по состоянию местности на 1984 г. и современных космических снимков, лесистость в бассейне р. Сундовик возросла с 15,44% до 20,82%. Так, площадь лесов в 1981 г. – 168,89 км², в 2015 г. – 227,74 км². Прирост составил 58,8 км², или 34,8%.

К сожалению, мы не располагаем данными о площадях различных типов сельскохозяйственных угодий на 1981 г., но совершенно очевиден факт сокращения пахотных, пастбищных и сенокосных угодий, за счёт чего и стал возможен прирост площадей под лесом.

Заключение. Проанализировав динамику малых рек в южной, центральной и северной частях лесостепной зоны Европейской территории России, мы пришли к заключению о различной направленности этого процесса. Если на юге и в центре наблюдается ярко выраженная деградация элементарных водотоков, то на севере – отчётливо выражено развитие. На фоне общего увеличения годовых сумм осадков главной причиной следует считать динамику лесистости – как в целом по регионам, так и в аспекте масштабности массивов лесов.

Для севера лесостепной зоны Нижегородской области характерно выраженное развитие сети элементарных водотоков при ведущей роли лесистости на фоне увеличения сумм среднегодовых осадков.

Список литературы:

- [1] Малые реки Волжского бассейна / Алексеевский Н.И., Евстигнеев В.М., Коронкевич Н.И. и др. / Под ред. Н.И. Алексеевского; Изд-во МГУ, 1998. – 233 с.
- [2] Географический энциклопедический словарь: Понятия и термины / Трешников, А.Ф., Алаев, Э.Б., Алампиев, П.М. и др., М.: Советская Энциклопедия, 1988. – 432 с.
- [3] Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы = Small rivers: state-of-the act and ecological problems: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с. – (Сер. Экология. Вып. 64).
- [4] Асташин А.Е., Самойлов А.В., Бадьин М.М., Рыжов Е.В. Ландшафтная дифференциация территории бассейна реки Кудьма Нижегородской области / Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 10-3 (41). С. 121-126.
- [5] Бадьин М.М., Асташин А.Е., Рыжов Е.В., Чебурков Д.Ф., Асташина Д.А. Инвентаризация и пространственный анализ туристско-рекреационных ресурсов бассейна малой реки на основе ландшафтного подхода с применением геоинформационных систем (на примере бассейна реки Линда Нижегородской области) / Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1668.
- [6] Хортон Р.Е. Эрозионное строение рек и водосборных бассейнов. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1948. – 159 с.
- [7] Динамическая геоморфология: Уч. пособие / Под ред. Г. С. Ананьева, Ю. Г. Симонова, А. И. Спиридонова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 448 с.

- [8] Абакумова В.Ю. Водотоки первого порядка как показатель условий стока в речном бассейне / География и природные ресурсы. 2010. № 4. – С. 149–152.
- [9] Баканина Ф.М. Пожаров А.В., Юртаев А.А. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования / Великие реки-2003: генеральные доклады, тезисы докладов Международного конгресса. – Н. Новгород: ЮНЕСКО, 2003. – С. 288–290.
- [10] Бакка С.В., Киселёва Н.Ю. Современный растительный покров Нижегородской области / Географический атлас Нижегородской области. Изд. 3 перераб. и доп. / Камерилова Г.С., Наумов С.В., Побединский Г.Г. и др. – Нижний Новгород, Верхневолжское АГП, 2005. – С. 18.
- [11] Карта дочетвертичных образований: N-38-III, N-38-IV, N-38-XXXIV. Геологическая карта дочетвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: МинГео РСФСР, Средне-Волжская комплексная геологоразведочная экспедиция, 1980 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс] URL: <http://www.geokniga.org> (дата обращения: 09.07.2016).
- [12] Карта дочетвертичных отложений: O-38-XXXIII Геологическая карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: Средне-Волжская геологоразведочная экспедиция, 1982 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс] URL: <http://www.geokniga.org> (дата обращения: 09.07.2016).
- [13] Карта четвертичных отложений: N-38-III, N-38-IV, N-38-XXXIV Геологическая карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: МинГео РСФСР, Средне-Волжская комплексная геологоразведочная экспедиция, 1980 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс] URL: <http://www.geokniga.org> (дата обращения: 09.07.2016).
- [14] Карта четвертичных отложений: O-38-XXXIII Геологическая карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: Средне-Волжская геологоразведочная экспедиция, 1982 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс] URL: <http://www.geokniga.org> (дата обращения: 09.07.2016).
- [15] Карты всего мира [Электронный ресурс]: топографические карты. – URL: <http://loadmap.net/ru> (дата обращения 04.09.2016).
- [16] Почвенная карта Горьковской области / С.А. Горшунов, В.М. Горячев, В.А. Михеев, А.С. Фатьянов, В.С. Шаталин, А.П. Ясырев / под ред. А.С. Фатьянова. – Горький, 1958.
- [17] Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области / Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. №1. 2013. – С. 48–51.
- [18] Дедков А.П., Курбанова С.Т., Можерин В.И. О механизме пересыхания малых рек Среднего Поволжья // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. – С. 67.
- [19] Основания, фундаменты и подземные сооружения/М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова.-М.: Стройиздат, 1985.-480 с.
- [20] Мишон В.М. Снежные ресурсы и местный сток: закономерности формирования и методы расчета. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988. – 192 с.
- [21] Мишон В.М. Теоретические и методические основы оценки ресурсов поверхностных вод в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения европейской части России / автореф. диссертации в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора географических наук. – Воронеж, 2007. – 32 с.
- [22] Раунер Ю.Л. К методике экспериментальных исследований теплового баланса лесных и безлесных ландшафтов // Тепловой баланс и радиационный баланс естественной растительности и сельскохозяйственных полей. – М.: Наука, 1965. – С. 7 – 22.
- [23] Шульгин А.М. Мелиоративная география. – М.: Высш. шк., 1972. – 214 с.
- [24] Лебедева М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2008. № 3, Вып. 6. С. 189–196.
- [25] Реки и водные объекты Белогорья: [моногр.] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк [и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого; ВОО «Рус. геогр. о-во, НИУ «БелГУ». – Белгород: Константа, 2015. – 362 с.

**DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF NETWORK
OF ELEMENTARY WATER CURRENTS OF THE NORTH
OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE NIZHNY NOVGOROD
REGION (ON THE EXAMPLE OF THE CATCHMENT BASIN
OF THE RIVER SUNDOVIK) DURING 1984–2016**

A.E. Astashin, S.A. Sotkina, M.M. Badyin, E.V. Ryzhov, A.V. Samoilov

Key words: *elementary stream, small river, tributary, drainage basin, forest-steppe zone.*

In the article dynamics of development of network of elementary water currents of the North of a forest-steppe zone of the Nizhny Novgorod Region is considered and the analysis of the factors defining this process is carried out. Established fact of growth of extent elementary water currents. Growth of woodiness against the background of increase in the annual sums of rainfall is recognized as the leading factor.

Статья поступила в редакцию 19.09.2016 г.

УДК 656.62.052.4:[629.12:532.5]

И.В. Липатов, д.т.н. профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.А. Решетников, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПОВЕДЕНИЯ
СУДНА ПРИ ДВИЖЕНИИ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ ПОДХОДНОГО КАНАЛА ШЛЮЗА)**

Ключевые слова: *математическое моделирование, шлюз, подходной канал, крен-дифференциал, просадка.*

В статье рассмотрены вопросы динамики поведения судна в условиях резко растущего стеснения габаритов водного пути (подходной канал и камера шлюза). Для выполнения исследований предлагается разработанная виртуальная математическая модель, как альтернатива опасным дорогостоящим и малоинформативным экспериментам.

Внутренний водный транспорт всегда обеспечивал торговые, промышленные и технологические связи между удаленными территориями и по сути являлся драйвером развития экономики. До периода промышленной революции XIX века внутреннее судоходство активно использовало суда с маленьким водоизмещением. В первую очередь это было связано с тем, что тяговым усилием маломерного флота в то время были парус, весла и бурлацкая тяга. Такая энерговооруженность судов не давала увеличивать водоизмещение судов и их осадку до желаемых величин. В результате естественные, природные габариты внутренних водных путей без дополнительных усилий покрывали текущие потребности.

Ситуация резко изменилась с изобретением двигателя. Увеличение энерговооруженности судов внутреннего плавания позволило резко увеличить их загрузку и осадку. В результате габаритные размеры судов и их осадки стали увеличиваться, и параллельно с ними стали расти объемы путевых работ. Катализатором этого процесса стало то, что с ростом габаритов путей и увеличением провозной способности флота,

падала себестоимость воднотранспортных перевозок и росла инвестиционная привлекательность водного транспорта. В связи с этим судовладельцы стали строить суда с максимально возможным водоизмещением и требовать от правительства увеличения габаритов водных путей с целью увеличения личных прибылей.

В результате стали появляться магистральные и сверхмагистральные внутренние водные пути как в России, так и в Европе. В частности в СССР, на базе основных рек европейской части страны была единая глубоководная система (ЕГС) с гарантированной глубиной на всем протяжении в 4 метра. В результате благодаря судам смешанного «река-море» плавания Москва фактически стала портом пяти морей. Если на начальном этапе гарантирование четырех метров требовало умеренных вложений, то с годами затраты стали расти. На это сказывались как изменения в экономическом устройстве страны, так и глобальное потепление климата. Из-за снижения водности рек, их водный баланс существенно изменился и срывы гарантированных глубин на ключевых участках ВВП России стали обычным делом. Попытки оперативного вмешательства в процесс с помощью дноуглубительных и выправительных работ лишь частично снимало проблему, но было неспособно решить ее в принципе, как это было раньше. Причиной этому стало то, что лимитирующие участки для движения флота, стали не русла рек, а бетонные конструкции гидротехнических сооружений (судоходные каналы, пороги шлюзов и т.д.). Помимо этого тенденция к использованию максимальной провозной способностью глубин привела к тому, что габариты строящегося флота стали все ближе приближаться к габаритам водных путей. Эта тенденция привела к тому, что расстояние между дном и нижней заглубленной точкой корпуса судна уменьшились до 20–40 см.

Снижение запасов глубины под корпусом резко увеличило градиенты скоростей воздействующих на дно. В совокупности с динамическим характером воздействия скорости резко увеличиваются эрозионные процессы как на дне, так и по берегам. Интенсивность эрозионных процессов от воздействия судов, стала быстро менять профили речных потоков, а изменение габаритов водных путей препятствовать устойчивой навигации на ряде рек Европы. Единственным выходом из этой ситуации стало покрытие дна и берегов рек железобетонными плитами, в результате чего естественные водные пути стали превращаться в рукотворные каналы.

Помимо негативного, техногенного воздействия на эрозионные процессы, сжатие живого сечения реки резко усложняет плавание судов. Значительное увеличение скорости обтекания судов, сложные гидродинамические процессы в районе корпуса судна, активизация «поршневого» и «бенк» эффектов – все это резко снижает уровень безопасности движения судов.

Одним из путей снижения вышеописанных негативных последствий и предотвращения техногенных аварий является предварительное, всестороннее исследование динамики взаимодействия системы «судно – водный путь». В результате проведения развернутых, систематических исследований, уже на этапе предварительного проектирования у специалистов появляется возможность свести к минимуму негативное влияние на окружающую среду, а также свести к нулю вероятность возможных техногенных аварий. В дополнении к этому появится возможность включить в транспортный процесс дополнительные имеющиеся ресурсы по пропуску судов по лимитирующим и сложным участкам внутренних водных путей.

Как показала практика, использование лабораторного эксперимента на современном этапе нецелесообразно из-за присутствия масштабного эффекта. Более перспективным и дешевым методом является математическое моделирование на базе решения системы дифференциальных уравнений движения реальной жидкости Навье-Стокса, дополненное уравнением неразрывности:

$$\begin{aligned}
\frac{dV_x}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} \right) &= F_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}; \\
\frac{dV_y}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} \right) &= F_y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y}; \\
\frac{dV_z}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) &= F_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}; \\
\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dt},
\end{aligned} \tag{1}$$

где t – время;

V_x, V_y, V_z – компоненты абсолютной скорости движения жидкости;

F_x, F_y, F_z – компоненты массовых сил;

p – пьезометрическое давление;

ρ – плотность;

ν – эффективная вязкость.

Принимая во внимание то, что моделирование процесса движения судна по водному пути связано с исследованием процесса волнообразования в двух фазной среде (вода-воздух) в границах со сложной геометрией, для уравнений (1) используем дискретизацию расчетной области с помощью метода контрольного объема [1]. Суть метода состоит в следующем. Расчетная область разбивается на некоторое число непересекающихся контрольных объемов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном контрольном объеме. Дифференциальные уравнения (1) интегрируются по каждому контрольному объему. Для вычисления интегралов используют кусочные профили, которые описывают изменение исследуемой величины между узловыми точками. В результате находится дискретный аналог дифференциального уравнения, в который входят значения исследуемой величины в нескольких узловых точках.

Для отслеживания границы раздела сред вода-воздух систему уравнений (1) дополним выражением для пассивного маркера – VOF скаляра. С помощью этой формальной величины впоследствии предполагается осуществлять объемное отслеживание распределения сред воды и воздуха по исследуемой расчетной области. Согласно рекомендациям Херта и Николза [2], величину VOF скаляра будем определять следующим выражением: сформулировали следующее уравнение перемещения для VOF скаляра:

$$\frac{\partial}{\partial t} C + \nabla C \vec{U} = 0 \tag{2}$$

где C имеет только два значения 1 – для жидкости и 0 – для воздуха.

Для окончательного замыкания системы уравнений (1) необходимо определиться с математической моделью для описания турбулентных эффектов в потоке жидкости. В явном виде за их присутствие в системе уравнений (1) отвечает величина ν . Согласно современным представлениям о природе турбулентных процессов эффективная вязкость является алгебраической суммой кинематической и турбулентной вязкости (последнюю еще называют коэффициентом турбулентного обмена). Причем, если первая величина является константой жидкости, то по поводу теоретического определения второй величины имеется большое количество мнений. Наиболее проверенным

является так называемый $k-\varepsilon$ подход, которым далее и воспользуемся. Согласно этому подходу коэффициент турбулентной вязкости (коэффициент турбулентного обмена) определяется как [3, 4]:

$$\nu_t = c_p \cdot \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3)$$

где k – кинетическая энергия турбулентности;

ε – коэффициент диссипации турбулентной кинетической энергии.

Учитывая предшествующий опыт решения подобных задач, для моделирования волны воспользуемся высоко реинольдсовской гипотезой турбулентности. В ней, как и предполагает классический подход, касательные турбулентные напряжения учитываются опосредованно через k и ε . Последние описываются с помощью уравнений: для кинетической энергии турбулентности k :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{g} \rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \tilde{u}_j k - \frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) = \\ \mu_t (P + P_B) - \rho \varepsilon - \frac{2}{3} \left(\mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \mu_t P_{NL} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{где } \mu_{eff} = \mu + \mu_t; \quad P \equiv 2s_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}; \quad P_B = -\frac{g_i}{\sigma_{h,t}} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \quad (5)$$

$$P_{NL} = -\frac{\rho}{\mu_t} \tilde{u}_i' \tilde{u}_j' \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \left[P - \frac{2}{3} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{\rho k}{\mu_t} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right] \quad (6)$$

В этих выражения $P_{NL} = 0$ для линейных моделей, а σ_k – эмпирический коэффициент среды.

– скорость диссипации кинетической энергии ε определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{g} \rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \tilde{u}_j \varepsilon - \frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) = \\ C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left[\mu_t P - \frac{2}{3} \left(\mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right] + C_{\varepsilon 3} \frac{\varepsilon}{k} \mu_t P_B - \\ - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + C_{\varepsilon 4} \rho \varepsilon \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \mu_t P_{NL} \end{aligned} \quad (7)$$

где $\sigma_\varepsilon, C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}, C_{\varepsilon 3}$ и $C_{\varepsilon 4}$ – эмпирические коэффициенты, представленные в [5].

Как показали результаты практической апробации таких математических моделей, уравнения турбулентности необходимо дополнить функциями, описывающими поведения потока в пристеночной зоне. Это позволяет учесть шероховатость песчаного дна и обеспечить устойчивость расчетной процедуры в переходных (застой – ламинарный режим – турбулентность – развитая турбулентность) областях потока. Наиболее приемлемый для речных русел результат дают классические формулы, описывающие эпюры в придонной области в виде функции нормального расстояния от

перегородки. Впервые этот подход был предложен Никурадзе и для скоростей были записаны следующие формулы :

$$u^+ = \begin{cases} u^+ = y^+; y^+ \leq y_m^+ \\ u^+ = A + \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{y^+ - D^+}{B + CR^+} \right); y^+ > y_m^+ \end{cases} \quad (8)$$

где $u^+ = (u - u_W)/u_\tau$

u – тангенциальная скорость жидкости;

u_W – скорость стенки ($u_W=0$);

$u_\tau = (\tau_W/\rho)^{0.5}$;

τ_W – сдвиговое напряжение стенки;

$y^+ = \rho C_\mu^{0.25} k^{0.5} y/\mu$;

k – Эмпирический коэффициент

$$D^+ = \rho C_\rho^{0.25} k^{0.5} \frac{D}{\mu} \quad (9)$$

$$R^+ = \rho C_\rho^{0.25} k^{0.5} \frac{y_0}{\mu} \quad (10)$$

где A , B и C являются константами, D – толщина смещения и y_0 – эквивалентная высота шероховатости. Последние две количественные характеристики иллюстрирует рис. 1. Величина D является такой, что скорость жидкости снижается до нуля на расстоянии $-D + y_0$ от стенки.

Значение y_m^+ зависит от применяемой формулы. Для полностью шероховатой стенки $y_m^+ = 0$. В данном случае значения относительной шероховатости примем в соответствии с рекомендациями [6]. Значение постоянных в формуле (8) зависят от типа потока и степени шероховатости. Выполненные Никурадзе [7] замеры потоков в трубопроводах, имеющих «шероховатость песка», дали следующие значения постоянных: $A = 8.5$, $B = 0$, $C = 1$, $D = 0$, которыми мы далее и воспользуемся для расчетов.

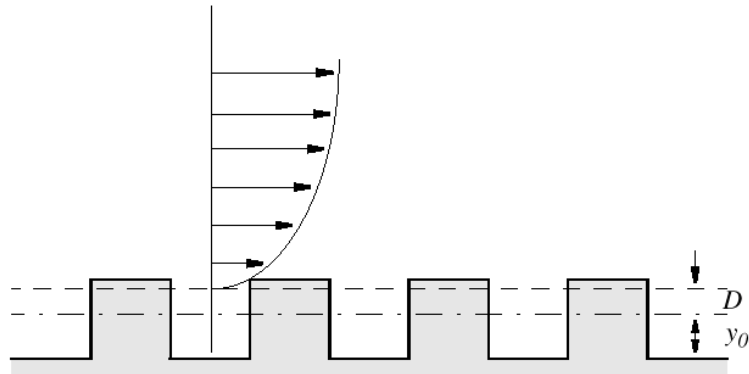


Рис. 1. Иллюстрация типичного элемента шероховатости

Выше приведенную математическую модель рассмотрим применительно к описанию (моделированию) движения судна типа Волго-Дон выходящего из камеры Чайковского шлюза. Внешние контуры расчетной области потока и части подходного

канала сформированы в виде геометрической CAD модели с помощью системы AUTOCAD и представлены на рис. 2.

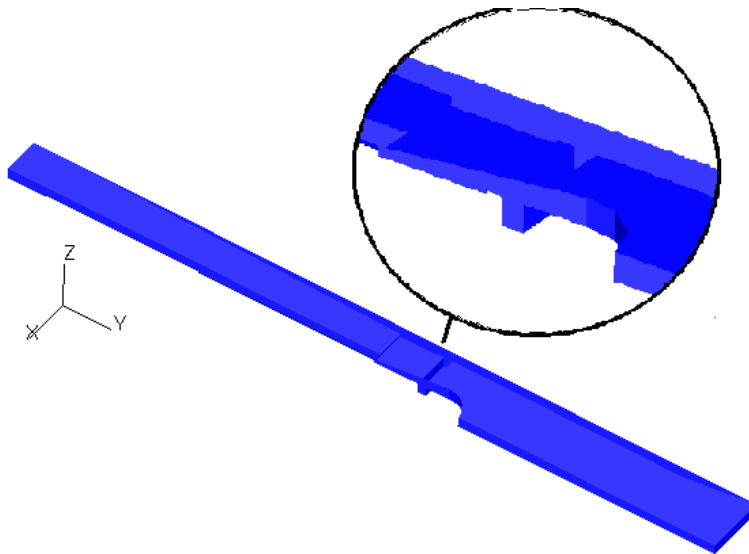


Рис. 2. CAD геометрическая модель шлюза и походной части канала

Как видно из рисунка наибольшее внимание при формировании геометрии шлюза было уделено формированию шкафной нише нижних рабочих ворот, углублению на нижней голове в области соединения галерей и месту подъема днищевой части камеры и прочие геометрические особенности. Аналогично сформирована твердотельная геометрическая модель для исследуемых судов типа Волга-Дон (см. рис. 3).

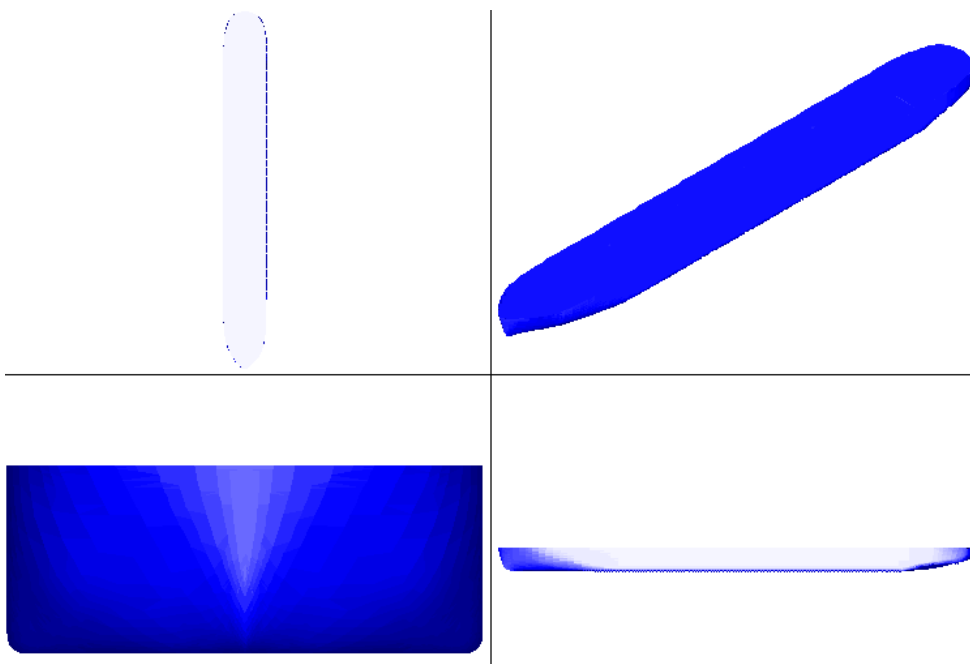


Рис. 3. Твердотельная модель корпуса судна типа Волга-Дон

Для моделирования гидродинамики потока с помощью вышеприведенных твердотельных моделей формировалась расчетная область. Последняя на завершающем этапе формирования модели заполняется расчетными ячейками. На завершающем этапе формирования модели по контуру расчетной области были выделены ряд граничных областей (рис. 4).

- А – область работы судовых двигателей сообщаящих потоку круговую скорость от вращения винтов.
- В – корпус судна, в границах которого шероховатая поверхность передает потоку продольную скорость движущегося судна.
- С – бетонный корпус шлюза и подходного канала, шероховатая поверхность которого регламентирует не протекание потока за его контуры.
- Д – выходное сечение в подходном канале шлюза.
- Е – область симметрии с правой ниткой шлюза.

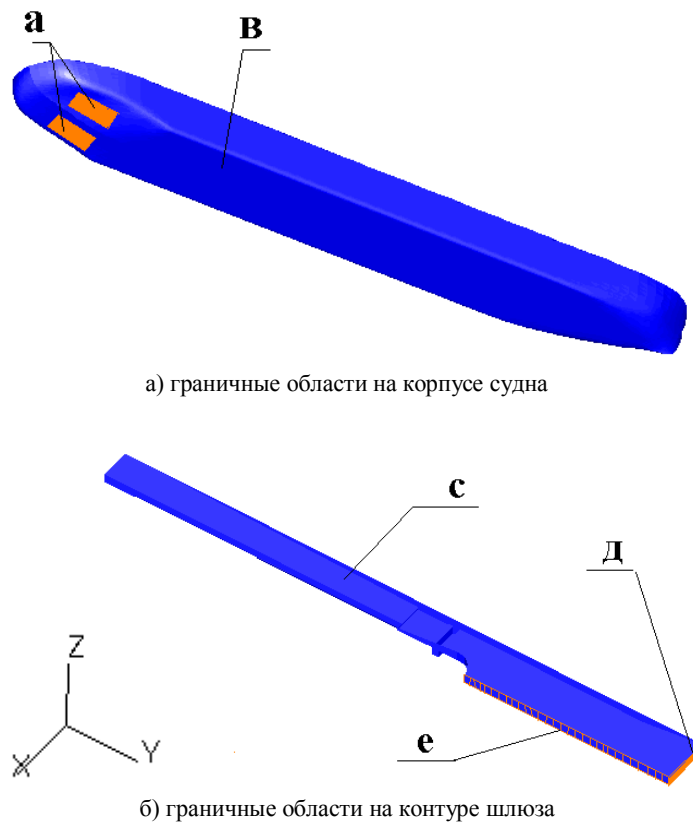


Рис. 4. Граничные области к постановке граничных условий

По каждой граничной области задаются следующие граничные условия:

1) для $x, y, z \in A$

$$w = 200 \text{ об/мин} ; L = 0.01 : I = 0.01 : VOF = 1 \quad (11)$$

2) для $x, y, z \in B$

$$V_x, V_z = 0 : V_y = V_{\text{судна}} : \kappa = 0 : \varepsilon = 0 : dVOF/dn = 0 \quad (12)$$

3) для $x, y, z \in C$

$$V_x, V_y, V_z = 0 ; \kappa = 0.0 : \varepsilon = 0.0 : dVOF/dn = 0 \quad (13)$$

4) для $x, y, z \in D$

$$\frac{dV_n}{dn} = \frac{dk}{dn} = \frac{d\varepsilon}{dn} = \frac{dVOF}{dn} = 0 \quad (14)$$

5) для $x, y, z \in E$

$$V_{x_s} = 0 : \frac{dk}{dn} = 0 : \frac{d\varepsilon}{dn} = 0 : \frac{dVOF}{dn} = 0 \quad (15)$$

Начальные условия для модели запишутся следующим образом:

$$\text{Для } 0 < Z < H_k \quad VOF = 1 \quad P = P_{гд.} \quad V_x, V_y, V_z = 0 \quad (16)$$

$$\text{Для } Z > H_k \quad VOF = 0 \quad P = 0 \quad V_x, V_y, V_z = 0 \quad (17)$$

Для моделирования динамики поведения судна рассмотрим его движение как абсолютно твердого тела, движение которого описывается шестью уравнениями (три – смещение по координатам, три – вращение вокруг координатных осей). Учитывая, что при выходе из камеры скорость движения невелика, бортовой качкой можно пренебречь. Помимо этого, в пределах исследуемого участка пути, судно лишь на немного отходит от левой стенки камеры шлюза, вследствие чего вращением вокруг вертикальной оси Z , тоже можно пренебречь (см. рис. 5).

Смещение судна по оси Y будет определяться скоростью корпуса, последнее напрямую будет определяться графиком движения судна по выходу из камеры судна и приниматься по экспериментальным данным. Для описания динамики поведения судна необходимо определиться с формулами для вычисления перемещение вдоль ось Z (линейную просадку судна) и формулой для деферента вокруг оси X (крен корпуса на нос-корму)

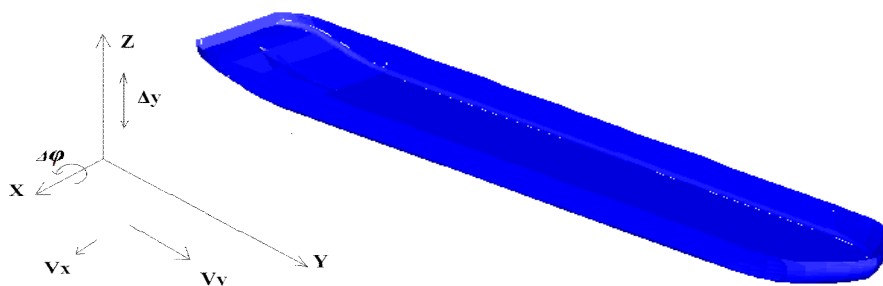


Рис. 5. Схема перемещений тела корпуса судна

Для описания перемещения корпуса судна вдоль оси OZ воспользуемся вторым законом Ньютона в проекции на соответствующую ось:

$$\vec{\Sigma F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot \frac{d^2y}{dt^2} \quad (18)$$

где ΣF – суммарная сила вдоль оси Y ;

m – масса судна;

a – вертикальная проекция ускорения.

Сумма сил складывается из двух составляющих:

$$\Sigma F = F_A + F_I \quad (19)$$

где F_A – Архимедова сила;

F_I – инерционная сила.

$$a = a_{sh} + g \quad (20)$$

a_{sh} – ускорение подъема судна;

g – гравитационное ускорение (9,81 kg / m*c)

$$F_I = -\lambda * m * a_{sh} \quad (21)$$

где λ – коэффициент присоединенных масс, описываемый формулой:

$$\lambda = \frac{B_{sh}}{12 * T_{sh} * \Delta_{sh}} \quad (22)$$

где B_{sh} – ширина судна;

T_{sh} – осадка судна;

Δ_{sh} – запас под днищем судна.

Преобразовав уравнение (20), получаем:

$$a_{sh} = \frac{F - m * g}{m * (1 + \lambda)} \quad (23)$$

Преобразовывая выражение (18), имеем:

$$\Delta y = V_0 * \Delta t + \frac{a_{sh} * (\Delta t)^2}{2} \quad (24)$$

где Δy – смещение судна за Δt ;

Δt – шаг по времени;

V_0 – скорость подъема судна в шлюзе.

Отправной точкой в описании качки судна нос–корма будет уравнение:

$$\sum M = J_Y * \varphi''(t) \quad (25)$$

где J_Y – момент инерции;

φ – угол крена судна;

$\sum M$ – суммарный момент, действующий на судно:

$$\sum M = M_y - M_I \quad (26)$$

где M_y – кренящий гидродинамический момент;

M_I – присоединенный момент инерции судна:

$$M_I = J_Y * \varphi''(t) * \lambda \quad (27)$$

Возвращаясь в уравнение (25):

$$\varphi''(t) = \frac{M_y}{J_y * (1 + \lambda)} \quad (28)$$

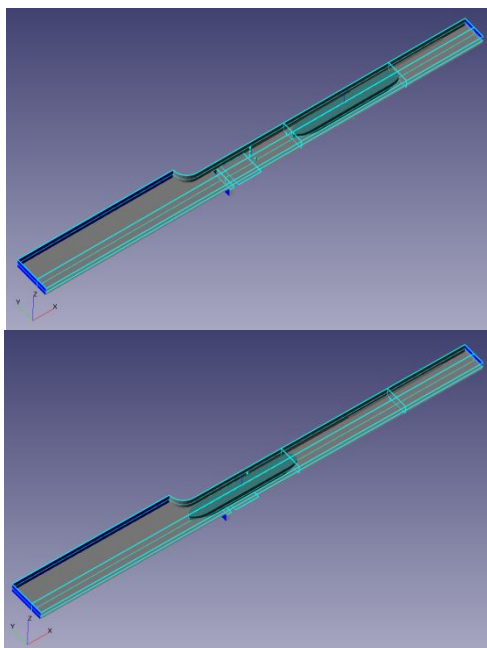
$$\Delta \varphi = \varphi'(t) * \Delta t + \frac{\varphi''(t) * (\Delta t)^2}{2} \quad (29)$$

где $\Delta \varphi$ – крен судна за время Δt ;

$\varphi'(t)$ – угловая скорость крена судна.

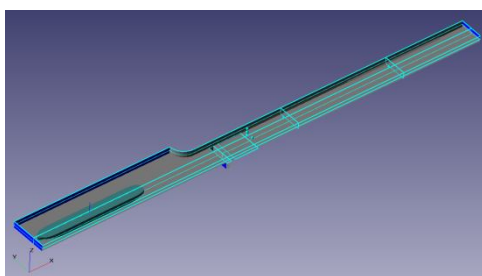
Данные уравнения являются частью расчетной процедуры и вычисляются после каждого шага пересчета гидродинамических величин. В совокупности с новым местоположением центра тяжести судна, определяемым графиком движения судна, определяется новое местоположение судна в потоке (рис. 6). После этого, для новых границ расчетной области, вычисляют гидродинамические параметры потока. Далее расчетный цикл, реализуется вновь, вплоть до того момента пока судно не покинет границы интересующей области.

Представленная математическая модель позволяет на качественно новом уровне исследовать вопросы взаимодействия движущегося судна с водным потоком на интересующей акватории. Используя достаточно мелкий шаг по времени появляется возможность проследить крен-дифферент корпуса судна и его просадку при движении в таких сложных путевых условиях как подходной канал к судоходному шлюзу. В дополнении к этому, виртуальная модель дает полную развертку развития волновых процессов на подходах к шлюзу и в камере. Эти волны с одной стороны вызываются движением судна, а с другой непосредственно влияют на характер движения корабля. Таким образом, появляется уникальная возможность оценить безопасность движения флота и работы судоходных гидротехнических сооружений без весьма опасных «натурных» экспериментов со значительными экономическими издержками.

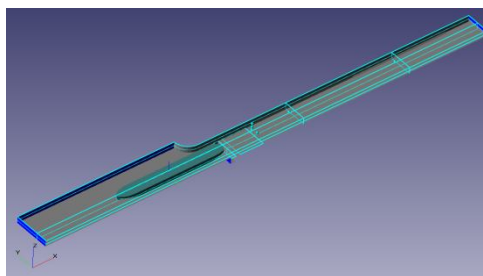


а) начальное положение

б) движение по камере



в) выход из камеры



г) выход из расчетной области

Рис. 6. Последовательность деформаций расчетной области при движении судна из камеры Чайковского шлюза

Список литературы:

- [1] Harlow F.H. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flows of fluid with free surface / F.H. Harlow, J.E. Welch // Phys. Fluids, 1982. – № 8, pp. 2182–2187.
- [2] Hirt C.W. Volume of Fluid (VOF) method for dynamical free boundaries / C.W. Hirt, B.D. Nicholls // J. Comput. Phys., 1981. – № 39, pp. 201–225.
- [3] Launder B.E. The numerical computation of turbulent flows / B.E. Launder, D.B. Spalding // Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng., 1974. – № 3, pp. 269–289.
- [4] Rodi W. Influence of buoyancy and rotation on equations for turbulent length scale / Rodi W. // Proc. 2nd Symp. on Turbulent Shear Flows. – 1979, v. 1, pp. 25–31.
- [5] Launder B.E. The numerical computation of turbulent flows / B.E. Launder, D.B. Spalding // Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng. – 1974. – №3, pp. 269–289.
- [6] Идельчик А.Н. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / А.Н. Идельчик. – М.: Наука, 1950. – 550 с.
- [7] Schlichting H. Boundary Layer Theory / Schlichting, H. // 6th Edition, McGraw-Hill, New York, 1968. – 90p.

**THE SHIP BEHAVIOR DYNAMICS MATHEMATICAL MODEL
WHILE DRIVING UNDER THE CONSTRAINED CONDITIONS
(CONSIDERING THE LOCK APPROACH CHANNEL)**

I.V. Lipatov, M.A. Reshetnikov

Keywords: mathematical modeling, lock, approach channel, roll- trim, sag

In the article the questions concerning the ship behavior conditions dynamics under the sharply growing waterway dimensions constraint are considered (the approach channel and the lock chamber). To perform the research the developed virtual mathematical model as an alternative to dangerous expensive and uninformative experiments is offered.

Статья поступила в редакцию 24.06.2016 г.

УДК 627.81.556.55

А.Н. Ситнов, д.т.н., проф., зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

А.Е. Гоголев, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

М.А. Матюгин, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАЛАНСОВ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО ЗОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩА НИЖЕГОРОДСКОГО
НИЗКОНАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА**

Ключевые слова: *расчет водохозяйственных балансов, Нижегородский низконапорный гидроузел.*

В статье приводятся методологические особенности водохозяйственных расчетов по зоне водохранилища Нижегородского низконапорного гидроузла в текущем состоянии и на перспективу, а также основные результаты этих расчетов.

В настоящее время участок р. Волга от створа Нижегородского гидроузла до г. Нижний Новгород имеет серьезную проблему, связанную с лимитирующими глубинами на участке и порогах шлюзов № 15, 16 Нижегородского гидроузла. Она стала возникать при изменении режима стока Волги с началом функционирования Нижегородского гидроузла (1957 г.) и усугубилась при ненаполнении нижележащего Чебоксарского водохранилища (1981 г.) до проектной отметки 68 м БС, что привело к необратимой деформации русла в нижнем бьефе, посадке уровней на участке до 1,3 м и проблемам для судоходства. С целью сохранения сквозного судоходства на реке Волга как водном пути международного значения, создания современной транспортной системы с эффективной инфраструктурой предполагается строительство Нижегородского низконапорного гидроузла (ННГУ) в районе пос. Б. Козино. При этом изменится водный режим участка и его водообеспечение. Отсюда возникает необходимость разработки водохозяйственных балансов на участке до строительства ННГУ и после строительства, сравнение их по водообеспеченности и обоснование инженерных решений по рациональному режиму работы водохранилища с точки зрения водопользования.

Рассматриваемый участок протяженностью 40,5 км находится в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла и ограничен сверху створом Нижегородской ГЭС, снизу – створом будущего Нижегородского низконапорного гидроузла, который на 7,5 км выше низового створа водохозяйственного участка 08.01.03.005 (гидропост «Сормово») в соответствии с водохозяйственным районированием территории РФ. Расчетная линейная схема участка представлена на рис. 1.

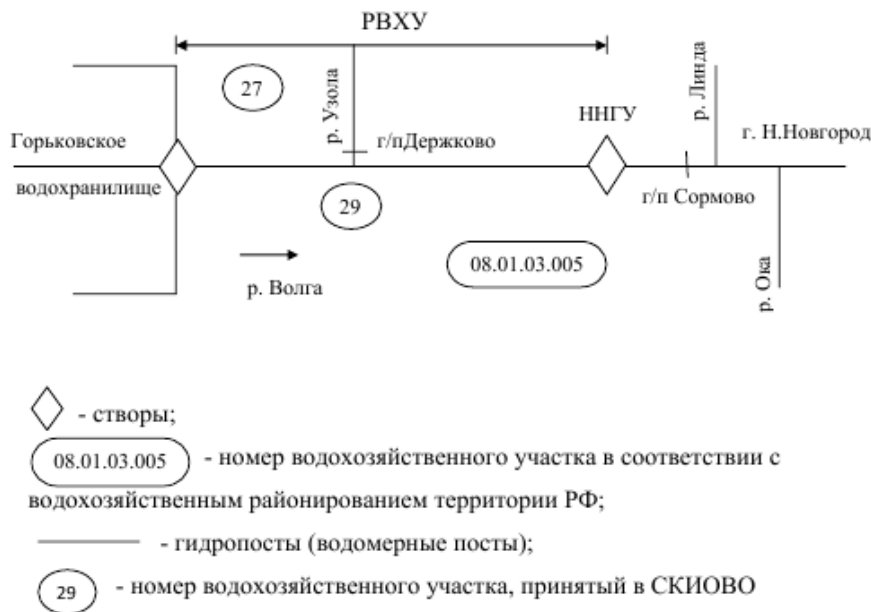


Рис. 1. Линейная схема водохозяйственного участка

Гидрологический режим участка определяется сбросами воды через Нижегородский гидроузел, от которых зависят уровни воды в нижнем бьефе, скорости течений и условия для судоходства. Определяющее влияние сбросов воды через Нижегородский

гидроузел на гидрологический режим нижнего бьефа проявляется в течение всего года, включая месячный, декадный и суточный периоды времени.

На участке имеется незначительная боковая приточность, связанная со стоком впадающих в Волгу средних и малых рек (наиболее протяженная и полноводная из них река Узола). Процент боковой приточности на участке составляет в среднем 0,85% от расходов через Нижегородский гидроузел.

Со строительством ННГУ появляются особенности, связанные как с процессами его функционирования, так и расчета водохозяйственных балансов. К ним можно отнести следующие:

а) на рассматриваемом участке водохранилище (бьеф) наполняется до отметки 68.0мБС только на навигационный период для создания необходимых условий для судоходства. На межнавигационный период водохранилище срабатывается, подпор на участке отсутствует, и водный путь находится в бытовом состоянии;

б) наличие гидроузлов в верхнем створе участка (Нижегородский гидроузел) и в замыкающем створе (ННГУ) обуславливает фильтрационные явления через тело плотины и примыкания к ней, а также необходимость шлюзования судов для обеспечения судоходства. Объемы воды, связанные с указанными процессами, проходя через Нижегородский гидроузел, увеличивают приходную часть водохозяйственного баланса, а через низконапорный гидроузел – его расходную часть;

в) в связи с сезонным характером функционирования водохранилища (навигационный период) зимняя сработка водохранилища отсутствует.

Расчет водохозяйственного баланса с определением его результата в виде объема дефицита или резерва воды за расчетный период производится в соответствии с методикой [1] и по формуле (1).

$$B = W_{\text{вх}} + W_{\text{бок}} + W_{\text{пзв}} + W_{\text{вв}} + W_{\text{дот}} \pm \Delta V \pm W_{\text{л}} - W_{\text{исп}} - W_{\text{ф}} - W_{\text{у}} - W_{\text{пер}} - W_{\text{впл}} - W_{\text{кл}} \quad (1)$$

$W_{\text{бок}}$ – объем воды, формирующийся за расчетный период на водохозяйственном участке (боковая приточность), млн.м³;

$W_{\text{пзв}}$ – объем водозабора из подземных водных объектов, млн.м³;

$W_{\text{вв}}$ – объем возвратных вод на водохозяйственном участке, млн.м³;

$W_{\text{дот}}$ – дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем территориального перераспределения стока, млн.м³;

$\pm \Delta V$ – сработка или наполнение водохранилища на расчетном участке, млн.м³;

$\pm W_{\text{л}}$ – потеря воды при оседании льда на берега при зимней сработке водохранилища и возврат воды в результате таяния льда весной, млн.м³;

$W_{\text{исп}}$ – потеря воды на дополнительное испарение с акватории водохранилища, млн.м³;

$W_{\text{ф}}$ – фильтрационные потери из водохранилища в пределах расчетного участка, млн.м³;

$W_{\text{у}}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой, млн.м³;

$W_{\text{пер}}$ – переброска части стока за пределы расчетного участка, млн.м³;

$W_{\text{впл}}$ – суммарное требование всех водопользователей расчетного участка, млн.м³;

$W_{\text{кл}}$ – требуемая величина стока в створе Нижегородского низконапорного гидроузла (комплексный попуск), млн.м³.

При расчете баланса приняты следующие допущения:

а) составляющие баланса: дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем территориального перераспределения стока $W_{\text{дот}}$; пере-

броска части стока за пределы расчетного участка $W_{\text{пер}}$, потеря воды на льдообразование $W_{\text{л}}$ – приняты нулевыми, т.е. $\{W_{\text{дот}}, W_{\text{пер}}, W_{\text{л}}\} = 0$;

б) уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой W_y соответствует объему водозабора из подземных водных объектов $W_{\text{пзв}}$, т.е. $W_y = W_{\text{пзв}}$.

Определение величин составляющих водохозяйственного баланса выполнено с использованием разнообразной исходной информации, основанной на материалах инженерных изысканий, данных Росгидромета, Верхне-Волжского бассейнового водного управления, нормативных и методических материалах и др. При этом величина составляющих баланса – объема стока, поступающего за расчетный период на рассматриваемый участок из Горьковского водохранилища $W_{\text{вх}}$, боковая приточность $W_{\text{бок}}$, фильтрационные потери $W_{\text{ф}}$ из водохранилища, образуемого ННГУ, комплексный попуск $W_{\text{кп}}$ в створе ННГУ – зависит от обеспеченности стока. Это требует обработки гидрологических рядов по стокам в створах нижегородского гидроузла и впадающих рек (река Узола, гидропост «Держково»), решения задач по оценке однородности рядов, репрезентативности и расчету гидрологических характеристик [2].

Гидрологические ряды приняты:

- по параметрам стока $W_{\text{вх}}$, поступающего на участок из Горьковского водохранилища через Нижегородский гидроузел, с 1957 по 2012 гг., как определяющего параметры гидрологического режима на участке на современном этапе и на перспективу;
- по параметрам стока боковой приточности $W_{\text{бок}}$ по р. Узола (гидропост «Держково») за период 1964–1990 гг. и 2011–2013 гг. с последующим переводом в целом по боковой приточности через переводные площадные коэффициенты.

Ряды были проверены на репрезентативность по критерию непревышения относительной средней квадратической погрешности расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики предельным значениям и статистическую однородность на соответствие отклоняющихся значений в эмпирическом распределении критериям Стюдента, Фишера, Смирнова-Граббса и Диксона. Расчеты показали возможность использования рядов для определения гидрологических характеристик как соответствующих установленным критериям.

Расчет обеспеченных характеристик стока произведен с использованием сертифицированного программного комплекса. Результат расчета представлен графиком эмпирического и аналитического распределения расходов стока в створе Нижегородского гидроузла (рис. 2) и в створе гидропоста «Держково» (рис. 3).

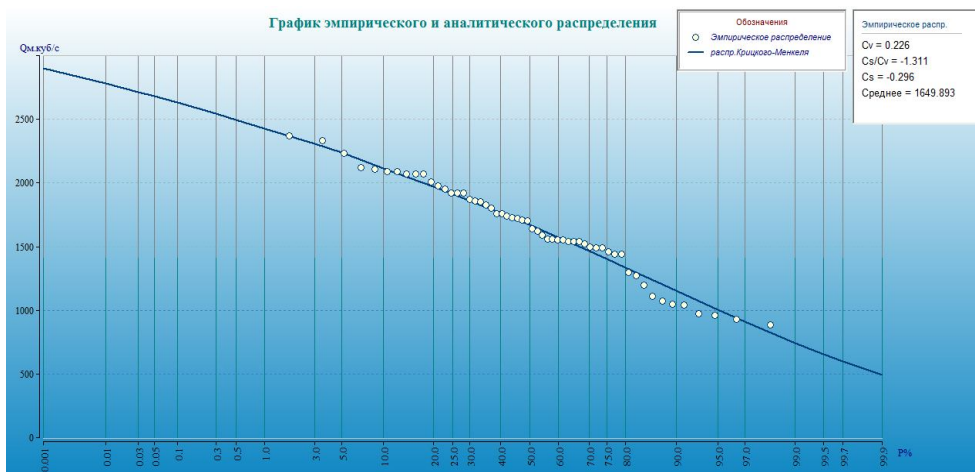


Рис. 2. График эмпирического и аналитического распределения расходов стока в створе Нижегородского гидроузла

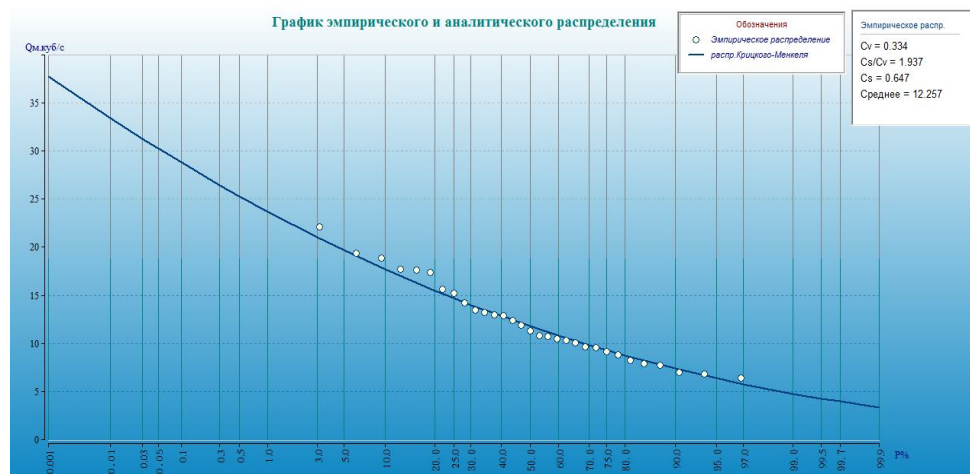


Рис. 3. График эмпирического и аналитического распределения расходов стока в створе г/п «Держково»

Краткая характеристика расчетного водохозяйственного участка по результатам расчетов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика расчетного участка

Река	Створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Гидрологическая характеристика, м ³ /с, (бытовой сток)										
				Среднего-летний сток	Коэффициент вариации C _v	Коэффициент асимметрии C _s	Расчетная обеспеченность, %							
							1	5	50	75	90	95	97	99
Волга	Нижегородский г/у		229000	1649.89	0.226	-0.296	2430	2240	1670	1400	1150	1000	911	742
Узола	Держково	62	1320	12.257	0.334	0.647	23.7	19.7	11.8	9.29	7.38	6.40	5.78	4.74
Боковая приточность	-	-			-	-	51.54	42.84	25.66	20.20	16.05	13.92	12.57	10.3

Составление водохозяйственных балансов подразумевает оценку наличия и использования водных ресурсов на участке в целом по году и расчетным интервалам (месяц, декады). Для этого необходимо знание внутригодового распределения стока разной обеспеченности по расчетным интервалам. В качестве расчетного периода при составлении водохозяйственных балансов принят месячный интервал с разбивкой на декады в половодье (апрель–июнь) и в ноябре. Это связано не только со значимой внутримесячной неравномерностью стока в половодье, но и особенностями водного

режима создаваемого водохранилища на участке. Внутригодное распределение может производиться методами компоновки, реального года и среднего распределения стока за годы характерной градации водности [2].

Особенности использования указанных методов, технология расчетов по ним и области их применения приведены в методических указаниях [3].

Нами выполнены расчеты внутригодного распределения стока каждым из методов, в результате которых получены следующие решения:

1. Внутригодное распределение стока методом компоновки обеспечило получение нулевых объемов стока в ряде месяцев в различных градациях групп водности, что не соответствует действительности, и метод компоновки из дальнейшего рассмотрения исключён.

2. Использование метода реального года привело к получению логически необъяснимых результатов по величине расходов и объемов стока в отдельные периоды года, что не позволило использовать метод в качестве расчетного.

3. Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой суммы путем осреднения относительных значений стока каждого i -го месяца за все годы, входящие в ту или иную градацию водности. Эти распределения, отражающие реальные соотношения (доли) месячного стока в годовом его объеме, являются типовыми его распределениями, свойственными каждой отдельной группе характерных по водности лет. Абсолютное расчетное распределение месячного стока, выраженное в объемах воды, вычисляется путем умножения месячных долей стока интересующей градации водности по объемам стока за водохозяйственный год заданной вероятности превышения, определенный по аналитической кривой обеспеченности.

Анализ полученных материалов показал, что и в этом случае имеются несоответствия между объемами стоков отдельных месяцев в годы и периоды разной водности и это отражается на противоречивом характере результатов водохозяйственного баланса: в годы меньшей водности в отдельные месяцы результаты баланса лучше, чем в годы большей водности и наоборот.

Поэтому нами на базе полученного среднего распределения стока в градациях водности и необходимости учета реальных соотношений месячных стоков в годовом его объеме в разных градациях произведено внутригодное распределение стока в среднем по совокупности всех водохозяйственных лет, что не противоречит рекомендациям методических указаний [3].

С учетом вышеизложенного доли месячных распределений стока в годовом стоке определены:

1. По створу Нижегородского гидроузла. Здесь выделены пять градаций водности: очень многоводные годы при $P < 16,7\%$ – доля d_1 , многоводные при $16,7\% \leq P < 33,3\%$ – доля d_2 , средние по водности при $33,3\% \leq P \leq 66,7\%$ – доля d_3 , маловодные при $66,7\% < P \leq 83,3\%$ – доля d_4 и очень маловодные при $P > 83,3\%$ – доля d_5 .

Для каждого месяца доля распределения стока от годового стока составляет:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + 2 \cdot d_3 + d_4 + d_5}{6} \quad (2)$$

Объем стока находится умножением месячной доли d на годовой объем стока заданной обеспеченности. Распределение по декадам производится по их удельным весам в месячном объеме стока.

2. По створу гидропоста «Держково».

Здесь выделены три градации водности: многоводные при обеспеченности $P < 33,3\%$ – доля d_1 , средние по водности $33,3\% \leq P \leq 66,7\%$ – доля d_2 и маловодные $P > 66,7\%$ – доля d_3 .

Средняя доля для месячного распределения стока составит:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} \quad (3)$$

На основе указанных подходов произведен расчет комплексного попуска и его составляющих при разной обеспеченности стока по расчетным периодам и году в целом.

Комплексный попуск в створе Нижегородского низконапорного гидроузла $W_{\text{кп}}$ должен обеспечивать поддержание необходимых условий существования и воспроизводства рыбного стада и функционирования сложившихся на участке водных и околоводных экосистем (экологический попуск), обеспечения качества воды (санитарный попуск), поддержания необходимых глубин на нижерасположенном участке (транспортный попуск) и удовлетворение хозяйственно-питьевых нужд потребителей ниже ННГУ (хозяйственный попуск). Величина комплексного попуска представляет собой максимальную огибающую из экологического, санитарного, транспортного и хозяйственного попусков.

Значения составляющих комплексного попуска приняты следующие:

1. Санитарный попуск определен в размере $500 \text{ м}^3/\text{с}$ [4].
2. Транспортный попуск установлен в размере $1140 \text{ м}^3/\text{с}$, исходя из соображения обеспечения уровней воды на нижерасположенном участке не менее проектных значений.
3. Хозяйственный попуск величиной $550 \text{ м}^3/\text{с}$ определен из условий нормальной эксплуатации существующих водозаборных сооружений от створа ННГУ до слияния рек Оки и Волги.
4. Экологический попуск в годовом, месячном и декадном разрезах при разной обеспеченности стока рассчитан в соответствии с положениями [5]. При этом в качестве критического (свидетельствует о критическом состоянии экологических систем) по результатам исследований при разработке СКИОВО [6] принят сток лет 97% обеспеченности, в качестве исторически минимальных – объемы воды 99% обеспеченности.

Фильтрационные потери из водохранилища $W_{\text{ф}}$ рассчитаны по материалам инженерно-геологических изысканий, положений нормативных, проектных и справочных документов [7 и др.] с учетом переменного характера фильтрационных потерь в течение года в зависимости от текущего наполнения водохранилища и, соответственно, величины напора, влияющего на интенсивность фильтрации. Последний определяется отметками уровней воды верхнего и нижнего бьефов и в целом зависит от обеспеченности стока через створ ННГУ.

Водохозяйственные балансы составлены по году при обеспеченностях по стандартным квантилям 1, 5, 50, 75, 90, 95, 97, 99 % с разбивкой на месяцы и детализацией по декадам в апреле – июне и в ноябре.

Итогом баланса является резерв (дефицит) водных ресурсов и транзит стока в нижний бьеф. Резерв водных ресурсов $W_{\text{рез}}$ или их дефицит $Def_{\text{кп}}$ определен разницей объемов стока по приходной части (располагаемые ресурсы) и расходной части.

Транзит стока на нижерасположенные водохозяйственные участки рассчитан как:

$$W_{\text{тс}} = W_{\text{кп}} - Def_{\text{кп}} + W_{\text{рез}} \quad (4)$$

При разработке водохозяйственных балансов на перспективу величина сработки или наполнения водохранилища $\pm \Delta V$ рассчитывается как поправка к располагаемым водным ресурсам (в приходной части), выравнивающая приходную и расходную части баланса, т.е. с учетом дефицита $Def_{\text{кп}}$ или резерва $W_{\text{рез}}$ водных ресурсов.

Итоговые результаты водохозяйственных балансов при обеспеченностях стока 1, 50, 75, 99% приведены в таблице 2 (до строительства ННГУ) и таблице 3 (после строительства ННГУ).

Таблица 2

Результат плановых водохозяйственных балансов (млн м³)

Месяцы		I	II	III	...	X	XI	XII	Год
1%	дефицит	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	резерв	326.00	321.52	390.61	...	418.75	441.96	353.07	7310.23
	транзит	3562.75	3575.05	4345.33	...	4317.94	4781.22	3826.07	77741.43
50%	дефицит	0,00	0,00	0,00	...	42,56	0,00	0,00	1521,25
	резерв	294,34	292,81	353,00	...	0,00	400,84	316,46	5161,33
	транзит	2476,72	2486,53	3019,47	...	3010,82	3326,58	2658,23	53971,71
75%	дефицит	0,00	0,00	0,00	...	488,12	0,00	0,00	3080,42
	резерв	288,01	287,07	345,48	...	0,00	96,92	309,14	4553,24
	транзит	2106,66	2115,17	2567,54	...	2565,26	2830,74	2260,61	45897,77
99%	дефицит	283.78	136.47	26.02	...	1592.78	852.01	197.66	9533.53
	резерв	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	131.47
	транзит	1189,34	1194,09	1447,10	...	1460,60	1601,39	1275,46	25915,07

Таблица 3

Результаты перспективных водохозяйственных балансов (млн м³)

Месяцы		I	II	III	...	X	XI	XII	Год
1%	дефицит	0,00	0,00	0,00	...	0,00	0,00	0,00	0,00
	резерв	326,04	321,55	390,65	...	402,13	525,02	353,11	7263,59
	транзит	3562,79	3575,08	4345,37	...	4301,32	4864,28	3826,11	77694,80
50%	дефицит	0,00	0,00	0,00	...	59,51	0,00	0,00	1611,269
	резерв	294,38	292,84	353,04	...	0,00	505,36	316,50	5224,399
	транзит	2476,76	2486,56	3019,51	...	2993,86	3431,10	2658,27	53944,77
75%	дефицит	0,00	0,00	0,00	...	505,19	0,00	0,00	3170,99
	резерв	288,05	287,10	345,52	...	0,00	205,84	309,18	4620,43
	транзит	2106,70	2115,20	2567,58	...	2548,19	2939,66	2260,65	45874,40
99%	дефицит	283.74	136.43	25.98	...	1610.32	730.35	197.63	9546.56
	резерв	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	63.03
	транзит	1189,38	1194,13	1447,14	...	1443,06	1723,05	1275,49	25833,60

Анализ изменения результатов удовлетворения потребителей в воде проведен через сравнение резервов и дефицитов стока по составленным водохозяйственным балансам (рис. 4, 5).

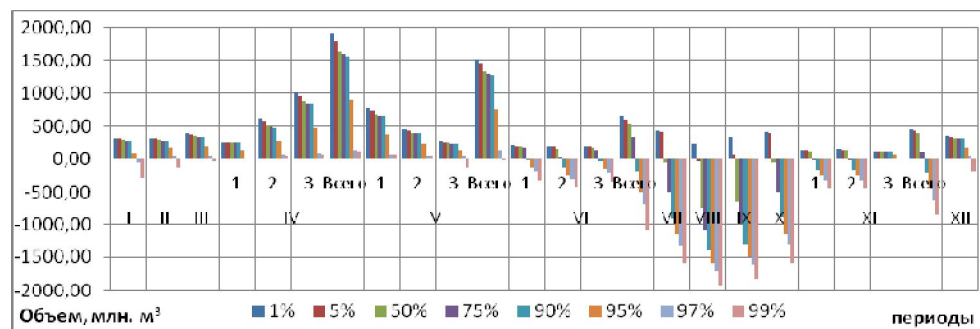


Рис. 4. Суммарный дефицит и резерв стока через створ ННГУ до строительства гидроузла

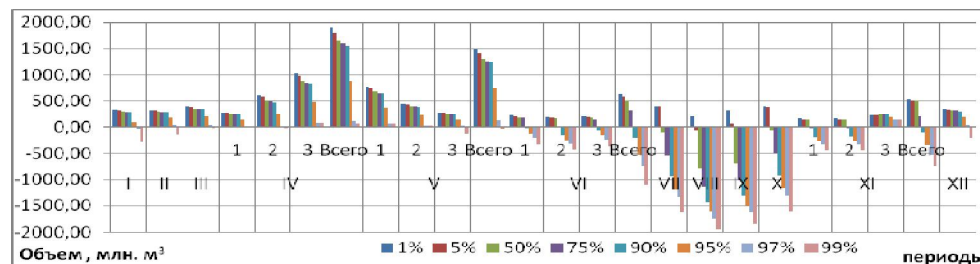


Рис. 5. Суммарный дефицит и резерв стока через створ ННГУ после строительства гидроузла

Сравнение результатов суммарных значений дефицита и резерва стока показывает, что общая тенденция изменения этого параметра при различных обеспеченностях и с привязкой к месяцам и декадам остается неизменной. С уменьшением водности этот параметр снижается независимо от периода времени. При этом суммарное значение дефицита и резерва для половодья (IV–V месяцы) практически всегда положительны, в межень (VII–X месяцы) практически всегда отрицательны. В зимний период дефициты преобладают над резервами только при крайне малой водности года (97–99% обеспеченности).

Анализ совмещенных графиков суммарных значений дефицита и резерва стока до строительства гидроузла и на перспективу для лет разной обеспеченности стока показывает, что по абсолютной величине суммарный дефицит и резерв стока в бытовом состоянии и на перспективу создания водохранилища практически совпадают. Исключения составляют только апрель и ноябрь, в которые происходит наполнение и сработка водохранилища (рис. 6, 7).

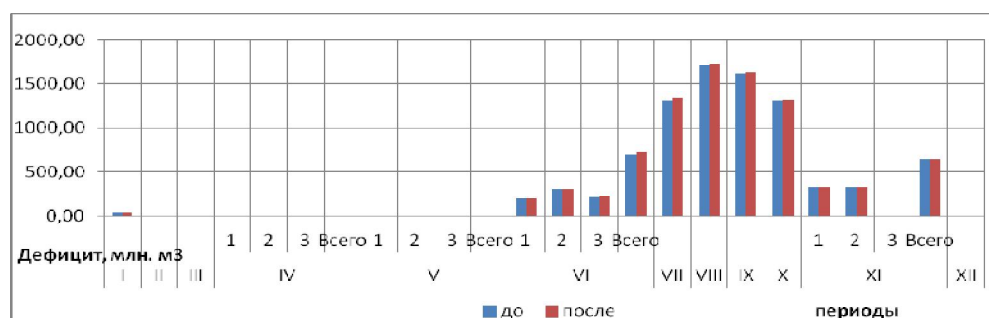


Рис. 6. Дефицит стока через створ ННГУ до строительства гидроузла и на перспективу при 97% обеспеченности годового стока

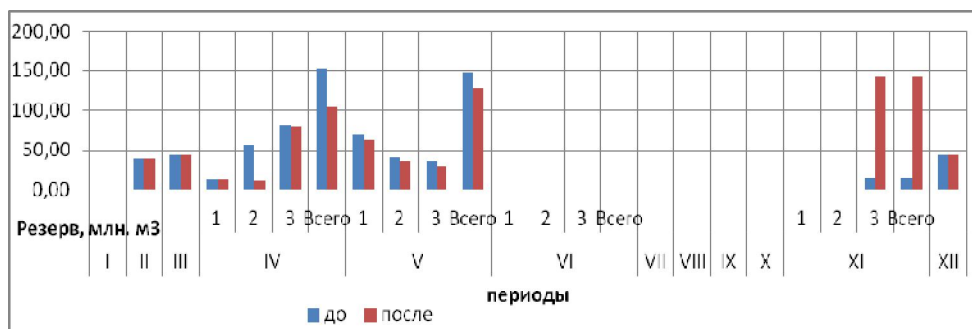


Рис. 7. Резерв стока через створ ННГУ до строительства гидроузла и на перспективу при 97% обеспеченности годового стока

Результаты расчетов и их анализ позволяют сделать следующие выводы:

1. Водные ресурсы участка позволяют наполнять водохранилище до отметки 68,0 мБС и выдерживать её в течение всего навигационного периода без ущемления интересов других водопользователей и нанесения ущерба окружающей среде в условиях разной водности лет.

2. Годовые резервы и дефициты стока через створ ННГУ со строительством водохранилища по сравнению с бытовым состоянием изменятся как в сторону увеличения, так и уменьшения. При обеспеченности годового стока 1–75% происходит рост дефицита стока, что связано с появлением дополнительных потерь на испарение, фильтрацию и шлюзование через ННГУ. Наибольшие из них (потери на шлюзование) распределены в течение навигации неравномерно и их основная доля приходится на дефицитные меженные месяцы, увеличивая годовой дефицит стока. При обеспеченностях выше 75% годовой дефицит стока снижается за счет увеличения осенней сработки водохранилища. Изменения дефицита стока в целом малы и для лет средней и малой водности не превышают 6%. В целом после строительства гидроузла резервы будут уменьшаться за счет дополнительных потерь из водохранилища, а также его наполнения, и расти за счет сработки (третья декада ноября), а в остальное время будет наблюдаться некоторое снижение резервов. При высокой водности (1–5% обеспеченности) годовые резервы уменьшаются из-за того, что дополнительные потери перекрывают величину сработки водохранилища. При годовом стоке от 50% до 90% обеспеченности происходит рост годовых резервов за счет относительно небольшого объема призмы наполнения водохранилища. В этом случае осенняя сработка превосходит по величине суммарные потери воды на шлюзование, фильтрацию, испарение и наполнение. В годы малой водности (90% и более) резко увеличивается объем призмы наполнения водохранилища и наблюдается тенденция снижения годовых резервов стока. Годовые дефициты стоков с водохранилищем изменятся по большей части в сторону увеличения, особенно в годы высокой и средней водности, однако на небольшую относительную величину. Увеличение дефицитов произойдет, в первую очередь, в межень за счет потерь воды на шлюзование. Годовые резервы стоков возрастут только в годы средней водности, в остальные годы будет наблюдаться незначительное снижение. Изменение резервов стока в течение года неравномерно: увеличение резервов приходится на период сработки водохранилища, в остальные периоды будет наблюдаться небольшое уменьшение резервов. Таким образом, строительство ННГУ и создание на рассматриваемом участке водохранилища не окажет значительного негативного влияния на объемы стока воды на нижележащий участок.

Список литературы:

[1] Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов, Утв. Приказом МПР РФ от 30.11.2007. – №314.

- [2] СП 33-101.2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрено постановлением Госстроя России № 218 от 26.12.2003. – М., 2004. – 108 с.
- [3] Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии гидрометрических наблюдений. – СПб: ГГИ, 2005.
- [4] Основные правила использования водных ресурсов Рыбинского и горьковского водохранилища на р. Волге. Утв. Министерством мелиорации водного хозяйства РСФСР (приказ от 11 ноября 1983 г. № 596). – М., 1983. – 52 с.
- [5] Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утв. Приказом МПР РФ от 12.12.2007.
- [6] Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Волга ниже Рыбинского водохранилища до впадения Оки. Утв. Приказом Верхне-Волжского ВБУ от 15 декабря 2014 г. – № 402.
- [7] Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика / под общ. ред. В.П. Недриги. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.

THE WATER RESOURCES BALANCES CALCULATIONS METHODOLOGICAL FEATURES AND THEIR RESULTS ON NIZHNY NOVGOROD LOW-PRESSURE HYDROENGINEERING COMPLEX RESERVOIR AREA

A.S. Sitnov, A.E. Gogolev, M.A. Matyugin

Keywords: water resources balances calculations, Nizhny Novgorod low-pressure hydroengineering complex

In the article the water resources calculations methodological features on Nizhny Novgorod low-pressure hydroengineering complex reservoir area in the current state and for the perspective are analyzed. The calculations main results are also given.

Статья поступила в редакцию 05.07.2016 г.

Раздел II

**Информатика, системы управления,
телекоммуникации и радиолокация**



Section II

Informatics, management systems, telecommunications and radiolocation

УДК 629.5.061.11

*Л.С. Грошева, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**В.И. Плющев, заведующий кафедрой, доктор технических наук,**профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ УДЕРЖАНИЯ СУДНА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

Ключевые слова: судно, колесный движительно-рулевой комплекс, адаптивный алгоритм, расход топлива

В России появились принципиально новые суда с колесным движительно-рулевым комплексом, у которых отсутствует традиционный руль. Управление судном осуществляется путем изменения соотношения частот вращения гребных колес, что обеспечивает повышенную управляемость судна, в то же время создает значительные трудности для судоводителя при удержании судна на заданном курсе. В статье рассматриваются вопросы синтеза энергоэффективного алгоритма удержания судна с колесным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории при влиянии внешних воздействий.

Отличительной особенностью судов с колесно-двигательным рулевым комплексом является наличие двух гребных колес, расположенных в корме судна по левому и правому борту. У судов отсутствует традиционный руль, поэтому его удержание на курсе осуществляется путем изменения соотношения частот вращения гребных колес. Это обеспечивает повышенную управляемость судна (мгновенно реагирует на любое изменение соотношения числа оборотов гребных колес), в то же время создает значительные трудности для судоводителя при удержании судна на заданном курсе [1–4].

В работе [5] предложен адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории с учетом влияния внешних воздействий. Для его реализации используется вспомогательная «управляющая» функция вида:

$$R = k_a (\alpha - \alpha_z) + k_\omega \omega + k_0 (y - y_z), \quad (1)$$

где: α , α_z – угол курса и заданный угол;

ω – угловая скорость поворота судна;

$y - y_z$ – отклонение судна от заданной траектории $y_z = f(x)$;

k_a , k_ω , k_0 – коэффициенты пропорциональности.

Однако при использовании алгоритма, реализованного на базе вспомогательной функции (1) в системе возникает статическая ошибка при ветровом воздействии (отклонение от заданной траектории). Существенное влияние на ее величину оказывает коэффициент k_0 [6]. Его увеличение снижает величину отклонения от заданной траектории, но увеличивает колебательность переходного процесса и не обеспечивает полное устранение статической ошибки.

Большой интерес для практики представляет вопрос о топливной экономичности алгоритмов удержания судна на заданной траектории. Можно обеспечить удержание судна на заданной траектории с минимальными отклонениями, однако, это может привести к неоправданно высоким (с практической точки зрения) топливным затратам. В данной статье анализируются энергоэффективность предлагаемых алгоритмов

удержания судна на заданной траектории, сочетающего приемлемые качественные показатели процесса удержания и значения расхода топлива.

Для исследования использована математическая модель, предложенная в [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_p \cdot \frac{dn_1}{dt} + n_1 = f_{pr}(t, U_1) \cdot n_{max}; \\ \tau_p \cdot \frac{dn_2}{dt} + n_2 = f_{pr}(t, U_2) \cdot n_{max}; \\ m \frac{dV}{dt} = A \cdot [C_p(n_1, V) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1) + C_p(n_2, V) \cdot n_2^2 \cdot \text{sign}(n_2)] - \zeta \frac{\rho V^2}{2} \Omega_{cm} \cdot \text{sign}(V); \\ J \frac{d\omega}{dt} = B \cdot [C_p(n_2, V) \cdot n_2^2 \cdot \text{sign}(n_2) - C_p(n_1, V) \cdot n_1^2 \cdot \text{sign}(n_1)] - M_R \cdot \text{sign}(\omega); \\ \frac{d\psi}{dt} = \omega + k \sin(2 \cdot (\psi + \varphi)); \\ \frac{dy}{dt} = V \sin \psi + v \sin \varphi (|\cos \psi| + 3 |\sin \psi|); \\ \frac{dx}{dt} = V \cos \psi + v \cos \varphi (|\sin \psi| + 3 |\cos \psi|); \\ \tau_D \frac{dP_1}{dt} + P_1 = P_k(n_1, V); \\ \tau_D \frac{dP_2}{dt} + P_2 = P_k(n_2, V); \\ \tau_G \frac{dG_1}{dt} + G_1 = 0,001 \cdot (6,6725 \cdot e^{-0,0046 n_{o1}} \left(\frac{P_{1k}}{0,8} \right)^2 - 52 \cdot e^{-0,00255 n_{o1}} \frac{P_{1k}}{0,8} + \\ + (0,0002 n_{o1}^2 - 0,5263 n_{o1} + 578,7)) \cdot \frac{P_{1k}}{0,8} + G_0; \\ \tau_G \frac{dG_2}{dt} + G_2 = 0,001 \cdot (6,6725 \cdot e^{-0,0046 n_{o2}} \left(\frac{P_{2k}}{0,8} \right)^2 - 52 \cdot e^{-0,00255 n_{o2}} \frac{P_{2k}}{0,8} + \\ + (0,0002 n_{o2}^2 - 0,5263 n_{o2} + 578,7)) \cdot \frac{P_{2k}}{0,8} + G_0. \end{array} \right. \quad (2)$$

где n_1 – частота вращения левого гребного колеса;

n_2 – частота вращения правого гребного колеса;

n_{max} – максимальная частота вращения колеса;

$f_{pr}(\tau, U)$ – кривая разгона частотного привода (программируется при его настройке);

V – линейная скорость движения судна;

m – масса судна;

J – момент инерции судна с учетом присоединенных масс воды относительно центра масс;

M_R – момент силы сопротивления воды; ω – угловая скорость поворота судна относительно центра масс;

U_1, U_2 – управляющие воздействия;

Ω_{cm} – площадь смоченной поверхности корпуса судна;

ζ – коэффициент сопротивления;

ρ – плотность воды;

$C_p(n, V)$ – коэффициент упора, полученный в результате модельных испытаний на этапе проектирования судна;

A, B – коэффициенты, зависящие от конструкции и размеров гребных колес и корпуса судна;

ψ – угол курса судна;

k – коэффициент, зависящий от момента, создаваемого воздействием ветра на корпус судна;

v – константа, определяемая скоростью ветра, аэродинамическим коэффициентом и площадью надводной части корпуса судна;

φ – угол, определяющий направление силы ветрового воздействия;

P_1, P_2 – текущее значение мощности, потребляемой левым и правым гребными колесами;

τ_D – постоянная времени, определяемая инерционными характеристиками дизеля;

τ_G – постоянная времени, определяемая инерционными характеристиками дизеля;

G_1, G_2 – мгновенное значение часового расхода топлива дизеля для левого и правого гребного колеса;

$P_{1,2k}$ – описывается зависимостью

$$P_k(n, V) = \begin{cases} k_1^1 V^2 + k_2^1 V + k_3^1, \text{ при } V < 2,3562n; \\ k_1^2 V^2 + k_2^2 V + k_3^2, \text{ при } 2,3562 \leq V < 2,2833n; \\ -282,89n^4 + 301,65n^3 - 19,81n^2 + 4,8n - 0,0023, \text{ при } V \geq 6,2833. \end{cases} \quad (3)$$

Статическую ошибку (отклонение от заданной траектории в установившемся режиме) можно снизить путем компенсации ветрового воздействия за счет изменения величины и направления вектора тяги гребных колес (формально это сводится к изменению заданного значения курса α_z в (1) в зависимости от условий плавания – поворот носа судна к заданной траектории движения):

$$\alpha_z' = \alpha_z - \Delta\alpha, \quad (4)$$

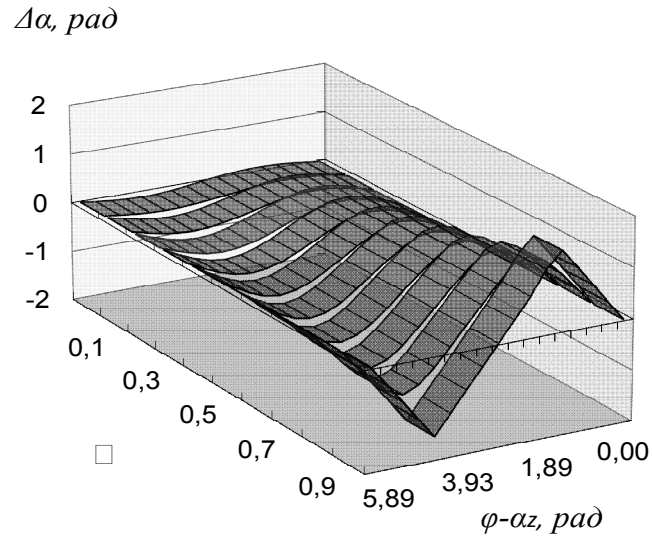
где $\Delta\alpha$ – вводимая поправка.

Величина поправки $\Delta\alpha$ зависит от трех переменных (силы ветрового воздействия v и его направления φ , скорости судна V) и вычисляется как

$$\begin{aligned} \Delta\alpha &= \arcsin \left(\frac{v}{\sqrt{v^2 + V^2 + 2 * v * V * \cos(\varphi - \alpha_z)}} \sin(\varphi - \alpha_z) \right) = \\ &= \arcsin(W \sin(\varphi - \alpha_z)). \end{aligned} \quad (5)$$

В графическом виде зависимость $\Delta\alpha$ (5) представлена на рис. 1. Выбор значения поправки, лежащего на поверхности (5) обеспечивает нулевое отклонение судна от заданной траектории. Однако на практике, для выбранной на поверхности (5) точки имеем некоторое значение параметра W , жестко обуславливающее взаимосвязь между векторами скоростей ветра и судна. При «подстройке» под действующий ветер (что осуществляется изменением скорости судна и изменением его курса), параметр w изменяется (т.е. рабочая точка покидает поверхность на рис. 1). Это приводит к возникновению ошибки (отклонению судна от заданной траектории). Еще более уменьшить эту ошибку можно за счет совместного выбора поправки $\Delta\alpha$ и поправки Δy в (1):

$$\Delta y = v * \sin(\varphi - \alpha_z), \quad y_z' = y_z - \Delta y. \quad (6)$$

Рис. 1. Зависимость поправки $\Delta\alpha$ от условий плавания

На рис. 2 приведены результаты моделирования процесса удержания судна на прямолинейной траектории при боковом ветровом воздействии ($\varphi = \pi/2$, $\nu = 0,2$ и $U_{\text{ход}} = 0,5$ – параметр, определяющий частоту вращения гребных колес, а следовательно скорость движения судна) без коррекции (кривая 1), с корректирующим воздействием $\Delta\alpha$ (кривая 2) и комплексной коррекции по $\Delta\alpha$ и $\Delta\gamma$ (кривая 3). Характерной особенностью является установление фиксированного угла дрейфа (через равновесные точки проведена пунктирная линия).

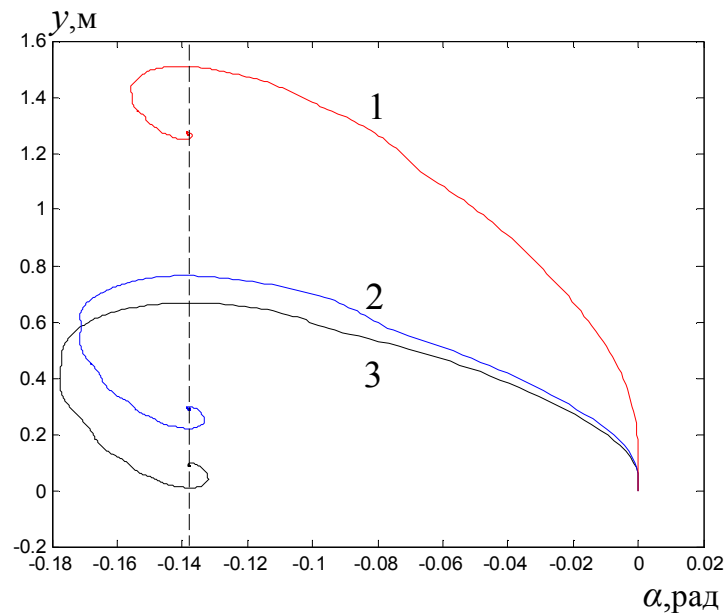


Рис. 2. Изменения отклонения от траектории и угла дрейфа при выходе на стационарные режимы для $\varphi = \pi/2$, $\nu = 0,2$ и $U_{\text{ход}} = 0,5$:
1) без коррекции; 2) с коррекцией $\Delta\alpha$; 3) с комплексной коррекцией

Угол дрейфа определяется направлением ветрового воздействия и зависит от скорости движения судна (рис. 3). Предложенный алгоритм обеспечивает формирование оптимального угла дрейфа при введении начальной коррекции курсового угла и отклонения, существенно снижая при этом отклонение судна от заданной траектории.

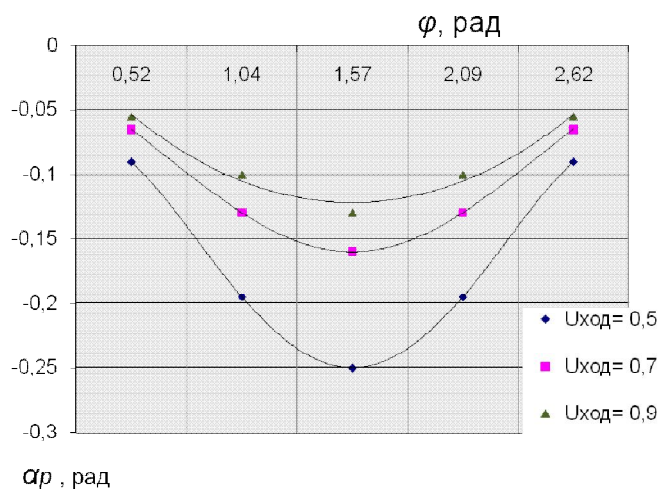


Рис. 3. Зависимость угла дрейфа от направления ветрового воздействия и скорости движения судна

Рисунок 4 иллюстрирует зависимость величины отклонения судна от траектории от направления ветрового воздействия и скорости судна. Специфика судна (малая осадка, большая парусность, два гребных колеса, острая реакция судна на изменение соотношения частот вращения гребных колес) вызывает серьезные трудности при удержании судна на заданной траектории при малых скоростях движения. С увеличением скорости движения (а следовательно количества движения – импульса) ошибка удержания на траектории резко снижается.

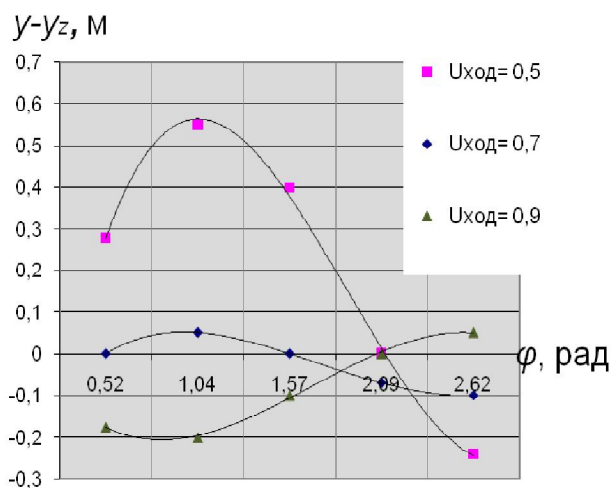


Рис. 4. Зависимость отклонения от заданной траектории при реализации алгоритма с комплексной коррекцией от направления ветрового воздействия и скорости движения судна

Значения установившихся углов дрейфа α_p от параметров движения (силы ветрового воздействия и скорости судна) приведены на рис. 5.

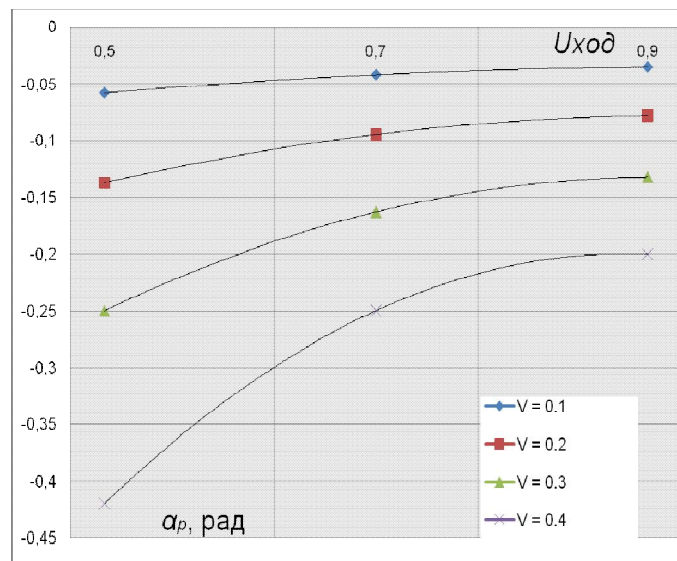
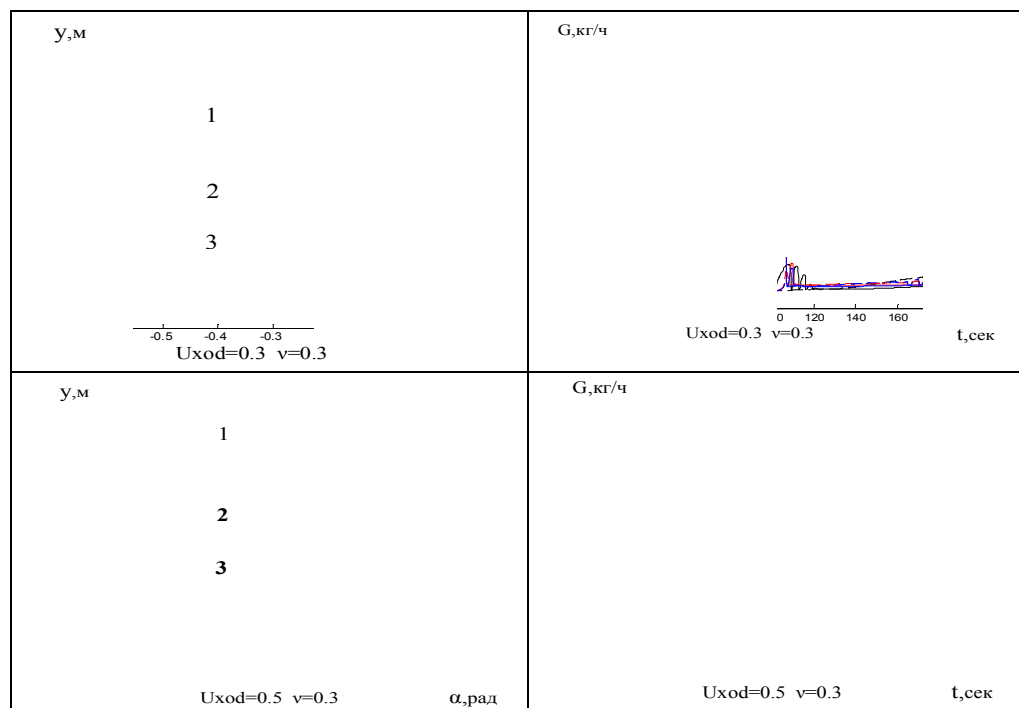


Рис. 5. Установившиеся углы дрейфа для различных условий плавания

Результаты расчетов углов дрейфа, отклонений от заданной траектории и часового расхода топлива при различных скоростях движения судна представлены на рис. 6.



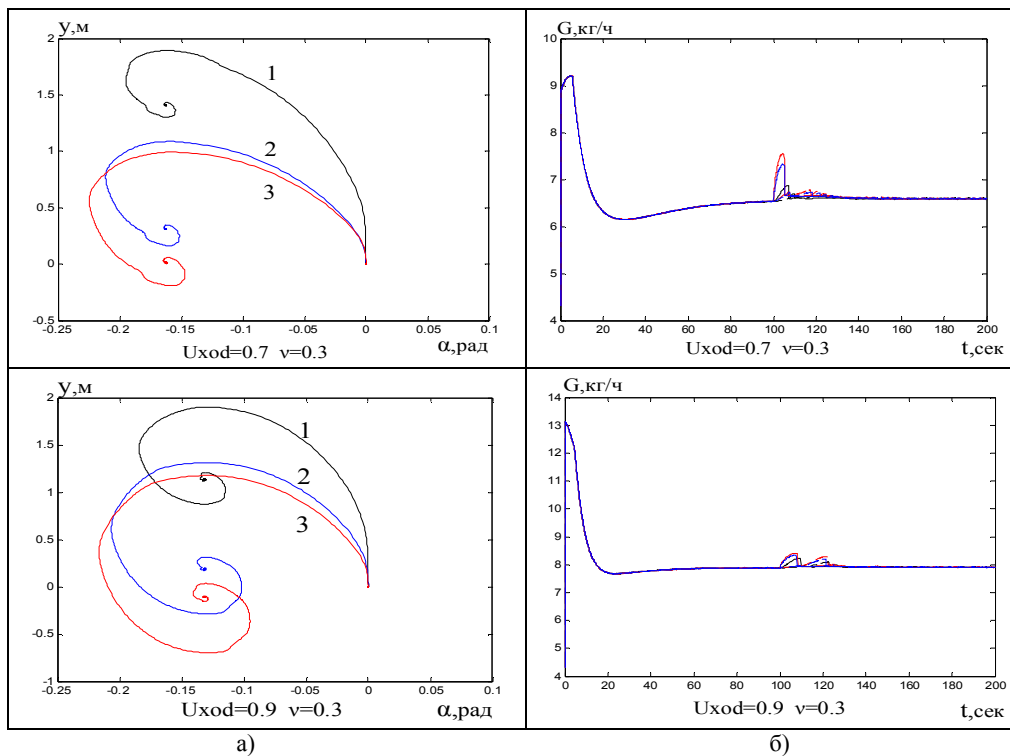


Рис. 6. Зависимость углов дрейфа, отклонений от заданной траектории (а) и часового расхода топлива (б) при различных скоростях движения судна для трех алгоритмов управления: 1) без коррекции; 2) с коррекцией $\Delta\alpha$; 3) с комплексной коррекцией

С ростом скорости движения уменьшается угол дрейфа с 0.54 рад до 0.13 рад, при этом отклонение от заданной траектории снижается до десятков сантиметров, что абсолютно приемлемо для практики (рис. 6а). На рис. 6б представлен часовой расход топлива при реализации трех алгоритмов. Ветровое воздействие ($\varphi = \pi/2$, $v = 0,3$) возникает через 100 сек с момента начала движения. На короткое время часовой расход топлива резко возрастает (причем относительный рост значительно больше при малых скоростях движения). На рис. 7 переходные процессы представлены в увеличенном масштабе. По окончании переходного процесса часовой расход топлива возвращается к значениям, характерным для движения судна без влияния внешних воздействий.

При появлении внешнего воздействия система управления резко увеличивает обороты левого гребного колеса (1 на рис. 7), обеспечивая выход в новое равновесное положение с некоторым углом дрейфа α_p , зависящим от скорости ветра и скорости судна. Правое гребное колесо (2 на рис. 7) обеспечивает поддержание постоянного угла α_p .

Обобщенная картина зависимости расхода топлива (за 100 с) при реализации предложенных алгоритмов и изменяющихся условиях плавания представлена на рис. 8. Горизонтальная ось разбита на 4 сектора, соответствующих используемому алгоритму удержания судна на заданной траектории, по вертикали – нормированные приращения расхода топлива (в раз). Расход топлива при отсутствии ветра для всех скоростей движения принят за 1. Как отмечалось выше, наибольшие трудности возникают при удержании судна на траектории при малых скоростях движения (кривая для $U_{xod} = 0,3$ на рис. 8). При воздействии ветра и отсутствии корректирующих воз-

действий расход топлива возрастает на 5% (2 сектор на рис. 8), при коррекции по $\Delta\alpha$ – на 7,2% (3 сектор), при комплексной коррекции – на 7,7% (4 сектор).

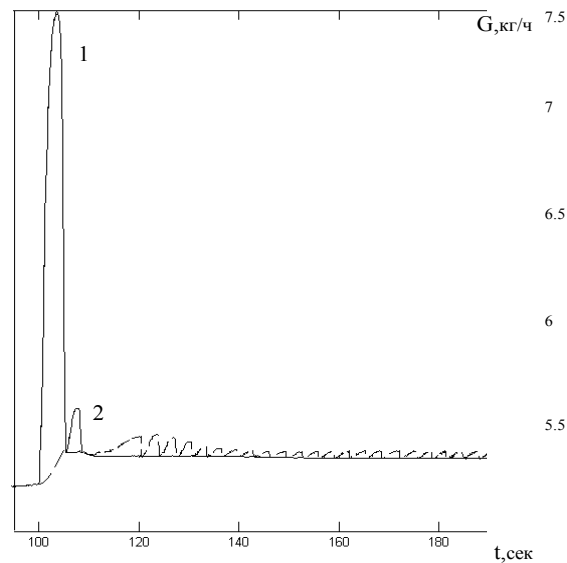


Рис. 7. Зависимость часового расхода топлива для левого и правого дизеля при $v=0.3$, $U_{ход}=0.5$ (1 – левый, 2 – правый)

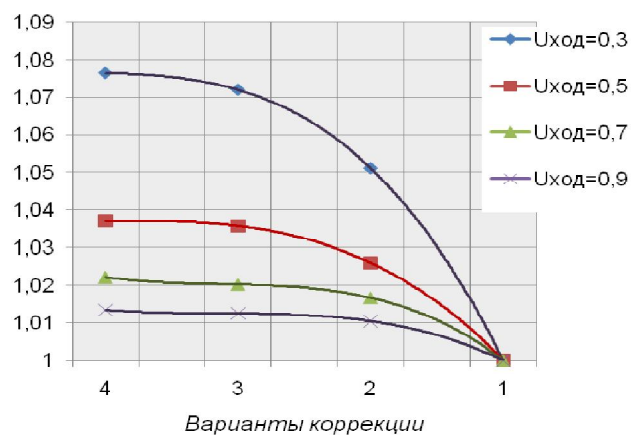


Рис. 8. Изменения расхода топлива при реализации различных алгоритмов для $v=0.3$: 1 – нет ветра; 2 – без коррекции; 3 – коррекция по $\Delta\alpha$; 4 – коррекция по $\Delta\alpha$ и $\Delta\gamma$

При больших скоростях расход топлива резко снижается, мало зависит от модификации алгоритма и для $U_{ход} = 0.9$ возрастает не более чем 1,3%. Следует отметить, что при использовании алгоритма с комплексной коррекцией хотя и наблюдается максимальный расход топлива, погрешность удержания на траектории судна многократно снижается и не превышает десятков сантиметров.

Таким образом, проведенные исследования показывают:

- предложенные алгоритмы управления обеспечивает удержание судна на заданной траектории при внешних возмущающих воздействиях;
- введение поправки для курсового угла (5) и отклонения (6) снижает величину отклонения судна от заданной траектории при внешних воздействиях до десятков

сантиметров, что приемлемо для практики, обеспечивая при этом высокую энергоэффективность процесса управления.

Список литературы:

- [1] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Плющаев В.И. Синтез алгоритма управления движением судна с колесным движительно-рулевым комплексом // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 34–39.
- [2] Грошева Л.С., Плющаев В.И., Соловьев Д.С. Моделирование динамики судна с колесным движительно-рулевым комплексом с учетом ветрового воздействия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2013. – № 2. – С. 21–26.
- [3] Грошева Л.С., Плющаев В.И., Поляков И.С., Соловьев Д.С. Исследование устойчивости и качества системы автоматического управления удержанием судна с колесным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории при изменении условий плавания // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2014 – № 2. – С. 21–26.
- [4] Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Плющаев В.И. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом // Речной транспорт (XXI век). Москва. – № 6. – 2014. – С. 29–31.
- [5] Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движителем на курсе // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – С. 48–55.
- [6] Плющаев В.И., Соловьев Д.С. Снижение влияния внешних воздействий на процесс удержания судна с колесным движителем на курсе // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 40. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2014. – С. 61–65.
- [7] Грошева Л.С., Плющаев В.И., Поляков И.С. Математическая модель для исследования расхода топлива в различных эксплуатационных режимах судна с колесным движительно – рулевым комплексом // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1. – С. 29–36.

THE PADDLE WHEELS VESSEL HELD ON A GIVEN COURSE ALGORITHMS EFFICIENCY ANALYSIS

L.S. Grosheva, V.I. Pluyshchaev

Keywords: ship, wheel vessel propulsion and steering complex, adaptive algorithm, fuel consumption.

Fundamentally new vessels with wheel propulsion and steering system have appeared in Russia. The vessels do not have a traditional steering wheel. The vessels handling is carried out by the paddle wheel rotating frequency ratio changing. It provides the improved vessel handling and at the same time makes it very difficult for the navigator to hold the vessel on a given course. The article deals with the energy-efficient algorithm synthesis concerning the vessel with wheel propulsion and steering complex on a given course retention under the external influences.

Статья поступила в редакцию 08.04.2016 г.

УДК 519.21

Е.В. Кувыкина, к.ф.-м.н., доцент ИИТММ ННГУ им. Н.И.Лобачевского
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И.Лобачевского», ННГУ им. Н.И.Лобачевского
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФЛИКТНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В КЛАССЕ АЛГОРИТМОВ С ДООБСЛУЖИВАНИЕМ

Ключевые слова: алгоритм с дообслуживанием, циклический алгоритм, поток Пуассона, поток Барлетта, оптимальные параметры управления.

Рассмотрена система управления потоками машин на перекрестке в классе алгоритмов с дообслуживанием. Отмечена специфика транспортных потоков, которая заключается в изменении их интенсивности в течение суток и вероятностной структуры под влиянием случайных факторов, например, погоды. Поведение системы изучено численно с применением метода имитационного моделирования. Проведено сравнение алгоритма с дообслуживанием и простейшего циклического алгоритма. Установлены адаптивные свойства данного класса алгоритмов с обратной связью к изменению интенсивностей и вероятностной структуры входных потоков.

Задачи анализа и оптимизации систем управления дорожным движением представляют значительный интерес точки зрения приложений. В данной работе четырехсторонний транспортный перекресток рассматривается как система массового обслуживания с ожиданием. Входными потоками π_1, π_2 являются пересекающиеся транспортные потоки, прибывающие к перекрестку. Под обслуживанием понимается проезд машинами перекрестка. Роль обслуживающего устройства (ОУ) выполняет автомат-светофор. Алгоритм, управляющий сменой сигналов светофора, принадлежит классу алгоритмов с дообслуживанием [1]. Пусть ОУ имеет 6 режимов работы $\Gamma^{(1)}, \dots, \Gamma^{(6)}$. Режимы $\Gamma^{(1)}$ и $\Gamma^{(5)}$ – это основной и дополнительный зеленый свет в направлении потока π_1 и красный свет для π_2 . Режимы $\Gamma^{(3)}$ и $\Gamma^{(6)}$ соответствуют основному и дополнительному обслуживанию только машин потока π_2 . Желтый сигнал светофора реализован в виде режимов $\Gamma^{(2)}$ и $\Gamma^{(4)}$, в которых обслуживание потоков не производится. Они необходимы для безаварийной работы системы и являются специфической особенностью транспортных перекрестков. Каждый режим соответствует обслуживанию не более, чем одного из потоков. Следовательно, входные потоки π_1, π_2 являются конфликтными [2]. Предполагается, что в режиме $\Gamma^{(r)}$ ОУ находится фиксированное время $T_r, r = \overline{1,6}$. Длительности $T_r, r = \overline{1,6}$ являются параметрами управляющего алгоритма. Смена режимов работы ОУ происходит в специальные моменты времени $\theta_i, i \geq 0$.

Рассмотрим управляющий алгоритм с дообслуживанием. Пусть $\Gamma(t)$ – случайное отображение и $\alpha_j(t)$ – случайная величина, которые характеризуют режим ОУ и размер очереди по потоку π_j в момент времени t соответственно, и $\Gamma_i = \Gamma(\theta_i), \alpha_{j,i} = \alpha_j(\theta_i), j = 1, 2$. Причем, $\Gamma_i = \Gamma(\theta_i + 0), \alpha_{j,i} = \alpha_j(\theta_i - 0)$. Тогда

$$\Gamma_{i+1} = U(\Gamma_i, \mathfrak{x}_{1,i+1}, \mathfrak{x}_{2,i+1}) =$$

$$\begin{cases} \Gamma^{(1)}, \Gamma_i = \Gamma^{(4)}, \\ \Gamma^{(2)}, (\Gamma_i = \Gamma^{(1)} \vee \Gamma_i = \Gamma^{(5)}) \wedge (\mathfrak{x}_{1,i+1} = 0 \vee \mathfrak{x}_{2,i+1} > N_2), \\ \Gamma^{(3)}, \Gamma_i = \Gamma^{(2)}, \\ \Gamma^{(4)}, (\Gamma_i = \Gamma^{(3)} \vee \Gamma_i = \Gamma^{(6)}) \wedge (\mathfrak{x}_{1,i+1} > N_1 \vee \mathfrak{x}_{2,i+1} = 0), \\ \Gamma^{(5)}, (\Gamma_i = \Gamma^{(1)} \vee \Gamma_i = \Gamma^{(5)}) \wedge (\mathfrak{x}_{1,i+1} > 0 \wedge \mathfrak{x}_{2,i+1} \leq N_2), \\ \Gamma^{(6)}, (\Gamma_i = \Gamma^{(3)} \vee \Gamma_i = \Gamma^{(6)}) \wedge (\mathfrak{x}_{1,i+1} \leq N_1 \wedge \mathfrak{x}_{2,i+1} > 0). \end{cases}$$

Пусть в момент θ_0 ОУ переходит в режим $\Gamma^{(2)}$. Затем в момент θ_1 включается режим $\Gamma^{(3)}$, в котором в течение T_3 единиц времени обслуживается поток π_2 . В момент окончания зеленого света для π_2 система принимает решение о продлении обслуживания π_2 (режим $\Gamma^{(6)}$) или о завершении обслуживания и включении желтого света (режим $\Gamma^{(4)}$). Выбирается $\Gamma^{(6)}$, если очередь по второму потоку больше 0 и очередь по первому потоку не превосходит критическое значение N_1 , и режим $\Gamma^{(4)}$ в противном случае. Заметим, что N_1 зависит от технических характеристик перекрестка, поэтому на принятие решения, в основном, влияет очередь по потоку π_2 , и его можно назвать информативным. Из режима $\Gamma^{(6)}$ ОУ переходит в режим $\Gamma^{(4)}$, если нарушается одно из перечисленных выше условий, или снова включается $\Gamma^{(6)}$ и т.д. Таким образом, режим $\Gamma^{(6)}$ обеспечивает дообслуживание потока π_2 . Режим $\Gamma^{(4)}$ с необходимостью следует за $\Gamma^{(3)}$ или $\Gamma^{(6)}$. После $\Gamma^{(4)}$ наступает режим $\Gamma^{(1)}$, соответствующий основному зеленому сигналу для машин потока π_1 . Условия включения режима $\Gamma^{(5)}$ после $\Gamma^{(1)}$ аналогичны условиям включения $\Gamma^{(6)}$, но в качестве информативного рассматривается поток π_1 . По окончании обслуживания первого потока ОУ переходит в режим $\Gamma^{(2)}$ и весь цикл переключений повторяется. Таким образом, режимы $\Gamma^{(r)}$, $r = \overline{1,4}$ являются обязательными, а $\Gamma^{(5)}$ и $\Gamma^{(6)}$ могут и не наступить в течение одного цикла переключений. Длительность минимального цикла переключений $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$. Таким образом, алгоритм с дообслуживанием является алгоритмом с обратной связью, так как переключение режимов зависит от очередей по каждому из потоков. Вместе с тем, в основе его лежит простейший циклический алгоритм [2–4], что делает его легко реализуемым на практике.

Рассмотрим далее входные потоки системы. Специфика транспортных потоков заключается в том, что их интенсивность существенно зависит от времени суток. Она достигает своего максимума в часы пик, несколько снижается в середине дня и падает до минимума в ночные часы. Вероятностная структура транспортных потоков может изменяться под влиянием внешних факторов, например, погоды. Так, при хороших погодных условиях машины движутся независимо друг от друга. Ухудшение погоды приводит к ограничению возможностей маневрирования в потоке, и за медленно движущимися машинами начинают скапливаться быстрые. Возникают транспортные пачки. При этом, чем хуже погода, тем больше среднее число машин в пачке. В таком потоке интервалы между моментами поступления заявок образуют сложную

статистическую связь. Таким образом, при одной и той же интенсивности поступления машин структура транспортных потоков может быть существенно различной.

Данная работы посвящена изучению влияния интенсивностей и вероятностной структуры входных потоков как на оптимальные параметры алгоритма с дообслуживанием, так и на поведение системы в целом. В качестве показателя эффективности работы ОУ выбраны средние задержки γ произвольной машины на перекрестке, которые определяются соотношением

$$\gamma = \frac{(\lambda_1 \gamma_1 + \lambda_2 \gamma_2)}{(\lambda_1 + \lambda_2)},$$

где λ_j – интенсивность и

γ_j – средние задержки произвольной машины потока π_j , $j = 1, 2$.

Оптимальными являются параметры управления, при которых средние задержки минимальны. Аналитическое решение данной задачи не представляется возможным, поэтому в работе использованы численные методы исследования и, в частности, метод имитационного моделирования. Построена имитационная модель работы системы, которая позволяет находить статистическую оценку для γ и используется для определения квазиоптимальных параметров управления. Отметим ключевые подходы к моделированию работы транспортного перекрестка. Имитация входного потока π_j выполнена в виде последовательности моментов поступления требований в систему. Это позволяет следить за каждой машиной от момента ее прибытия к перекрестку до момента, когда она его покидает. Потоки π_1, π_2 с независимым движением машин в модели реализованы как потоки Пуассона с интенсивностями λ_1 и λ_2 соответственно. Потоки транспортных пачек представлены как потоки Бартлетта [1] той же интенсивности. В этом случае поток π_j описывается нелокально [5] с помощью векторной случайной последовательности $\{(\tau_{j,i}, \eta_{j,i}), i \geq 0\}$, $j = 1, 2$. Моменты наблюдения $\tau_{j,i}, i \geq 0$ – это моменты поступления медленных машин в потоке π_j , т.е. первых требований в пачках. Пусть $\eta_{j,i}$ – число машин потока π_j , поступивших на интервале $[\tau_{j,i}, \tau_{j,i+1})$ или, другими словами, число машин в i -й пачке, тогда

$$P(\eta_{j,i} = 1) = 1 - r_j$$

$$P(\eta_{j,i} = k) = r_j (1 - g_j) g_j^{k-2}, k \geq 2,$$

$$0 < r_j, g_j < 1, j = 1, 2.$$

Нетрудно видеть, что для π_j среднее число машин в пачке

$$M\eta_{j,i} = 1 + \frac{r_j}{(1 - g_j)}, j = 1, 2.$$

Процесс обслуживания заявок предполагает, что каждая машина потока π_j тратит на переезд перекрестка некоторое фиксированное время $\frac{1}{\mu_j}$, так что μ_j – интенсивность обслуживания заявок потока π_j , $j = 1, 2$. Однако этих предположений

недостаточно для описания процесса обслуживания машин на перекрестке. Необходимо задать также стратегию δ механизма обслуживания [1, 2], т.е. правило, согласно которому заявки отбираются на обслуживание. В имитационной модели перекрестка использована экстремальная стратегия δ_0 вида

$$\overline{\xi_{j,i}} = \min \{ \overline{v_{j,i}} + \overline{\xi_{j,i}}, \xi_{j,i} \}, j = 1, 2.$$

Здесь случайные величины $v_{j,i}, \overline{\xi_{j,i}}$ определяют число заявок потока π_j , поступивших в систему и реально обслуженных на интервале (θ_i, θ_{i+1}) соответственно. Случайная величина $\xi_{j,i}$ – максимально возможное число машин, которые могут быть обслужены за период (θ_i, θ_{i+1}) по π_j . Это означает, что на каждом интервале (θ_i, θ_{i+1}) по потоку π_j обслуживается либо максимально возможное число машин, либо все заявки из меньшего числа, находившиеся в очереди в момент θ_i и поступившие в систему за время (θ_i, θ_{i+1}) .

Имитационная модель системы программно реализована в среде Microsoft Visual Studio 2008 на языке программирования C++ с использованием принципов объектно-ориентированного программирования. Для иллюстрации численных результатов, полученных в работе, рассмотрим следующий конкретный пример. Без ограничения общности будем полагать, что интенсивности потоков π_1, π_2 совпадают и в зависимости от времени суток изменяются от 0.05 до 0.4 (маш./с). Погода может находиться в одном из трех состояний «ясно», «туман», «дождь», которые определяют вероятностную структуру входных потоков. Так, «ясно» означает, что на вход системы поступают пуассоновские потоки. В состояниях «туман» и «дождь» входные потоки являются потоками Бартлетта с параметрами $r_j = 0.7, g_j = 0.8$ и $r_j = 0.9, g_j = 0.95$ соответственно, $j = 1, 2$. Интенсивности обслуживания μ_1, μ_2 по потокам π_1, π_2 также совпадают, и $\mu_1 = \mu_2 = 1$ маш./с. Длительности T_2, T_4 желтого света определяются техническими параметрами перекрестка и являются постоянными, в реальных транспортных системах, как правило, $T_2 = T_4 = 4$ с. Интервалы продления обслуживания T_5, T_6 целесообразно выбирать небольшими, например, на уровне желтого света, чтобы сократить время отклика системы на изменение очередей по потокам π_1, π_2 . В данном случае $T_5 = T_6 = 4$ с. Таким образом, оптимизация работы системы проводится по параметрам T_1 и T_3 , которые описывают длительности основного зеленого света в направлении потоков π_1 и π_2 соответственно. Для наглядности численные результаты представлены в виде таблицы 1.

В таблице 1 буква П обозначает пуассоновский входной поток, T_1^*, T_3^* – квази-оптимальные параметры управления, γ^* – статистическая оценка среднего времени пребывания произвольной машины на перекрестке, n_j – среднее число включений дополнительного зеленого света в направлении потока π_j за один цикл переключений режимов ОУ, $j = 1, 2$.

Таблица 1

Основные численные результаты

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Погодные условия	Ясно	Ясно	Туман	Ясно	Ясно	Ясно	Дождь	Дождь
2	Время суток	00:00-03:00	03:00-06:00	06:00-08:00	08:00-10:00	10:00-12:00	12:00-17:00	17:00-20:00	20:00-00:00
3	λ_1 [маш./с]	0.05	0.1	0.2	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2
4	λ_2 [маш./с]	0.05	0.1	0.2	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2
5	$M\eta_{1,i} = M\eta_{2,i}$ [маш]	П	П	4.5	П	П	П	19	19
Циклический алгоритм									
6	T_1^* [с]	4	4	20	25	13	7	81	47
7	T_3^* [с]	4	4	20	25	13	7	79	51
8	γ^* [с]	5.8	5.7	16.4	21.9	11.5	7.9	121.7	43.3
Алгоритм с дообслуживанием									
9	T_1^* [с]	4	4	4	7	4	4	13	11
10	T_3^* [с]	4	4	4	7	4	4	10	8
11	γ^* [с]	5.8	5.7	11	15.2	9.2	7.0	55.3	26.3
12	n_1	0	0	0.6	2.9	0.9	0.3	4.5	0.9
13	n_2	0	0	0.6	2.9	0.9	0.3	4.8	1.1
14	T_1 [с]	4	4	4	4	4	4	4	4
15	T_3 [с]	4	4	4	4	4	4	4	4
16	γ^* [с]	5.8	5.7	11	16	9.2	7.0	67	28.1
17	n_1	0	0	0.6	4.0	0.9	0.3	3.7	0.8
18	n_2	0	0	0.6	4.1	0.9	0.3	3.7	0.8

Анализ полученных результатов показывает, что при малой интенсивности входных потоков (столбцы 2, 3 таблицы 1) алгоритм с дообслуживанием работает как циклический, так как режимы дополнительного зеленого света не наступают ($n_1 = n_2 = 0$). С ростом интенсивностей входных потоков и при увеличении среднего числа машин в пачках в потоках Бартлетта проявляются преимущества алгоритма с дообслуживанием перед циклическим управлением (строки 8, 11 в таблице 1). Применение указанного алгоритма с обратной связью позволяет, во-первых, значительно сократить минимальные средние задержки γ^* , во-вторых, уменьшить длительность T минимального цикла переключений, которая складывается из времени пребывания ОУ в обязательных режимах. Это делает алгоритм более чувствительным к изменению внешних условий. Об адаптивных свойствах алгоритма с дообслуживанием свидетельствует изменение параметров n_1 и n_2 при изменениях внешней среды (строки 12, 13 в таблице 1). Кроме того, установлено, что, если $T_1 = T_3 = 4$ с, то алгоритм с дообслуживанием работает значительно эффективнее оптимального циклического, несмотря на то, что эти управляющие параметры наилучшими не являются (строки 16–18 в таблице 1).

Таким образом, для управления потоками транспорта на перекрестке можно применять один и тот же алгоритм с дообслуживанием, независимо от времени суток и погоды, так как за счет адаптивных свойств алгоритм сам подстраивается к изменению интенсивностей и вероятностной структуры входных потоков.

Полученные в работе численные результаты свидетельствуют о том, что алгоритм с дообслуживанием, хотя и близок к простейшему алгоритму, имеет ряд существенных преимуществ, которые проявляются в процессе функционирования реальной транспортной системы.

Список литературы:

- [1] Кувькина Е.В. Математическая модель процесса управления конфликтными потоками Барлетта в классе алгоритмов с дообслуживанием // Моделирование динамических систем: Сборник научных трудов Нижегородского филиала института машиноведения РАН. – Н. Новгород: Изд. общества «Интелсервис», 2007. – С. 72–75.
- [2] Пройдакова Е.В. Федоткин М.А. Управление выходными потоками в системе с циклическим обслуживанием и переналадками. / Автоматика и телемеханика. РАН. – № 6. 2008. – С. 96–106.
- [3] Зорин А.В., Кузнецов Н.Ю., Кузнецов И.Н. Анализ стохастической модели сообщающихся систем массового обслуживания с повторными вызовами и циклическим алгоритмом управления в случайной среде / Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 5-1. – С. 217–223.
- [4] Зорин А.В. Вычисление стационарного распределения числа обслуженных требований // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 3-2. – С. 47–54.
- [5] Федоткин М.А. Оптимальное управление конфликтными потоками и маркированные точечные процессы с выделенной дискретной компонентой. I // Лит. матем. сб. 1988. – Т. 28. – № 4.

THE CONFLICT TRAFFIC FLOWS CONTROL SYSTEM INVESTIGATION IN THE AFTER-SERVICE ALGORITHMS CLASS

E. V. Kuvykina

Key words: after-service algorithms, cyclic algorithm, Poisson flow, Bartlett flow, optimal control parameters

The article considers the machines flow control system at the crossroads in the after-service algorithms class. The traffic flows specificity, which is changing their intensity during the day and the probabilistic structure under the occasional factors influence, such as the weather, have been considered. Simulation method is used for the system behavior analysis. The after-service algorithm is compared to a simple cyclic algorithm. This algorithms class adaptive properties with the feedback towards the intensities change and the input streams probabilistic structure are set.

Статья поступила в редакцию 09.04.2016 г.

УДК 519.2

М.А. Федоткин, д. ф.-м.н., профессор Института Информационных технологий, математики и механики (ИТММ),

М.А. Рачинская, ассистент Института ИТММ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКОВ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПРИОРИТЕТНОСТИ

Ключевые слова: неординарный пуассоновский поток, пороговый приоритет, цепь Маркова, одномерные распределения.

Изучается система управления потоками и обслуживания их требований в случае, когда имеется приоритетный низкоинтенсивный поток и неприоритетный высокоинтенсивный поток. Построена математическая модель функционирования системы в виде управляемой пятимерной последовательности. Доказано, что такая последовательность является однородной цепью Маркова. Произведена классификация состояний цепи Маркова. Представлены рекуррентные соотношения между одномерными распределениями цепи Маркова.

Постановка задачи

Рассматривается система управления $m \geq 2$ независимыми конфликтными [1, 2] потоками Π_j , $1 \leq j \leq m$, и обслуживания их требований. Относительно потоков предполагается следующее. Во-первых, потоки имеют одинаковую вероятностную структуру – неординарный пуассоновский поток с интенсивностью вызывающих моментов λ_j и вероятностями p_j , q_j и s_j появления пачки из одного, двух или трех требований соответственно ($p_j + q_j + s_j = 1$). Отметим здесь, что, варьируя значения указанных вероятностей, можно получить простейший поток или поток Гнеденко-Коваленко [3]. Во-вторых, потоки Π_j (здесь и далее $1 \leq j \leq m$, если не указано иное) имеют различную приоритетность. Так, выделяется поток Π_1 – приоритетный низкоинтенсивный поток, потоки Π_j , $2 \leq j \leq m-1$, суть неприоритетные низкоинтенсивные потоки, а поток Π_m – неприоритетный высокоинтенсивный поток. Поступая в систему и не получая обслуживания мгновенно, требования каждого потока заполняют соответствующий накопитель неограниченной вместимости, организованный согласно дисциплине очереди. В устройстве, совершающем управление потоками и обслуживание их требований, выделено $2m+1$ состояние:

– В состоянии вида $\Gamma^{(2j-1)}$ при $1 \leq j \leq m-1$ с интенсивностью μ_j обслуживающим устройством совершается обслуживание требований потока Π_j ;

– После состояния обслуживания вида $\Gamma^{(2j-1)}$, $1 \leq j \leq m-1$, должно следовать состояние вида $\Gamma^{(2j)}$, выделенное для дообслуживания требований потока Π_j и совершения переналадочных работ с целью обеспечения безопасности перехода от обслуживания требований одного потока к другому потоку в случае конфликтности потоков;

– Для высокоинтенсивного потока Π_m выделено два состояния обслуживания его требований: $\Gamma^{(2m-1)}$ и $\Gamma^{(2m)}$ – с интенсивностями обслуживания μ_j и μ'_j соответственно;

– Наконец, в состоянии $\Gamma^{(2m+1)}$, следующим за $\Gamma^{(2m)}$, происходит дообслуживание требований потока Π_m и переналадка обслуживающего устройства.

Предполагается, что обслуживающее устройство находится в состоянии вида $\Gamma^{(k)}$, $1 \leq k \leq 2m+1$, в течение фиксированного времени T_k , после чего устройством принимается решение о переключении состояния. Также принята экстремальная стратегия обслуживания, которая предполагает, что в состоянии вида $\Gamma^{(2j-1)}$, $1 \leq j \leq m$, или $\Gamma^{(2m)}$, выделенного для обслуживания некоторого потока, из очереди ожидания выбирается на обслуживание как можно большее количество требований, но не превышающее величины $l_j = [\mu_j T_{2j-1}]$, $1 \leq j \leq m$, или $l'_m = [\mu'_m T_{2m}]$ – пропускной способности устройства в соответствующем состоянии (предполагается, что $l_m \geq l'_m$). Таким образом, находясь в состоянии обслуживания некоторого потока, устройство не простаивает, пока в очереди по этому потоку есть хотя бы одно требование.

Обозначим через τ_i , $i = 0, 1, \dots$, случайные моменты переключения состояния обслуживающего устройства. Случайность таких моментов в данном случае обусловлена тем, что длительности пребывания устройства в различных состояниях различны и можно задать начальное распределение состояния обслуживающего устройства в момент $\tau_0 \geq 0$ первой наблюдаемой смены состояния. Введем также следующие случайные величины и элементы: $\Gamma_i \in \Gamma = \{\Gamma^{(1)}, \Gamma^{(2)}, \dots, \Gamma^{(2m+1)}\}$ – случайное состояние обслуживающего устройства на промежутке времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$; $\eta_{j,i} \in \{0, 1, \dots\}$ – случайное число требований потока Π_j , поступивших в систему на промежутке времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$; $\kappa_{j,i} \in X = \{0, 1, \dots\}$ – случайное число требований потока Π_j , находящихся в очереди ожидания в момент времени τ_i ; $\xi_{j,i}$ – случайное число требований потока Π_j , которое может быть максимально обслужено на промежутке времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$; $\xi'_{j,i} \in Y_j = \{0, 1, \dots, l_j\}$ – случайное число требований потока Π_j , которое было реально обслужено на промежутке времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$; $\xi'_{j,-1} \in \{0, 1, \dots\}$ – случайное число требований потока Π_j , которое было обслужено на промежутке времени $[0, \tau_0)$. Здесь $\xi_{j,i} \in \{0, l_j\}$ для $1 \leq j \leq m-1$ и $\xi_{m,i} \in \{0, l'_m, l_m\}$.

В работе [4] были найдены соотношения для одномерных распределений неординарного пуассоновского потока в случае, когда в вызывающей момент может прийти одновременно от одного до трех требований. Согласно этому результату, условное распределение величины $\eta_{j,i}$ имеет вид $P(\eta_{j,i} = n \mid \Gamma_i = \Gamma^{(k)}) = \varphi_j(n, T_k)$, где $n \in \{0, 1, \dots\}$ и

$$\varphi_j(n, t) = e^{-\lambda_j t} \sum_{u=0}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \sum_{v=0}^{\lfloor \frac{n-2u}{2} \rfloor} p_j^{n-2u-3v} q_j^u s_j^v \frac{(\lambda_j t)^{n-u-2v}}{u!v!(n-2u-3v)!}.$$

Кроме того, были найдены следующие выражения для производящих функций:

$$\Psi_j(T_k, z) = \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_j(n, T_k) z^n = \exp\{\lambda_j T_k (s_j z^3 + q_j z^2 + p_j z - 1)\}.$$

Переключение обслуживающего устройства в момент τ_{i+1} на новое состояние происходит согласно следующей функции:

$$\Gamma_{i+1} = u(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \eta_{1,i}) = \begin{cases} \Gamma^{(k+1)} & \text{при } \Gamma_i = \Gamma^{(k)} \in \Gamma \setminus \{\Gamma^{(2m-2)}, \Gamma^{(2m)}, \Gamma^{(2m+1)}\}; \\ \Gamma^{(2m-1)} & \text{при } \Gamma_i = \Gamma^{(2m-2)}, \kappa_{1,i} + \eta_{1,i} < H_1; \\ \Gamma^{(2m)} & \text{при } \Gamma_i = \Gamma^{(2m-2)}, \kappa_{1,i} + \eta_{1,i} \geq H_1 \text{ или } \Gamma_i = \Gamma^{(2m)}, \kappa_{1,i} + \eta_{1,i} < H_1; \\ \Gamma^{(2m+1)} & \text{при } \Gamma_i = \Gamma^{(2m)}, \kappa_{1,i} + \eta_{1,i} \geq H_1; \\ \Gamma^{(1)} & \text{при } \Gamma_i = \Gamma^{(2m+1)}. \end{cases}$$

Заметим, что в связи с высокой интенсивностью требований потока Π_m для его обслуживания выделено 2 состояния, причем в состоянии $\Gamma^{(2m)}$ может происходить продление обслуживания. В свою очередь, приоритет потока Π_1 выражается в том, что в случае, если количество требований в очереди по этому потоку достигает порогового значения $H_1 \in \{1, 2, \dots\}$, то обслуживающее устройство не дает продления обслуживания потоку Π_m , а переходит к обслуживанию требований приоритетного потока Π_1 . Такой приоритет будем называть пороговым.

Экстремальную стратегию обслуживания можно выразить с помощью соотношения $\xi'_{j,i} = \min\{\kappa_{1,i} + \eta_{1,i}, \xi_{j,i}\}$. Обозначим $M = \{1, 2, \dots, 2m + 1\}$ – множество индексов состояний обслуживающего устройства. Тогда условное распределение случайной величины $\xi_{j,i}$ задается следующим выражением:

$$P(\xi_{j,i} = b \mid \Gamma_i = \Gamma^{(k)}) = \beta_j(b, \Gamma^{(k)}) = \begin{cases} 1 \text{ при } b = 0, k \in M \setminus \{2j - 1\}, 1 \leq j \leq m - 1; \\ 1 \text{ при } b = 0, k \in M \setminus \{2m - 1, 2m\}, j = m; \\ 1 \text{ при } b = l_j, k = 2j - 1, 1 \leq j \leq m; \\ 1 \text{ при } b = l'_m, k = 2m, j = m; \\ 0 \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Отметим, что в данной системе наибольший интерес вызывают динамика изменения очередей для потоков Π_1 и Π_m . Поступление требований в систему по данным потокам происходит независимым образом. В то же время, связь между ними существенно проявляется при принятии решения о продлении обслуживания потока Π_1 или переходе к обслуживанию потока Π_m в зависимости от количества ожидающих требований потока Π_1 . В связи с этими рассуждениями предлагается сконцентрировать свое внимание на изучении вектора $(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{m,i}, \xi'_{1,i-1}, \xi'_{m,i-1})$, который будем называть состоянием системы. Такой вектор для каждого промежутка $[\tau_i, \tau_{i+1})$ несет информацию о состоянии обслуживающего устройства на этом промежутке, количестве требований по потокам Π_1 и Π_m в начале этого промежутка и количестве требований потоков Π_1 и Π_m , покинувших систему на предшествующем промежутке $[\tau_{i-1}, \tau_i)$. Справедливо следующее соотношение, описывающее динамику функционирования системы:

$$\begin{aligned} & (\Gamma_{i+1}, \kappa_{1,i+1}, \kappa_{m,i+1}, \xi'_{1,i}, \xi'_{m,i}) = \\ & = (u(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \eta_{1,i}), \max\{0, \kappa_{1,i} + \eta_{1,i} - \xi_{1,i}\}, \max\{0, \kappa_{m,i} + \eta_{m,i} - \xi_{m,i}\}, \\ & \min\{\kappa_{1,i} + \eta_{1,i}, \xi_{j,i}\}, \min\{\kappa_{m,i} + \eta_{m,i}, \xi_{m,i}\}). \end{aligned} \quad (1)$$

Удачный выбор дискретных моментов, в которые происходит отслеживание состояния системы, функционирующей в непрерывном времени, позволяет доказать следующую теорему.

Теорема 1.

Векторная последовательность

$$\{(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{m,i}, \xi'_{1,i-1}, \xi'_{m,i-1}); i = 0, 1, \dots\} \quad (2)$$

с заданным начальным распределением вектора $(\Gamma_0, \kappa_{1,0}, \kappa_{m,0}, \xi'_{1,-1}, \xi'_{m,-1})$ является однородной цепью Маркова.

Доказательство. Введем следующие обозначения для случайных событий:

$$A_{0,i} = \{\Gamma_r = \Gamma^{(k_r)}, \kappa_{1,r} = x_{1,r}, \kappa_{m,r} = x_{m,r}, \xi'_{1,r-1} = y_{1,r}, \xi'_{m,r-1} = y_{m,r}, r = \overline{0, i}\},$$

$$A_i = \{\Gamma_i = \Gamma^{(k_i)}, \kappa_{1,i} = x_{1,i}, \kappa_{m,i} = x_{m,i}, \xi'_{1,i-1} = y_{1,i}, \xi'_{m,i-1} = y_{m,i}\}.$$

Здесь $k_r \in M$, $x_{1,r}, x_{m,r} \in X$, $y_{1,r} \in Y_1$, $y_{m,r} \in Y_m$ для любого $r \in \{0, 1, \dots\}$. Необходимо доказать марковское свойство, которое в терминах введенных обозначений примет вид $P(A_{i+1}|A_{0,i}) = P(A_{i+1}|A_i)$. Применим формулу полной вероятности с гипотезами вида

$$H_i = \{\eta_{1,i} = n_1, \xi_{1,i} = b_1, \eta_{m,i} = n_m, \xi_{m,i} = b_m\},$$

образующими при $n_1, n_m \in \{0, 1, \dots\}$ и $b_1 \in \{0, l_1\}$, $b_m \in \{0, l'_m, l_m\}$ полную группу несовместных событий. Получим

$$P(A_{i+1}|A_{0,i}) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{b_1 \in \{0, l_1\}} \sum_{n_m=0}^{\infty} \sum_{b_m \in \{0, l'_m, l_m\}} P(H_i|A_{0,i}) P(A_{i+1}|A_{0,i}, H_i).$$

Далее, в силу независимости величин $\eta_{j,i}$ и $\xi_{j,i}$ ($j \in \{1, m\}$) при известном состоянии обслуживающего устройства Γ_i справедливы следующие преобразования:

$$P(H_i|A_{0,i}) = P(H_i|\Gamma_i = \Gamma^{(k_i)}) = \varphi_1(n_1, T_{k_i})\beta_1(b_1, \Gamma^{(k_i)})\varphi_m(n_m, T_{k_i})\beta_m(b_m, \Gamma^{(k_i)}).$$

Согласно рекуррентному соотношению (1) получим

$$\begin{aligned} P(A_{i+1}|A_{0,i}, H_i) &= P(A_{i+1}|\Gamma_i = \Gamma^{(k_i)}, \kappa_{1,i} = x_{1,i}, \kappa_{m,i} = x_{m,i}, H_i) = \\ &= P(u(\Gamma^{(k_i)}, x_{1,i}, n_1) = \Gamma^{(k_{i+1})}, \max\{0, x_{1,i} + n_1 - b_1\} = x_{1,i+1}, \\ &\quad \max\{0, x_{m,i} + n_m - b_m\} = x_{m,i+1}, \\ &\quad \min\{x_{1,i} + n_1, b_1\} = y_{1,i+1}, \min\{x_{m,i} + n_m, b_m\} = y_{m,i+1}). \end{aligned}$$

С учетом сделанных преобразований получим

$$\begin{aligned} P(A_{i+1}|A_{0,i}) &= \\ &= \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{b_1 \in \{0, l_1\}} \sum_{n_m=0}^{\infty} \sum_{b_m \in \{0, l'_m, l_m\}} \varphi_1(n_1, T_{k_i})\beta_1(b_1, \Gamma^{(k_i)})\varphi_m(n_m, T_{k_i})\beta_m(b_m, \Gamma^{(k_i)}) \times \\ &\quad \times P(u(\Gamma^{(k_i)}, x_{1,i}, n_1) = \Gamma^{(k_{i+1})}, \max\{0, x_{1,i} + n_1 - b_1\} = x_{1,i+1}, \\ &\quad \max\{0, x_{m,i} + n_m - b_m\} = \\ &= x_{m,i+1}, \min\{x_{1,i} + n_1, b_1\} = y_{1,i+1}, \min\{x_{m,i} + n_m, b_m\} = y_{m,i+1}). \end{aligned}$$

Можно заметить, что все сделанные для вероятности $P(A_{i+1}|A_{0,i})$ преобразования приведут к тому же результату и для вероятности вида $P(A_{i+1}|A_i)$, что подтвердит свойство Маркова для последовательности (2). Кроме того, переходные вероятности $P(A_{i+1}|A_i)$ при $i = 0, 1, \dots$ в силу полученных соотношений не зависят от i , что указывает на однородность цепи Маркова и завершает доказательство теоремы.

В процессе исследования были доказаны следующие теоремы для цепи Маркова $\{(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{m,i}, \xi'_{1,i-1}, \xi'_{m,i-1}); i = 0, 1, \dots\}$, описывающей состояние изучаемой системы.

Теорема 2.

Счетное пространство состояний цепи Маркова (2), образованное прямым произведением $\Gamma \times X \times X \times Y_1 \times Y_m$ множеств значений его компонент, состоит из незамкнутого класса D несущественных состояний и замкнутого класса E сообщающихся существенных апериодических состояний. При этом класс D содержит следующие состояния и только их:

$$(\Gamma^{(k)}, x_1, x_m, y_1, y_m), k \in M \setminus \{2\}, x_1, x_m \in X, y_1 \in Y_1 \setminus \{0\}, y_m \in Y_m;$$

$$\begin{aligned}
 &(\Gamma^{(k)}, x_1, x_m, y_1, y_m), k \in M \setminus \{2m, 2m+1\}, x_1, x_m \in X, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m \setminus \{0\}; \\
 &(\Gamma^{(2)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in X \setminus \{0\}, x_m \in X, y_1 \in Y_1 \setminus \{l_1\}, y_m \in Y_m; \\
 &(\Gamma^{(2m-1)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in X \setminus \{0, 1, \dots, H_1-1\}, x_m \in X, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m; \\
 &(\Gamma^{(2m)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1-1\}, x_m \in X \setminus \{0\}, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m \setminus \{l'_m, l_m\}; \\
 &(\Gamma^{(2m)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in X \setminus \{0, 1, \dots, H_1-1\}, x_m \in X \setminus \{0\}, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m \setminus \{0, l_m\}; \\
 &(\Gamma^{(2m+1)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1-1\}, x_m \in X, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m; \\
 &(\Gamma^{(2m+1)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1 \in X, x_m \in X \setminus \{0\}, y_1 \in Y_1, y_m \in \{0, 1, \dots, l'_m-1\}; \\
 &(\Gamma^{(2m+1)}, x_1, x_m, y_1, y_m), x_1, x_m \in X, y_1 \in Y_1, y_m \in \{l'_m+1, l'_m+2, \dots, l_m\}.
 \end{aligned}$$

Введем обозначения при $i = 0, 1, \dots, k \in M, x_1, x_m \in X, y_1 \in Y_1, y_m \in Y_m$ для одномерных распределений цепи Маркова (2):

$$Q_i(\Gamma^{(k)}, x_1, x_m, y_1, y_m) = P(\Gamma_i = \Gamma^{(k)}, x_{1,i} = x_1, x_{m,i} = x_m, \xi'_{1,i-1} = y_1, \xi'_{m,i-1} = y_m).$$

Теорема 3.

Для одномерных распределений последовательности (2) справедливы следующие рекуррентные по $i = 1, 2, \dots$ соотношения:

$$\begin{aligned}
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(1)}, x_1, x_m, 0, 0) = \\
 &= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} \sum_{w_m=0}^{l_m} Q_i(\Gamma^{(2m+1)}, v_1, v_m, 0, w_m) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m+1}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m+1}); \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(2)}, 0, x_m, y_1, 0) = \\
 &= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} Q_i(\Gamma^{(1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(y_1 - v_1, T_1) \varphi_m(x_m - v_m, T_1), y_1 \in Y_1 \setminus \{l_1\}; \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(2)}, x_1, x_m, l_1, 0) = \\
 &= \sum_{v_1=0}^{l_1+x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} Q_i(\Gamma^{(1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(l_1 + x_1 - v_1, T_1) \varphi_m(x_m - v_m, T_1); \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(3)}, x_1, x_m, 0, 0) = \\
 &= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} \sum_{w_1=0}^{l_1} Q_i(\Gamma^{(2)}, v_1, v_m, w_1, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_2) \varphi_m(x_m - v_m, T_2); \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(k)}, x_1, x_m, 0, 0) = \\
 &\sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} Q_i(\Gamma^{(k-1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{k-1}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{k-1}), k = \overline{4, 2m-2}; \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(2m-1)}, x_1, x_m, 0, 0) = \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} Q_i(\Gamma^{(2m-2)}, v_1, v_m, 0, 0) \times \\
 &\times \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-2}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m-2}), x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1-1\}; \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, 0, 0, y_m) = \\
 &\sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{y_m} Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-1}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m-1}) + \\
 &\sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{y_m} \sum_{w_m=0}^{l_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) \varphi_m(y_m - v_m, T_{2m}), \\
 &x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1-1\}, y_m \in \{0, 1, \dots, l'_m\}; \\
 &Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, x_m, 0, l'_m) =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{l'_m+x_m} \sum_{w_m=0}^{l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) \varphi_m(l'_m + x_m - v_m, T_{2m}), \\
&\quad x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1 - 1\}, x_m \in X \setminus \{0\}; \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, 0, 0, y_m) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{y_m} Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-1}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m-1}), \\
&\quad x_1 \in \{0, 1, \dots, H_1 - 1\}, y_m \in \{l'_m + 1, l'_m + 2, \dots, l_m - 1\} \text{ или} \\
&\quad x_1 \in \{H_1, H_1 + 1, \dots\}, y_m \in Y_m \setminus \{0, l_m\}; \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, x_m, 0, l_m) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{l_m+x_m} Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-1}) \varphi_m(l_m + x_m - v_m, T_{2m-1}); \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, 0, 0, 0) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} Q_i(\Gamma^{(2m-2)}, v_1, 0, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-2}) \varphi_m(0, T_{2m-2}) + \\
&+ \sum_{v_1=0}^{x_1} Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, 0, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-1}) \varphi_m(0, T_{2m-1}), \quad x_1 \in \{H_1, H_1 + 1, \dots\}; \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, x_1, x_m, 0, 0) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{x_m} Q_i(\Gamma^{(2m-2)}, v_1, v_m, 0, 0) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m-2}) \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m-2}), \\
&\quad x_1 \in \{H_1, H_1 + 1, \dots\}, x_m \in X \setminus \{0\}; \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m+1)}, x_1, 0, 0, y_m) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{y_m} \sum_{w_m=0}^{l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) \varphi_m(y_m - v_m, T_{2m}), \\
&\quad x_1 \in \{H_1, H_1 + 1, \dots\}, y_m \in \{0, 1, \dots, l'_m - 1\}; \\
&\quad Q_{i+1}(\Gamma^{(2m+1)}, x_1, x_m, 0, l'_m) = \\
&= \sum_{v_1=0}^{x_1} \sum_{v_m=0}^{l'_m+x_m} \sum_{w_m=0}^{l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) \varphi_m(l'_m + x_m - v_m, T_{2m}), \\
&\quad x_1 \in \{H_1, H_1 + 1, \dots\}.
\end{aligned}$$

Здесь $k \in M$, $x_1, x_m \in X$, $y_1 \in Y_1$, $y_m \in Y_m$, если не указано иное.

Введем также обозначения для производящих функций одномерных распределений цепи Маркова (2) при $k \in M$, $y_1 \in Y_1$, $y_m \in Y_m$, $|z_1| \leq 1$, $|z_m| \leq 1$:

$$\begin{aligned}
\Phi_i(\Gamma^{(k)}, z_1, z_m, y_1, y_m) &= \sum_{x_1=0}^{\infty} \sum_{x_m=0}^{\infty} Q_i(\Gamma^{(k)}, x_1, x_m, y_1, y_m) z_1^{x_1} z_m^{x_m}; \\
\Phi_i^1(\Gamma^{(k)}, z_1, 0, y_1, y_m) &= \sum_{x_1=0}^{\infty} Q_i(\Gamma^{(k)}, x_1, 0, y_1, y_m) z_1^{x_1}; \\
\Phi_i^m(\Gamma^{(k)}, 0, z_m, y_1, y_m) &= \sum_{x_m=0}^{\infty} Q_i(\Gamma^{(k)}, 0, x_m, y_1, y_m) z_m^{x_m}.
\end{aligned}$$

Справедлива следующая теорема.

Теорема 4.

Производящие функции одномерных распределений цепи Маркова (2) удовлетворяют следующим рекуррентным по $i = 1, 2, \dots$ соотношениям:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(1)}, z_1, z_m, 0, 0) &= \Psi_1(T_{2m+1}, z_1) \Psi_m(T_{2m+1}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m+1)}, z_1, z_m, 0, l'_m) + \\
 &+ \sum_{w_m=0}^{l'_m-1} \Psi_1(T_{2m+1}, z_1) \Psi_m(T_{2m+1}, z_m) \Phi_i^1(\Gamma^{(2m+1)}, z_1, 0, 0, w_m); \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2)}, z_1, z_m, l_1, 0) &= z_1^{-l_1} \Psi_1(T_1, z_1) \Psi_m(T_1, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(1)}, z_1, z_m, 0, 0) - \\
 &- z_1^{-l_1} \sum_{x_1=0}^{l_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_1) z_1^{x_1} \sum_{v_m=0}^{\infty} \Psi_m(T_1, z_m) Q_i(\Gamma^{(1)}, v_1, v_m, 0, 0) z_m^{v_m}; \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(3)}, z_1, z_m, 0, 0) &= \Psi_1(T_2, z_1) \Psi_m(T_2, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2)}, z_1, z_m, l_1, 0) + \\
 &+ \sum_{w_1=0}^{l_1-1} \Psi_1(T_2, z_1) \Psi_m(T_2, z_m) \Phi_i^m(\Gamma^{(2)}, 0, z_m, w_1, 0); \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(k)}, z_1, z_m, 0, 0) &= \Psi_1(T_{k-1}, z_1) \Psi_m(T_{k-1}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(k-1)}, z_1, z_m, 0, 0), 4 \leq k \leq 2m-2; \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2m-1)}, z_1, z_m, 0, 0) &= \Psi_1(T_{2m-2}, z_1) \Psi_m(T_{2m-2}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m-2)}, z_1, z_m, 0, 0) - \\
 &- \sum_{x_1=H_1}^{\infty} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_{2m-2}) z_1^{x_1} \sum_{v_m=0}^{\infty} \Psi_m(T_{2m-2}, z_m) Q_i(\Gamma^{(2m-2)}, v_1, v_m, 0, 0) z_m^{v_m}; \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, z_1, z_m, 0, 0) &= \Psi_1(T_{2m-2}, z_1) \Psi_m(T_{2m-2}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m-2)}, z_1, z_m, 0, 0) + \\
 &+ \Psi_1(T_{2m-1}, z_1) \phi_m(0, T_{2m-1}) \Phi_i^1(\Gamma^{(2m-1)}, z_1, 0, 0, 0) + \\
 &+ \sum_{x_1=0}^{H_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \phi_m(0, T_{2m}) \sum_{w_m=0}^{l_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, 0, 0, w_m) - \\
 &- \sum_{x_1=0}^{H_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_{2m-2}) z_1^{x_1} \sum_{v_m=0}^{\infty} \Psi_m(T_{2m-2}, z_m) Q_i(\Gamma^{(2m-2)}, v_1, v_m, 0, 0) z_m^{v_m}; \\
 \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, z_1, z_m, 0, l'_m) &= z_m^{-l'_m} \Psi_1(T_{2m}, z_1) \Psi_m(T_{2m}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m)}, z_1, z_m, 0, 0) + \\
 &+ \sum_{v_1=0}^{\infty} \Psi_1(T_{2m-1}, z_1) z_1^{v_1} \sum_{v_m=0}^{l'_m} \phi_m(l'_m - v_m, T_{2m-1}) Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, v_m, 0, 0) + \\
 &+ \sum_{x_1=0}^{H_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \times \\
 &\times \sum_{x_m=l'_m}^{\infty} \sum_{v_m=0}^{x_m} \phi_m(x_m - v_m, T_{2m}) z_m^{x_m-l'_m} \sum_{w_m=1}^{l_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) - \\
 &- \sum_{x_1=0}^{H_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \phi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \sum_{x_m=0}^{l'_m-1} \sum_{v_m=0}^{x_m} \phi_m(x_m - v_m, T_{2m}) z_m^{x_m-l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, 0) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_{x_1=H_1}^{\infty} \sum_{v_1=0}^{x_1} \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \sum_{v_m=0}^{\infty} \Psi_m(T_{2m}, z_m) Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, 0) z_m^{v_m - l'_m}; \\
& \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2m)}, z_1, z_m, 0, l'_m) = z_m^{-l'_m} \Psi_1(T_{2m-1}, z_1) \Psi_m(T_{2m-1}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m-1)}, z_1, z_m, 0, 0) - \\
& - z_m^{-l'_m} \sum_{v_1=0}^{\infty} \Psi_1(T_{2m-1}, z_1) \sum_{x_m=0}^{l'_m-1} \sum_{v_m=0}^{x_m} \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m-1}) Q_i(\Gamma^{(2m-1)}, v_1, v_m, 0, 0) z_1^{v_1} z_m^{x_m}; \\
& \Phi_{i+1}(\Gamma^{(2m+1)}, z_1, z_m, 0, l'_m) = z_m^{-l'_m} \Psi_1(T_{2m}, z_1) \Psi_m(T_{2m}, z_m) \Phi_i(\Gamma^{(2m)}, z_1, z_m, 0, 0) + \\
& + \sum_{x_1=H_1}^{\infty} \sum_{v_1=0}^{x_1} \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \times \\
& \times \sum_{x_m=l'_m}^{\infty} \sum_{v_m=0}^{x_m} \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m}) z_m^{x_m - l'_m} \sum_{w_m=1}^{l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, w_m) - \\
& - \sum_{x_1=0}^{H_1-1} \sum_{v_1=0}^{x_1} \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \sum_{v_m=0}^{\infty} \Psi_m(T_{2m}, z_m) Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, 0) z_m^{x_m - l'_m} - \\
& - \sum_{x_1=H_1}^{\infty} \sum_{v_1=0}^{x_1} \varphi_1(x_1 - v_1, T_{2m}) z_1^{x_1} \sum_{x_m=0}^{l'_m-1} \sum_{v_m=0}^{x_m} \varphi_m(x_m - v_m, T_{2m}) z_m^{x_m - l'_m} Q_i(\Gamma^{(2m)}, v_1, v_m, 0, 0).
\end{aligned}$$

Рекуррентные соотношения для одномерных распределений и их производящих функций позволяют найти необходимые и достаточные условия существования стационарного режима в системе.

Работа выполнена в ННГУ при финансовой поддержке госбюджетной темы №01201456585 «Математическое моделирование и анализ стохастических эволюционных систем и процессов принятия решений» и государственной программы «Поддержка ведущих университетов РФ в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров».

Список литературы:

- [1] Zorin A.V. Optimization of Control of Doubly Stochastic Nonordinary Flows in Time-Sharing Systems / A.V. Zorin, M.A. Fedotkin // Automation and Remote Control. – 2005. – V. 66. – № 7. – P. 1115–1124.
- [2] Пройдакова Е.В. Управление выходными потоками в системе с циклическим обслуживанием и переналадками / Е.В. Пройдакова, М.А. Федоткин // Автоматика и телемеханика, РАН. – 2008. – № 6. – С. 96–106.
- [3] Федоткин М.А. Анализ и оптимизация выходных процессов при циклическом управлении конфликтными транспортными потоками Гнеденко–Коваленко / М.А. Федоткин, А.М. Федоткин // Автоматика и телемеханика, РАН. – 2009. – № 12. – С. 92–108.
- [4] Fedotkin, M. Parameters Estimator of the Probabilistic Model of Moving Batches Traffic Flow / M. Fedotkin, M. Rachinskaya // Distributed Computer and Communication Networks. Ser. Communications in Computer and Information Science. – 2014. – V. 279. – P. 154–168. DOI: 10.1007/978-3-319-05209-0.

THE FUNCTIONING MODEL FOR THE DIFFERENT INTENSITY AND PRIORITY FLOWS CONTROL AND SERVICE SYSTEM

М.А. Fedotkin, М.А. Ratchinskaya

Keywords: extraordinary Poisson flow, threshold priority, Markov chain, one-dimensional distributions

The article studies the flows control and service system requirements when the priority low-intensity flow and non-priority high-intensity flow are supposed. The functioning system five-dimensional sequence operating model is constructed. It is proved that this sequence is a homogeneous Markov chain. The recurrent relations between the Markov chain one-dimensional distribution are presented.

Статья поступила в редакцию 08.04.2016 г.

Раздел III

**Судостроение, судоремонт
и экологическая безопасность судна**



Section III

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

УДК 629.5.06:[628.3:502.3]

С.В. Васькин, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

В.Л. Этин, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

М.В. Игоница, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АЭРАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД В СУДОВЫХ СБОРНЫХ ЦИСТЕРНАХ

Ключевые слова: автономность плавания, судовые сточные воды, сборные цистерны, аэрация.

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров аэраторов, позволяющих увеличить срок хранения сточных вод в судовых сборных цистернах.

В настоящее время Санитарными Правилами [1] установлена максимально возможная продолжительность хранения сточных вод в судовых сборных цистернах, которая не может превышать 6 суток. Срок хранения стоков определяется их стойкостью (стабильностью), связанной с загниванием жидкости. Загнивание наступает по исчерпанию всего запаса кислорода в воде, в результате чего в стоках возникают благоприятные условия для развития анаэробных процессов. Такая вода затрудняет работу береговых очистных сооружений и может причинить вред водоемам.

Однако во вступившем в силу с 1 января 2015 г. ГОСТе [2] предусмотрена возможность увеличения срока хранения сточных вод. В нем, в частности, говорится, что в случаях, когда расчетная автономность плавания судна по сточным водам (АП_{СВ}) оказывается недостаточной, на судне допускается разрабатывать мероприятия по сокращению расходов воды (но не ниже минимальных норм водопотребления, установленных [1]) и рассчитывать АП_{СВ} с учетом уменьшенных значений удельного накопления сточных вод. В п. 6.1.5 этого документа указывается, что «срок хранения сточных вод в сборных цистернах ... установлен 6 суток. Если дислокация приемных пунктов требует более длительного хранения сточных вод и расчетная автономность плавания подтверждает такую возможность, то по согласованию с органами государственного надзора допускается увеличение срока нахождения сточных вод в сборной цистерне при условии подачи в нее воздуха в количестве 0,15...0,2 м³/ч на 1 м³ объема цистерны». В то же время в данном руководстве не приводятся конкретные технические требования к устройству и конструкции систем аэрации сборных цистерн.

В ФГБОУ ВО «ВГУВТ» выполнялись исследования влияния аэрации сточных вод на увеличение продолжительности их хранения [3–5]. Эти исследования показали, что при температуре судовых стоков 15...25°C рекомендуемые ГОСТом [2] значения интенсивности аэрации обеспечивают повышение сроков пребывания сточных вод в сборных цистернах судов при условии отсутствия загнивания с 6 до 8...12 суток, т.е. способствуют увеличению автономности плавания судов на 33...100%.

В работе [4] был рассмотрен вопрос о целесообразности выбора того или иного типа аэратора, который обеспечивал бы насыщение сточной воды в сборной цистерне кислородом и ее перемешивание.

Такие системы широко применяются на береговых сооружениях для очистки городских сточных вод. Большое разнообразие применяемых в настоящее время аэраторов ставит перед проектировщиками задачу выбора не только системы аэрации, но и ее конструктивного оформления для каждого конкретного случая применения аэра-

ционных сооружений. Выбор аэратора должен быть сделан на основе сравнения наиболее существенных показателей работы. К таким показателям относят эффективность аэрации, окислительную способность аэратора, стоимость системы аэрации, приходящуюся на единицу объема сооружений в единицу времени или на единицу объема очищаемой жидкости, размер зоны, обслуживаемой одним аэратором, сложность осуществления ремонта или замены аэрационного оборудования, надежность и долговечность в работе, сложность ухода за системой в процессе эксплуатации и пр. Для систем аэрации сточных вод в судовых цистернах наиболее важными показателями будут являться экономическая эффективность, связанная со стоимостью изготовления и эксплуатации, простота изготовления и монтажа, а также массогабаритные характеристики.

На основании сравнения достоинств и недостатков различных систем аэрации, а также их экономических показателей, был сделан вывод о предпочтительности применения в судовых цистернах сточных вод пневматической среднепузырчатой аэрации с распределением воздуха через перфорированные трубы, уложенные на днище сборных цистерн. Этот вывод полностью согласуется с требованиями стандарта [2], где указывается, что «...воздух должен быть подан через перфорированный трубопровод, установленный в нижней части цистерны». Однако сведения только об интенсивности аэрации и способе ее осуществления не позволяют спроектировать соответствующую систему, поскольку остается неизвестным число перфорированных труб, а также количество и диаметр выполняемых в них отверстий. Поэтому целью проведения исследований являлось определения значений этих характеристик систем аэрации.

Подача воздуха через перфорированные трубы достаточно часто практикуется при реализации различных методов обработки воды. Подобные устройства находят применение для усреднения концентраций примесей в сточных водах, смешения природных и сточных вод с реагентами, улучшения выделения из воды грубодисперсных взвесей, взрыхления фильтрующей загрузки, насыщения воды кислородом и перемешивания ее в объеме сооружений биохимической очистки и т.д. При этом количество воздуха и условия подачи его в аппараты должны обеспечивать наилучшие условия протекания того или иного технологического процесса водоочистки. На практике параметры аэрации, соответствующие оптимальным режимам работы тех или иных аппаратов, могут сильно отличаться в зависимости от их назначения.

Анализ характеристик систем аэрации при помощи перфорированных труб показывает, что они значительно различаются между собой по интенсивности подачи воздуха. Кроме того, этот параметр для рассмотренных сооружений значительно превышает аналогичное значение, установленное в работе [4] для систем аэрации судовых сборных цистерн сточных вод. В то же время, диаметр отверстий в барботажных трубах для всех рассмотренных сооружений приблизительно одинаков и составляет от 3 до 5 мм. Шаг между отверстиями составляет от 80 до 250 мм.

Важной характеристикой систем подачи воздуха через перфорированные трубы является скорость истечения газа через отверстия. Она определяет стабильность работы аэраторов подобного типа (предотвращение «захлебывания») и равномерность распределения потока воздуха по длине трубы. Для некоторых систем аэрации в рассмотренных сооружениях этот параметр приводится в нормативной или справочной литературе и составляет от 20 до 50 м/с. В сооружениях, где скорость истечения воздуха из отверстий системы аэрации явно не указывается, она была получена расчетным путем. Конструктивно-технологические параметры систем аэрации воды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивно-технологические параметры барботажных аэраторов

Тип сооружений	Возвышение аэратора над днищем, мм	Диаметр отверстий, мм	Скорость истечения воздуха из отверстий, м/с	Шаг между осями отверстий, мм
Усреднители концентраций барботажного типа	60...100	3	19,6...78,6	80...160
Аэрируемые песколовки	45...60	3...5	29,8...74,7	-
Аэротенки	Заглубление 3 м и более	3...4	35,8...51,7	8...50
Флотационные установки		5...8	20...25	250...350
Механические фильтры	10...30	3...5	45...50	100...180
Коагуляционные установки	100...150	3...4	20...30	75...150

На основании анализа представленных в табл. 1 данных можно сделать следующие выводы:

1) наименьшая скорость истечения воздуха из отверстий аэратора составляет не менее 20 м/с. Более высокие значения, достигающие 75...80 м/с, обеспечивают более равномерное распределение воздуха по длине аэратора, но приводят к заметно большим потерям давления. Таким образом, диаметр отверстий в трубах систем аэрации сточных вод в судовых сборных цистернах необходимо вычислять исходя из скорости движения воздуха в этих отверстиях равной 20...30 м/с;

2) аэрационные трубопроводы необходимо располагать в районе днища сборных цистерн;

3) шаг между осями отверстий в трубопроводе должен составлять от 100 до 200 мм.

Для проверки справедливости приведенных выше положений и определения эффективности перемешивания сточных вод в судовой сборной цистерне в лаборатории «Опытный бассейн» ФГБОУ ВО «ВГУВТ» были проведены экспериментальные исследования рабочих параметров аэратора, выполненного из перфорированной трубы.

Целью исследований являлось:

1) изучение влияния количества подаваемого в аэратор воздуха на интенсивность перемешивания воды в сборной цистерне;

2) изучение влияния размеров отверстий в перфорированной трубе-аэраторе на устойчивость ее работы.

Для проведения экспериментов в бассейне при помощи установки глухих перегородок был выделен объем, имитирующий сборную цистерну, имеющую длину $L = 1,64$ м и среднюю ширину $B_{ср} = 1,27$ м. Уровень воды H составил 1,005 м. На дно выгороженного объема была уложена перфорированная труба из полипропилена, имеющая длину 1,5 м, наружный диаметр 20 мм и толщину стенки 2 мм. В трубе были выполнены отверстия диаметром 0,5 мм с шагом между ними 100 мм; общее количество отверстий – 15 штук. Ось трубы располагалась на расстоянии 100 мм от продольной стенки, возвышение оси трубы над дном емкости составило 25 мм.

В трубу подавался воздух от ресивера компрессора марки ABAC Pole Position 241. Расход воздуха измерялся при помощи ротаметра поплавкового типа марки РС-3 с верхним пределом измерений 0,63 м³/ч.

На первом этапе исследований при помощи подводной видеосъемки определялись размеры и скорость всплытия пузырьков воздуха при различных его расходах. Было отмечено, что с ростом расхода воздуха через отверстие в трубе от 0,0084 до 0,0252 м³/ч размер пузырьков увеличивается с 4...7 до 10...15 мм, а измеренная скорость их

всплытия с 0,40 до 0,56 м/с. С учетом образования в районе аэратора восходящего потока воды, вызванного действием газа, скорости свободного всплытия пузырьков будут на 0,03...0,05 м/с ниже измеренных. Эти данные достаточно хорошо коррелируются с зависимостью, связывающей размеры пузырьков газа со скоростью их всплытия при динамическом взаимодействии газа и жидкости, т.е. при высоких скоростях истечения газа из отверстий. В [6] приведено следующее выражение для определения диаметра пузырьков газа, полученное на основе энергетического баланса двухфазной системы:

$$d_n = \frac{\xi \cdot w_n^2}{2g}, \quad (1)$$

где w_n^2 – скорость всплытия пузырьков, м/с;

ξ – коэффициент сопротивления движению пузырьков, принимаемый по графику [6] и равный 0,8 для условий проведения эксперимента.

Измеренные скорости всплытия и диаметр пузырьков воздуха, а также диаметры, рассчитанные по выражению (1) представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Зависимость скорости всплытия и диаметра пузырьков
воздуха от производительности аэратора**

№ п/п	Параметр	Расход воздуха через аэратор, м ³ /ч		
		0,126	0,252	0,378
1	Скорость всплытия пузырьков, м/с	0,40–0,03	0,50–0,04	0,56–0,05
2	Измеренный диаметр пузырьков, мм	4...7	7...12	10...15
3	Рассчитанный по (1) диаметр, мм	5,6	8,6	10,6

На следующем этапе эксперимента исследовалось изменение скоростей циркуляционного потока воды, создаваемого аэратором, при изменении подаваемого на аэрацию расхода воздуха. Для этого был собран измерительный стенд, позволяющий измерять скорости потока по каждой из координат X , Y и Z в любой точке рассматриваемого объема воды. Компоненты скорости v_x , v_y и v_z в толщине воды измерялись с помощью акустического доплеровского velocиметра (ADV) Sontek 16 Mhz Acoustic Doppler Velosimeter, зонд которого крепился к вертикальной штанге, установленной на площадке. Штанга могла перемещаться в вертикальном направлении, а площадка по направляющим – в направлении перпендикулярном оси аэратора. Схема экспериментального стенда показана на рис. 1.

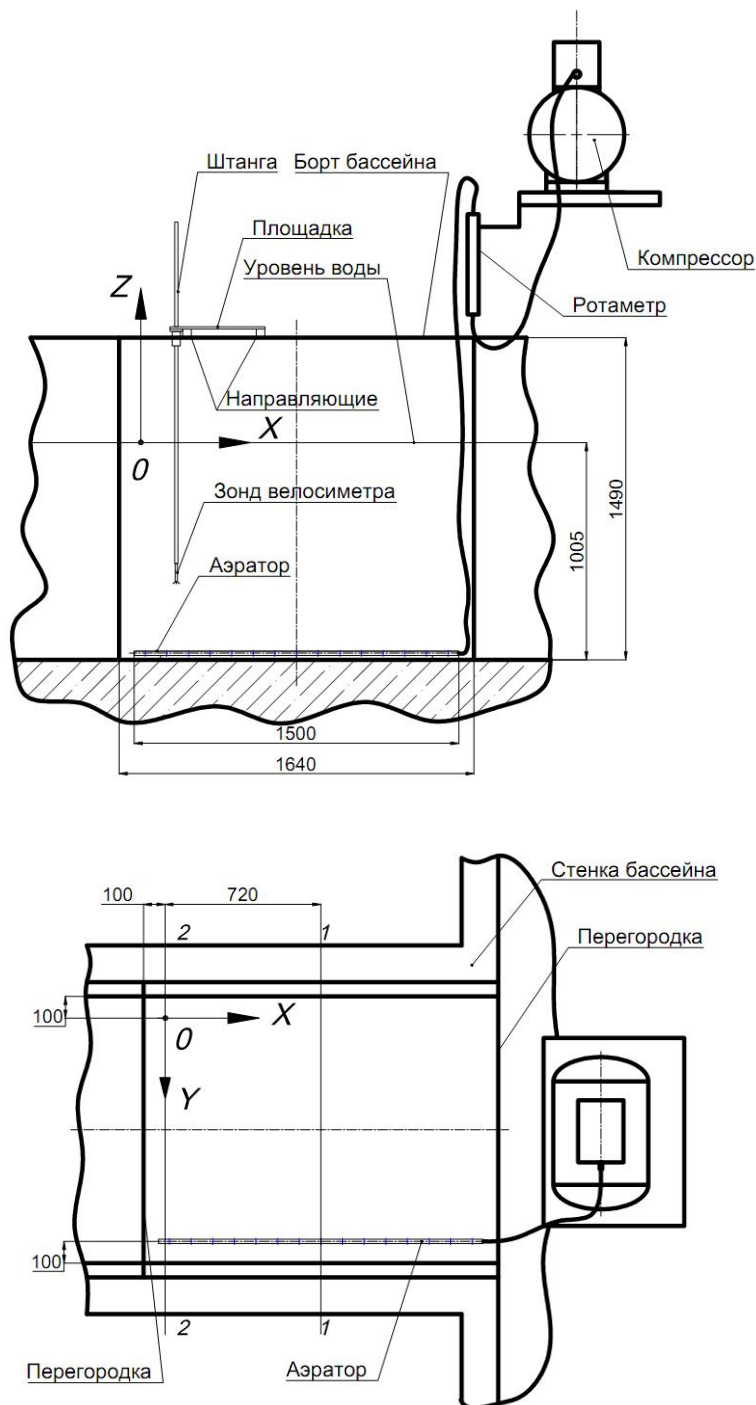


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

Для измерения компонент скоростей потока v_x , v_y и v_z были выбраны два сечения, лежащие в плоскости $Y-Z$: «1 – 1», расположенное на расстоянии $L/2$ от стенок и «2 – 2», отстоящее на 100 мм от одной из поперечных стенок (см. рис. 1). Расположение сечения «2 – 2» вблизи стенки емкости было связано с необходимостью исследования снижения скоростей потока воды из-за влияния на него сил трения. Для каждого се-

чения были выбраны точки, расположенные на различной глубине и на различном расстоянии от стенок емкости, в которых измерялись скорости потока воды. Всего для каждого сечения было выбрано по 49 точек, положение которых показано на рис. 2.

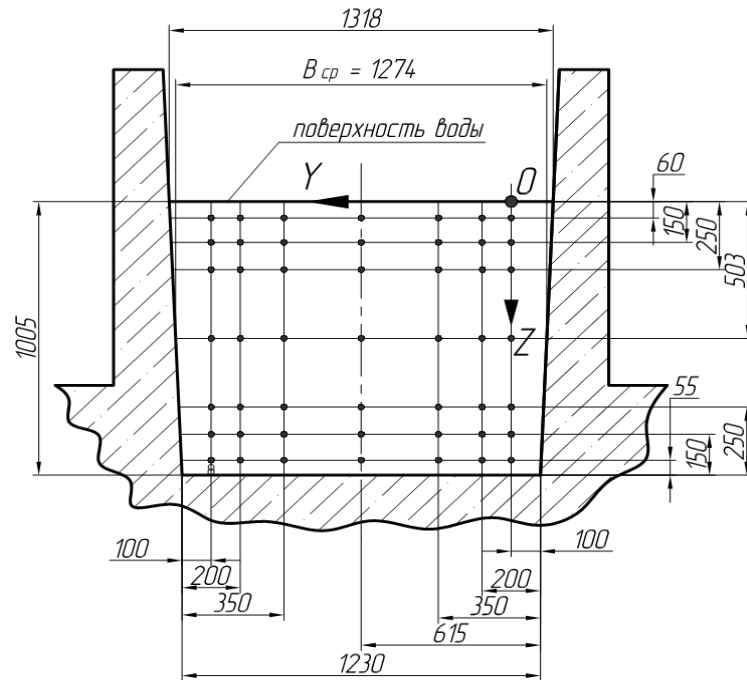


Рис. 2. Расположение точек, в которых измерялась скорость движения воды

Определение скоростей циркуляционного потока выполнялось для двух значений расхода воздуха через аэратор – 200 и 400 л/ч. Учитывая, что объем исследуемой емкости составил $L \times B_{\text{ср}} \times H = 1,64 \times 1,27 \times 1,005 = 2,093 \text{ м}^3$, указанные расходы воздуха соответствовали интенсивности аэрации равной 0,096 и 0,191 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ соответственно. Колебания расходов воздуха при испытаниях, измеряемые по ротаметру, не превышали $\pm 5\%$ от заданных значений.

Эксперименты проводились в следующей последовательности.

Предварительно зонд велосиметра устанавливался в плоскость исследуемого сечения. Перед началом измерений скорости в аэратор подавался воздух с установленным расходом. Спустя 5...10 минут, когда в емкости возник устойчивый циркуляционный поток, в нее добавлялась водная суспензия мелкодисперсного порошка каолина. Введение в исследуемый поток каолина связано с особенностью принципа действия велосиметра, для обеспечения работы которого необходимо присутствие в воде дисперсных частиц. После этого зонд перемещался в район точек измерения, и проводилась запись измеряемых скоростей на персональный компьютер.

Для каждой точки последовательно проводилось две записи продолжительностью 1,5...2 минуты. Частота сканирования потока велосиметром составляла 50 Гц, что обеспечивало получение 50 значений компонент потока по трем осям в секунду. Таким образом, общее количество измеренных скоростей по каждой координате в одной точке составило около от 4500 до 6000. По окончании записей зонд перемещался в следующую точку и измерения повторялись.

После окончания измерений была произведена их обработка. Измеренные значения компонент скоростей усреднялись по каждой из координат в каждом замере, затем вычислялось среднее значение по результатам двух замеров в каждой точке. Для

получения картины течений, путем векторного сложения были получены скорости потока в плоскостях YZ , XY и XZ .

Поскольку циркуляционное движение воды в емкости при аэрации происходит, в основном, в плоскостях, перпендикулярных оси аэратора, наибольший интерес представляют картины течений именно в этих плоскостях. Для принятой в эксперименте системы координат такой плоскостью являлась YZ . На рис. 3 и 4 показаны картины течений в исследуемых плоскостях «1 – 1» и «2 – 2» при расходах воздуха 200 и 400 л/ч, содержащие направления векторов скоростей в точках измерений. Длина векторов в каждой точке пропорциональна абсолютному значению скорости потока в ней.

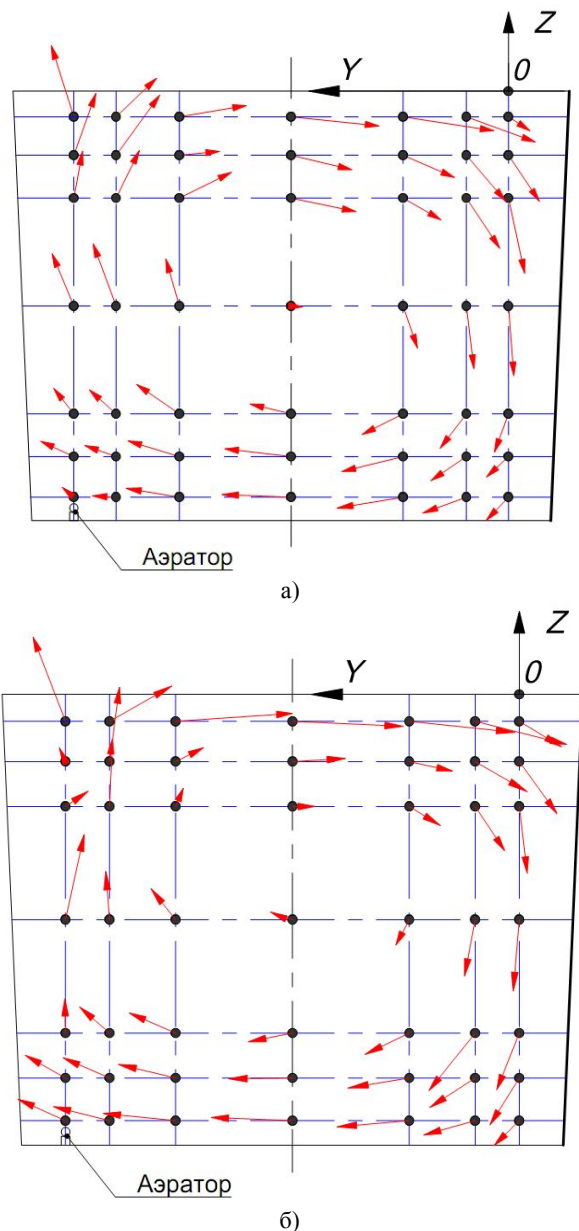


Рис. 3. Картина векторов течения воды в исследуемых плоскостях при расходе воздуха через аэратор 200 л/ч: а) – в области стенки (сечение «1 – 1»); б) – в середине емкости (сечение 2 – 2»)

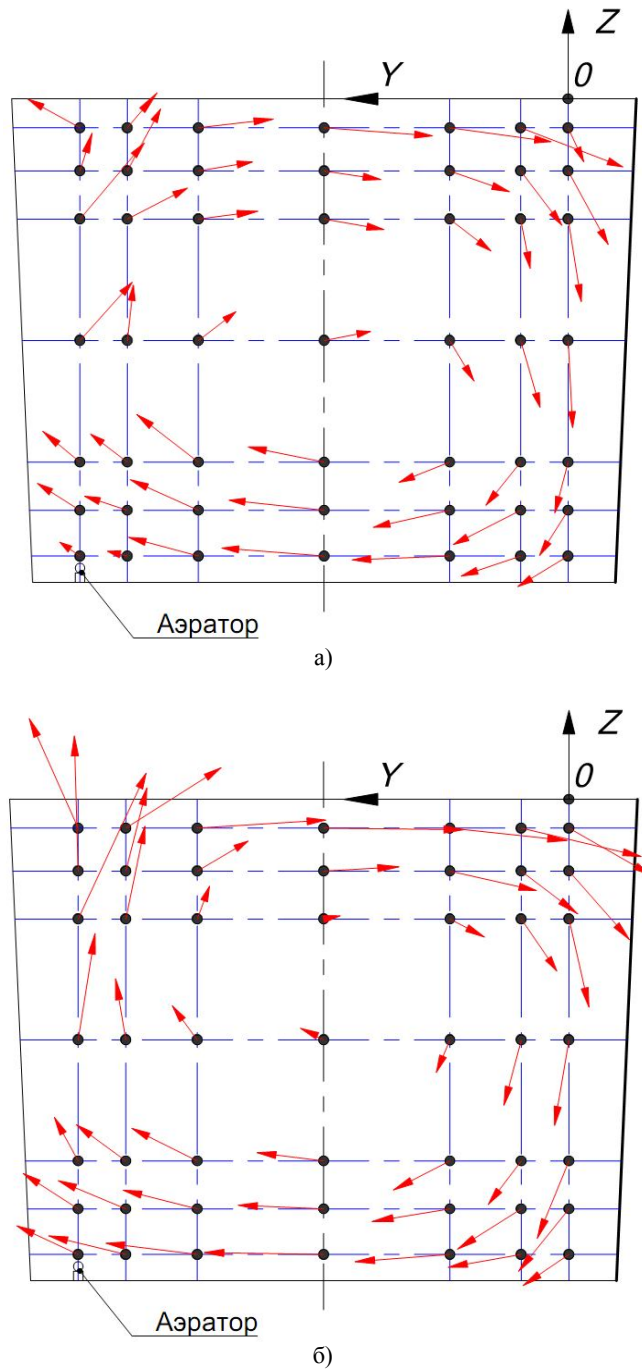


Рис. 4. Картина векторов течения воды в исследуемых плоскостях при расходе воздуха через аэратор 400 л/ч: а) – в области стенки (сечение «1 – 1»); б) – в середине емкости (сечение 2 – 2»)

Для оценки влияния количества подаваемого в аэратор воздуха (следовательно, и интенсивности аэрации) на скорость образующегося циркуляционного движения воды, а также влияния на эту скорость боковых стенок емкости было произведено усреднение скоростей в сечениях. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты исследования скоростей циркуляционного потока воды
в цистернах, вызванного аэрацией при помощи перфорированных труб**

№ п/п	Параметр	Сечения			
		«1 – 1»		«2 – 2»	
1	Расход воздуха, л/ч	200	400	200	400
2	Интенсивность аэрации, м ³ /(м ² ·ч)	0,096	0,191	0,096	0,191
3	Средняя скорость истечения воздуха из отверстий аэратора, м/с	18,86	37,72	18,86	37,72
4	Средняя скорость движения воды в сечениях, см/с	2,791	3,368	2,498	2,746

Необходимо отметить, что в вертикальной плоскости, проходящей через ось аэратора, во время измерений наблюдалась крайне неустойчивая картина движения потока воды, вызванная значительным вихреобразованием под действием всплывающих пузырьков воздуха.

Для оценки влияния диаметра отверстий и скорости истечения газа на устойчивость работы аэратора был проведен ряд опытов, в которых диаметр отверстий в аэрационной трубе составлял 0,7 и 1,0 мм. Расход воздуха через аэратор устанавливался равным 300 и 400 л/ч, что приблизительно соответствовало нижней и верхней границам рекомендованных в [2] интенсивностей аэрации: 0,143 и 0,191 м³/(м² · ч). Количество отверстий, как и в предыдущих опытах, равнялось 15, а шаг между ними – 100 мм. При этом скорости истечения воздуха из отверстий аэратора соответствовали представленным ниже:

Расход воздуха через аэратор, л/ч	300	300	400	400
Диаметр отверстий в аэраторе, мм	0,7	1,0	0,7	1,0
Скорость истечения воздуха, м/с	14,44	7,07	19,25	9,43

По результатам проведенных опытов была отмечена стабильная работа аэратора с отверстиями 0,7 мм при расходе воздуха через него 400 л/ч. При том же диаметре отверстий и расходе 300 л/ч работа аэратора в начальный период была неустойчивой, что выражалось в «волнообразном» характере включения отверстий в работу и последующего их выключения. После кратковременного повышения расхода воздуха через аэратор и последующего снижения его до величины 300 л/ч все отверстия начинали работать ровно и без перебоев.

Аэратор с отверстиями диаметром 1,0 мм показал неустойчивую работу при расходах как 300, так и 400 л/ч. При этом из части отверстий (от 3 до 6 штук) воздух в воду не поступал, причем в разных опытах не работающие отверстия менялись и могли располагаться как на начальном, так и на концевом участке трубы-аэратора. Установка осей отверстий в аэраторе на угол сначала 45°, а затем на 90° к горизонту ситуацию не изменила, отверстия продолжали работать неустойчиво.

Таким образом, на основании теоретических и экспериментальных исследований системы аэрации с использованием перфорированного трубопровода можно сделать следующие выводы:

Применение в судовых сборных цистернах сточных вод аэраторов в виде перфорированных труб при интенсивностях подачи воздуха, указанных в стандарте [2], обеспечивает создание в цистернах устойчивого циркуляционного потока, способствующего эффективному перемешиванию сточных вод и предотвращению их загнивания. Кроме того, исследования выявили наличие разнонаправленных течений в расположенных вдоль аэратора плоскостях, что способствует повышению эффективности перемешивания воды.

Наибольшие скорости течения воды имеют место в периферийной части аэрируемого объема. В средней его части при работе аэратора возникает застойная зона с малыми скоростями потока. Для уменьшения объема образующихся застойных зон необходимо ограничивать ширину зоны аэрации, приходящейся на один перфорированный трубопровод.

Увеличение интенсивности аэрации с 0,096 до 0,191 м³/(м²·ч), т.е. в 2 раза, не приводит к пропорциональному увеличению скорости циркуляционного потока. Как видно из табл. 3, при указанном увеличении интенсивности аэрации скорости потока воды в средней части исследуемого объема выросли на 20,7%, а в районе боковой стенки всего на 9,9%. Это говорит о нецелесообразности повышения интенсивности аэрации по сравнению с рекомендуемыми [2] значениями.

В районе стенок емкости, перпендикулярных оси аэратора, наблюдается снижение скоростей циркуляционного потока. Однако это снижение невелико и для условий экспериментов составляет 11,7 и 22,7% при интенсивностях аэрации 0,096 и 0,191 м³/(м²·ч) соответственно.

Устойчивая работа аэратора обеспечивается при средней скорости истечения воздуха из отверстий от 20 м/с и выше.

Полученные результаты позволяют дать необходимые практические рекомендации, позволяющие осуществить расчет системы аэрации для судовых сборных цистерн сточных вод:

Шаг между осями отверстий в аэраторе должен находиться в пределах от 100 до 200 мм.

Скорость истечения воздуха из отверстий в барботажном трубопроводе должна быть не менее 20 м/с.

Количество труб, размещаемых в цистерне, должно быть таким, чтобы ширина зоны аэрации одним трубопроводом не превышала 1,5 м.

Эти рекомендации при известных размерах сборной цистерны и принятой в соответствии с [2] интенсивностью аэрации дают возможность определить количество размещаемых в цистерне барботажных труб, а также количество и диаметр отверстий в этих трубах.

Список литературы:

- [1] СанПиН 2.5.2-703-98 «Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания». Введ. 01.07.1998 г.
- [2] ГОСТ Р 56022–2014. Внутренний водный транспорт. Система управления безопасностью. Требования по предотвращению загрязнения окружающей среды. Введ. 01.01.2015 г.
- [3] Горин Н.Л., Васькин С.В., Этин В.Л. О повышении автономности плавания судов по условиям экологической безопасности // Речной транспорт (XXI век). – 2011. – № 6 (54) – С. 70–71.
- [4] Горин Н.Л. Обеспечение автономности плавания речных судов по условиям экологической безопасности : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.08.03 / Горин Николай Леонидович. – Н.Новгород, 2012. – 23 с.
- [5] Горин Н.Л., Васькин С.В., Этин В.Л. Проектирование системы аэрации, обеспечивающей увеличение сроков хранения сточных вод в судовых сборных цистернах // Вестник ВГАВТ. – Выпуск 31. – 2012. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ». – С. 34–41.
- [6] Кафаров В. В. Основы массопередачи. Изд. 2-е, переработ, и доп.: учеб. пособие для вузов. – М.: «Высшая школа», 1972. – 496 с.

THE WASTEWATER AERATION SYSTEMS FOR SHIPS COLLECTION TANKS CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

S.V. Vaskin, V.L. Etin, M.V. Igonina

Keywords: *navigation autonomy, ship wastewater, wastewater collection tanks, aeration*

In the article the theoretical and experimental results on the aerators constructive and technological parameters substantiation are given. Aerators make it possible to prolong the wastewater storage duration in the ships collection tanks.

Статья поступила в редакцию 07.04.2016 г.

УДК 629.545.6

С.Н. Гирин, к.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Ю.Е. Воронина, к.т.н, доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Ю.И. Платов, д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ДОКА ДЛЯ ПРОВОДКИ СУДОВ ЧЕРЕЗ МЕЛКОВОДНЫЙ УЧАСТОК РЕКИ ВОЛГА: НИЖНИЙ НОВГОРОД – ГОРОДЕЦ

Ключевые слова: судоходство, малые глубины, транспортный док, конструкция, рейды докования, экономическая эффективность.

Обсуждается проблема прохода крупнотоннажных судов через Городецкий гидроузел в условиях мелководья. В качестве возможного пути решения проблемы рассматривается транспортировка таких судов с помощью специального транспортного дока. Предлагается конструкция дока и анализируется экономическая эффективность его эксплуатации.

Введение

Создание системы водохранилищ на Волге в 50–60-е годы прошлого века позволило обеспечить минимальные глубины на уровне 3,5–4,0 м. На эти глубины было спроектировано большинство большегрузных судов, предназначенных для эксплуатации в данном бассейне. Вместе с тем, на участке Нижний Новгород – Городец уже давно возникла проблема поддержания заданных глубин в отдельных местах из-за деформации русла. Попытка решить проблему путем проведения дноуглубительных работ не привела к успеху, более того, она усугубилась тем, что в результате общей просадки уровня русла снизились глубины на нижнем короле городецкого гидроузла. Одним из возможных путей решения проблемы прохождения рассматриваемого участка большегрузными судами является регулируемый расход воды. Однако в этом случае судам приходится длительное время ожидать в очереди, что отрицательно сказывается на экономических показателях грузоперевозок, а в маловодные годы и это мероприятие не приводит к желаемым результатам.

В результате исследовательских работ, выполненных на кафедре водных путей и гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ» под руководством профессора Р.Д. Фролова, было показано, что действенным решением проблемы является возведение низконапорной плотины в районе Балахны. Данное предложение обсуждалось на разных уровнях многие годы, и, по имеющимся сведениям, в настоящее время имеется положительное заключение по его реализации. Однако проблема усугубляется тревожным финансовым положением, в котором находится наша страна, и, по видимому, на реализацию данного предложения уйдет много лет.

Еще одним из возможных путей решения проблемы является использование для проводки судов с повышенными осадками транспортных доков. Настоящее исследование и посвящено рассмотрению такого решения. С учетом того обстоятельства, что идея возведения низконапорной плотины будет рано или поздно реализована, проек-

тирование дока можно осуществлять на сравнительно короткий срок эксплуатации. Для этого можно воспользоваться предусмотренной Правилами Речного Регистра [1, 2] возможностью проектирования и изготовления новых судов с использованием элементов старого судна, что позволяет сократить затраты на строительство нового судна. В данном случае в качестве судна-донора предлагается использовать корпус нефтеналивной баржи проекта Р27 типа «Бельская». Ширина этих барж составляет 20 м, высота борта – 2,85 м, а длина цилиндрической вставки – 71,5 м. Эти баржи идеально подходят для создания стапель-палубы транспортного дока. Таких барж построено достаточно много, а их использование для перевозки нефтепродуктов проблематично, поскольку они не имеют двойного дна и двойных бортов.

В процессе проектирования дока возникают, как минимум, три группы вопросов, которые кратко рассматриваются в настоящей работе: 1 – условия эксплуатации дока; 2 – выбор главных размерений и обоснование массы металла конструкций донора и массы металла, используемого для создания новых конструкций дока; 3 – анализ экономической эффективности дока при выполнении транспортных работ. При рассмотрении перечисленных вопросов важное значение имеет выбор грузоподъемности дока. При выборе грузоподъемности дока надо иметь в виду, что он предназначен для преодоления мелководного участка достаточно крупными судами, перевозящими высоко тарифицируемые грузы. На Волге к таким судам можно отнести танкеры с характеристиками близкими к судам типа «Волгонепфть» и сухогрузным судам типа «Волго-Дон», а также к новым сухогрузам проекта RSD 44. Наиболее крупными из перечисленных типоразмеров судов являются суда проекта RSD 44. В связи с этим грузоподъемность дока принята равной водоизмещению в грузу судна проекта RSD 44, т.е. 7300 т.

Второй важной характеристикой дока, требующей обоснования, является его осадка в грузу. Для ее обоснования необходимо проанализировать глубины в шлюзах и на участке Городец – Нижний Новгород.

Условия эксплуатации дока

Уровненный режим, а следовательно, и судоходные условия в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла, находящегося в бесподпорном состоянии, зависят от режима пусков воды через Нижегородскую ГЭС, а также от происходящих там русловых процессов. На примере целого ряда нижних бьефов установлено, что в бесподпорных нижних бьефах комплексных гидроузлов происходит однонаправленный русловой процесс – размыв и понижение отметок дна русла, что обуславливает понижение отметок уровня воды при тех же пусках (расходах) воды.

На рис. 1 приведены графики связи среднесуточных уровней и расходов по гидрологическому посту «створ № 3» (плотина, 850 км) за период 1957–1999 гг. Из графиков видно, что непосредственно у плотины с 1957 по 1999 гг. посадка уровня при проектном среднесуточном расходе $Q = 1100 \text{ м}^3/\text{с}$ составила 90 см. К 2012 г. посадка составила уже 145 см при данном расходе, однако, в настоящее время расход увеличен до $1300 \text{ м}^3/\text{с}$ (за счет изменения среднесуточного расхода воды, сбрасываемого из Рыбинского водохранилища), что несколько стабилизирует ситуацию в целом (105 см).

Более сложная картина наблюдается по гидрологическому посту «Балахна». Здесь, начиная с первого года после регулирования стока Горьковским гидроузлом (1956 г.), в течение последующих 3–4 лет имело место повышение уровней по сравнению с естественным режимом (1954 г.). Это объясняется тем, что при интенсивном размыве русла на приплотинном участке происходило временное местное перенасыщение потока наносами. По удалении от ГЭС инерционный фактор перенасыщения весьма турбулентного потока ослабевал, в форме саморегуляции расход наносов начинал отвечать реальной транспортирующей способности потока.

В итоге значительный объем наносов откладывался в районе Балахны, вызывая подъем дна и повышение отметок уровня воды. В дальнейшем, по мере снижения ин-

тенсивности размыва русла на приплотинном участке и продвижении зоны размыва вниз по течению перенасыщение потока наносами снизилось, и начался размыв ранее отложившихся наносов. При этом уже с 1959–60 гг. началась посадка уровней в районе Балахны, в период 1960–65 гг. достигшая интенсивности 4 см/год.

Далее этот процесс стал затухать (за 1965–80 гг. посадка составила всего 10 см или 0,6 см/год), что явилось следствием постепенной стабилизации русла от Городца до Балахны.

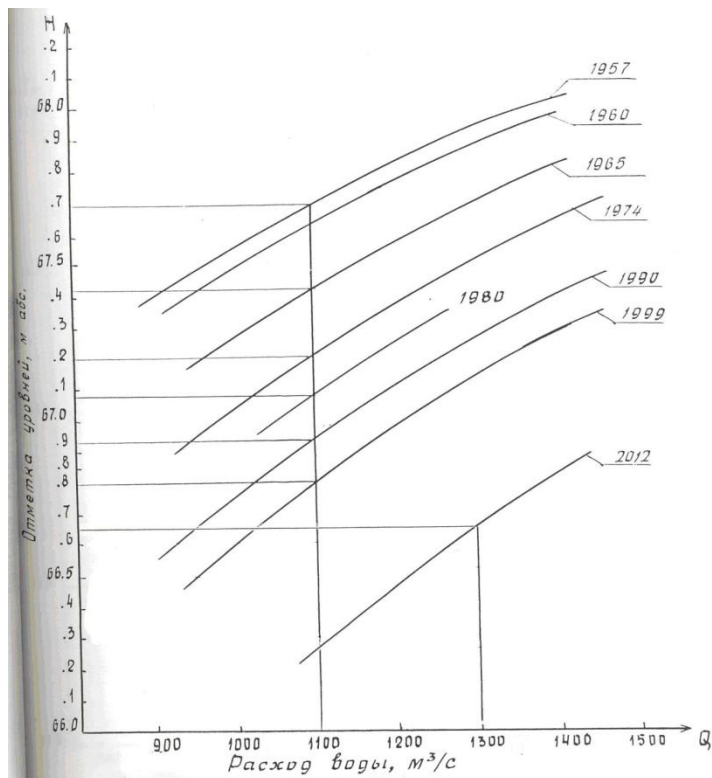


Рис. 1. Среднесуточные уровни по гидрологическому посту: «створ № 3»

За двадцатилетний период с 1980 по 1999 гг. общая посадка уровня составила 40 см при средней интенсивности 2 см/год. Рост интенсивности посадки по сравнению с предыдущим периодом, наряду с продолжающимся замедленным размывом русла, в основном, вызван проводившимися на участке Балахна – Н. Новгород большими дноуглубительными работами, спрямлением русла Волги.

Эти дноуглубительные работы и спрямления преследовали цель обеспечить возможность круглосуточного поддержания до Балахны глубины 3,5 м и улучшить судоходное состояние нижней части рассматриваемого участка.

К 1983 г. такие глубины на участке Балахна – Н. Новгород были обеспечены и, начиная с этого времени, необходимость остановки большегрузного флота на Горьковских рейдах отпала полностью. Практически все суда стали иметь возможность проходить до Балахнинских транзитных рейдов в любое время суток. Благодаря этому цикл полного прохождения большегрузным флотом участка Н. Новгород – Городец сократился.

Однако положение кривых свободной поверхности воды свидетельствует, что за период 1980–90 гг. уровень поверхности воды на гидрологическом посту Балахна снизился на 40 см (рис. 2).

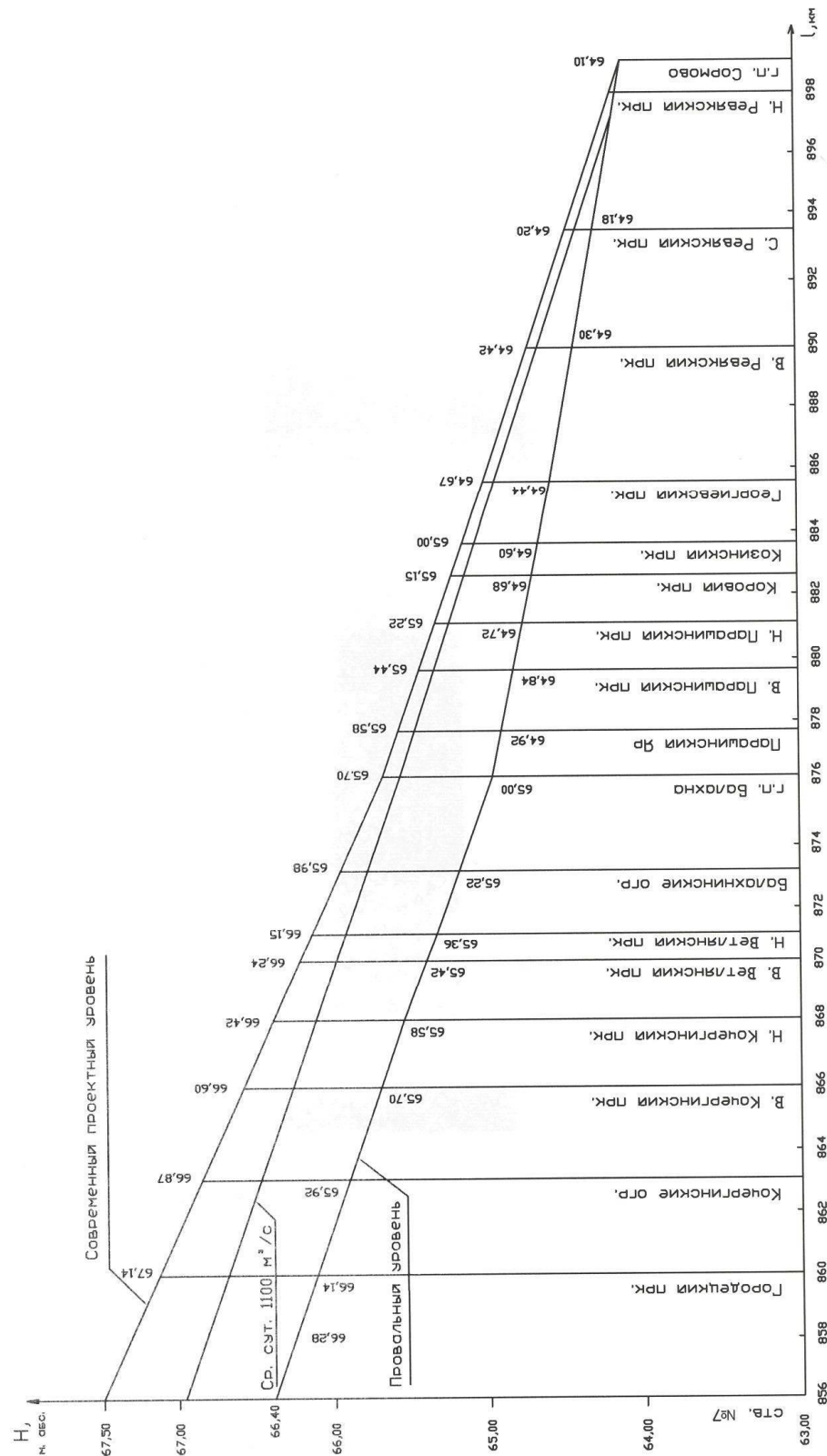


Рис. 2. Кривая свободной поверхности на участке Городец – Нижний Новгород

Подобная посадка уровня не связана с процессами на приплотинном участке и обусловлена как спрямлением судового хода на Коровьем и Ревякском перекатах, так и интенсивными дноуглубительными работами для обеспечения возможности подхода крупнотоннажных судов к Балахнинским рейдам.

Анализ гидрологического режима в нижнем бьефе НН ГЭС показал, что для отметок уровней в нижнем бьефе определяющим является режим попусков (расходов) через ГЭС. Суточное регулирование стока, обусловленное неравномерным потреблением электроэнергии, создает резко неустановившееся движение потока, способствует увеличению интенсивности русловых деформаций и крайне отрицательно влияет на условия судоходства. В подходном канале к Городецким шлюзам режим уровней воды и скоростей течения постоянно меняется. Это обусловлено как колебаниями уровней ниже входа в канал в связи с суточным регулированием стока, так и сбросом сливных призм при опорожнении камер шлюзов.

Несовпадение отметок уровней по ств. № 7 с отметками на порогах камер вызывает определенные трудности при принятии решений диспетчерами о возможности ввода в шлюз судов с конкретной осадкой. Выполненный анализ показал, что в практической деятельности по осуществлению судопропуска следует исходить из того, что уровни воды на порогах шлюзов в среднем на 10–15 см ниже, чем по ств. № 7.

Выполненные кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ» экспериментальные замеры уровней воды в шлюзах № 15 и 16 показали, что имеет место значительный разброс значений, при этом для среднего по водности года минимальная глубина над порогами шлюзов составляет 2,3 м, что позволяет двигаться плавдоку с осадкой 2,1 м.

Для оценки экономической эффективности транспортной работы дока необходимо оценить затраты на сооружение рейдов, на которых будут выполняться работы по докованию судов. При выборе рейда в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС рассмотрено два возможных места его расположения: 898 км реки Волги в районе существующих Сормовских рейдов и 920 км ниже Нижнего Новгорода.

В настоящее время имеющиеся Сормовские рейды предназначены для пассажирских и сухогрузных судов и составов, а также для нефтеналивных судов, рейд для которых находится ниже по течению в районе 897,5–898,3 км. Существующая глубина на рейдах не превышает 3,6 м. Для организации процесса докования выбирается часть нижнего по течению рейда, что дает возможность использования существующих рейдов беспрепятственно и по своему прямому назначению. Загруженность рейдов в настоящее время невелика, что позволяет использовать часть акватории для процесса ввода-вывода судов в плавдок.

Альтернативный вариант в районе 920 км предлагается разместить в стороне от левой кромки судового хода. В настоящее время этот участок водной акватории имеет достаточно большие глубины (6,5–7,5 м), ширина русла на данном участке составляет около 1 км.

Для организации докования в верхнем бьефе предлагается использовать существующий рейд сразу за границей гидроузла около дамбы № 8 слева от судового хода в районе населенного пункта Вашуриха.

Рейды нужно располагать с учетом нормального подхода и отхода плавдока и заходного судна. Заход составов на рейд и выход их с рейдов должны осуществляться, как правило, без пересечения акватории других рейдов.

Проектная глубина на рейде зависит от максимальной осадки дока при проведении грузовых операций, интенсивности волнения в районе рейда и запаса воды под днищем дока. Выполненные расчеты показали, что глубина должна быть не менее 8,5 м.

Размеры рейда в плане зависят от габаритов дока. Ориентировочно длину рейда можно принять равной 500 м, а ширину – 100 м.

С учетом имеющихся данных по замерам глубин в районах предполагаемых рейдов выполнены расчеты проектных объемов выемки грунта в рейдах нижнего бьефа. Глубины в районе верхнего бьефа достаточны и не требуют дноуглубления.

В табл. 1 для проведения экономических расчетов приведены характеристики альтернативных вариантов рейдов в нижнем бьефе.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика вариантов размещения мест докования
в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС**

Показатели	Варианты размещения рейда	
	1 вариант	2 вариант
1. Место расположения	898 км р. Волги, за правой кромкой судового хода	920 км р. Волги, за левой кромкой судового хода
2. Общая длина участка, м	500	500
3. Ширина акватории рейда, м	100	100
4. Ширина акватории маневрирования, м	400	500
5. Условия ветрового режима	хор.	удовл.
6. Вид путевых работ	Траление, дноуглубление	Траление, дноуглубление
7. Объем выемки грунта, тыс. м ³	113,97	61,37
8. Дальность транспортировки от рейда до Городецких шлюзов, км	45	67

Русловые выемки для использования в качестве мест докования по типу дноуглубительных работ можно отнести к карьерным выемкам, которые характеризуются значительными глубинами разработок. Характер влияния русловых карьеров на гидрологию русел свободных рек зависит от того, где и на каком участке реки производится углубление. На относительно прямолинейном участке реки при расположении места докования вблизи судового хода основным негативным фактором для судоходства может стать возможное понижение уровня воды в районе работ. С помощью программы, разработанной ВГУВТ, были посчитаны максимально возможные значения посадок уровней воды от углубления мест докования.

Вариант расположения места докования в районе Сормовских рейдов наиболее неблагоприятен с точки зрения посадки уровня воды, так как река Волга на участке Городец – Нижний Новгород находится в свободном состоянии, что обусловлено большими значениями уклонов свободной поверхности – $0,77 \cdot 10^{-4}$. Участок реки Волги ниже г. Н. Новгород находится в подпоре Чебоксарского водохранилища и уклоны на данном участке резко падают и составляют менее $0,50 \cdot 10^{-5}$.

Посадка по первому варианту составляет 10 см, а по второму – 1,6 см. Однако, даже посадка в 10 см не будет оказывать сильного влияния на ситуацию общего понижения отметок поверхности воды на участке Городец – Нижний Новгород, так как зона распространения посадки составляет в среднем 5 длин выемок грунта. Так как основные понижения уровней воды на участке приходятся в районе Городец – Балахна, а длина мест докования составляет лишь 500 м, то посадка уровня перестанет оказывать свое влияние на отметки поверхности воды уже через 4–5 км выше по течению. Так как место выклинивания подпора приходится на 894 км, где современная посадка уровня достигает 14 см, то реальная глубина судового хода на данном участке составляет 3,36 м, что достаточно для прохождения плавдока.

Выемка грунта под размещение и эксплуатацию дока влияет на гидравлику речного потока. Оценка скоростей течения в зоне места докования производится путем построения плана течений и разбивки речного потока на ряд струй с равновеликими

Выполнен расчет влекомых наносов для расчётных сечений струи, где расположена прорезь. Анализ результатов расчетов деформаций прорези дает возможность оценить начальную устойчивость прорези, назначить для обеспечения требуемого срока ее функционирования необходимое переуглубление, которое должно составить 10 см.

При определении главных размерений транспортного дока приняты во внимание следующие основные положения, обеспечивающие эффективное проведение доковых работ:

- 1,2 M;

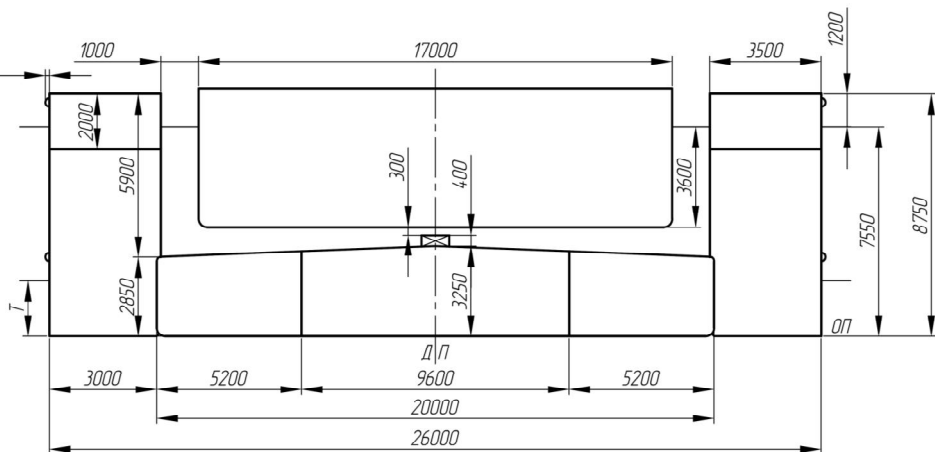


Рис. 3. Схема поперечного сечения транспортного дока

- длина дока определяется расчетом и должна позволять проведение доковых работ при транспортировке в шлюзах Городецкого гидроузла всех типов судов водоизмещением до 7300 т (сухогрузный т/х пр. RSD 44), длиной до 140 м, осадкой судна в грузу 3,6 м и осадкой дока с судном до 2,0 м.

Дока – двухбашенный, металлический. В качестве понтона дока приняты соединенные между собой цилиндрические вставки корпусов, выведенных из эксплуатации нефтеналивных барж проекта Р27, которые разделены поперечными и продольными переборками. Понтон состоит из двух цилиндрических частей корпуса баржи пр. Р27 длиной 68,2 м каждая протяженностью от 36 ½ шпангоута до 71 ½ шпангоута (получены с сохранением рамной шпации в результате отделения от корпуса баржи носовой оконечности длиной 23,6 м от носового перпендикуляра и в кормовой оконечности – участка длиной 18,2 м от кормового перпендикуляра). В средней части они присоединяются к цилиндрической вставке корпуса третьей баржи пр. Р27 длиной 63,8 м протяженностью от 39½ до 71½ шпангоутов. Длина понтона дока принята с учетом сохранения максимальной длины балластируемых отсеков (19,8 м) и размеров рамной шпации баржи в средней части корпуса (2,2 м) с образованием пиковых отсеков длиной 6,6 м.

Таким образом, длина дока по стапель-палубе и башен принимается равной $L_d = 200,2$ м. В торцевой части понтона установлены транцевые водонепроницаемые переборки. Дока симметричен относительно ДП. Башни – стальные, изготовленные вновь и прочно соединенные с корпусом понтона. Понтон имеет плоское днище и вертикальные борта, палуба баржи подкреплена и переоборудована под стапель-палубу с удалением систем трубопроводов и механического управления клинкетными задвижками и других устройств нефтеналивной баржи.

Высота башен над стапель-палубой определяется в зависимости от осадки докуемого судна. При доковании судно должно пройти над кильблоками, размещаться и закрепляться на кильблоках или иных приспособлениях в доке.

При расчете нагрузки масс использованы данные дока-прототипа пр. 1758.

В результате получены представленные ниже характеристики дока:

Длина дока, м	$L_d = 200,2$
Ширина дока, м	$B_d = 26,0$
Высота дока от ОП, м	$H_d = 8,75$
Длина понтона, м	$L_n = 200,2$
Ширина понтона, м	$B_n = 20,0$
Высота понтона при миделе, м	$H_n = 3,25$
Ширина стапель-палубы, м	$B_{стп} = 19,0$
Длина башни, м	$L_b = 200,2$
Ширина башни, м	$B_b = 3,0 (3,5)$
Ширина топ-палубы, м	$B_{тп} = 3,5$
Осадка дока порожнем с балластом, м	$T_{пор} = 0,59$
Осадка в грузу (с судном в грузу пр. RSD-44), м	$T_{гр} = 2,00$
Грузоподъемность дока, т	$Q = 7300$
Наибольшая глубина погружения, м	$T_{погр} = 7,55$
Водоизмещение дока порожнем с балластом, т	$D_{пор} = 3048$
Водоизмещение дока в полном грузу, т	$D_{гр} = 10370$
Количество принимаемого балласта, т	$B = 19819$
Класс РРР	«* Р 1,2»

Корпус дока разделен поперечными переборками на отсеки длиной 19,80 м в средней части (как и у баржи проекта Р27) и длиной по 6,6 м в оконечностях. По всей длине корпуса понтона сохранены две продольные гофрированные переборки. В корпусе понтона, состоящего из трех цилиндрических частей корпусов барж проекта Р27, образуется 36 балластных отсеков общей вместимостью 12012 м³. Балластные отсеки ограничены существующими поперечными и продольными переборками.

Корпус дока имеет продольную систему набора с сохранением расположения продольных связей в корпусе понтона, продольная шпация 600 мм. Башни также выполнены с продольной системой набора и продольной шпацией 500 мм.

Рамная шпация в средней части корпуса дока принята 2200 мм, как и у баржи проекта Р27, около поперечных переборок и в отсеках пиков – 1100 мм. Поперечный рамный набор баржи проекта Р27 выполнен из швеллера и представляет собой навесную конструкцию. С учетом восприятия значительных нагрузок корпусом понтона дока навесной набор заменен более мощным рамным набором таврового сечения с постановкой усиленных поперечных раскосных ферм, расположенных в плоскости рамных шпангоутов. В диаметральной плоскости понтона также дополнительно установлена продольная раскосная ферма.

Для корпуса понтона принята остаточная толщина наружной обшивки, переборок и продольных связей цилиндрической части корпуса типовой баржи проекта Р27. Для изготовления металлических башен, рамного набора и элементов раскосных ферм корпуса понтона принимается судостроительная сталь марки В по ГОСТ Р 52927–2008 с пределом текучести $R_{en} = 235$ МПа. Толщина листов наружной обшивки по высоте башен принята по результатам расчетов общей прочности.

По днищу, палубе безопасности и топ-палубе башен установлены продольные рамные балки таврового сечения на расстоянии 500 мм друг от друга. По наружному борту бортовые стрингеры установлены на расстоянии 2750 мм и 4750 мм от ОП соответственно. Стрингер внутреннего борта башни расположен на расстоянии 4750 мм от ОП. В плоскости стрингеров ниже палубы-безопасности на каждом рамном шпангоуте установлены распорки.

Для обеспечения общей прочности по наружному и внутреннему борту башен выше палубы безопасности вместо холостых продольных балок установлены стрингеры на расстоянии 500 мм друг от друга.

В оконечностях дока установлены транцевые переборки, подкрепленные рамным и холостым набором.

Размеры связей корпуса понтона установлены с учетом Правил Речного Регистра [1, 2] и выполненных расчетов общей и местной прочности.

С учетом анализа разработанной конструкции корпуса понтона получены массы металла, идущего на изготовление основных корпусных конструкций. Масса металла корпусов судов – доноров составляет 860 т; масса металла, идущего на изготовление новых корпусных конструкций – 1100 т.

Существенный вклад в строительную стоимость дока вносит стоимость основного энергетического оборудования: балластных насосов и дизель-генераторов. В связи с этим осуществлен подбор соответствующего оборудования. С учетом политической и экономической ситуации в стране выбор осуществлен на основе рынка отечественных производителей.

Для снабжения дока электроэнергией выбраны автономные источники – два дизель-генератора ПСМ АД-220 мощностью 2×220 кВт, которые изготавливаются группой компаний ПСМ (промышленные силовые механизмы) в г. Ярославле. Дизель ЯМЗ ярославского моторного завода.

Насосное оборудование дока выбрано из условия приема 20000 м^3 воды в качестве балласта в течение 2 часов. Этому условию удовлетворяют 6 центробежных насосов Д 2000 – 216 – 2, производимые АО «Сумской завод «Насосэнергомаш», имеющие следующие характеристики:

- подача – $1400 \text{ м}^3/\text{час}$;
- напор – 9 м.в.ст.;
- мощность – 55 кВт;
- частота вращения – 750 об/мин;

Анализ экономической эффективности дока

Определение затрат и результатов выполнялось применительно к указанным выше двум вариантам расположения рейдов в нижнем бьефе, при этом учитывались гарантированные глубины судового хода ниже рейдов по течению:

- Н.Новгород (гарантированная глубина судового хода 4 м)
- Сормовский рейд (гарантированная глубина судового хода 3,8 м)

Расчет возможных загрузок судов, а также дополнительных доходов судоходных компаний (СК) крупнотоннажных судов при использовании транспортного дока производился с дифференциацией по типу флота (самоходный / несамоходный); по роду груза (наливные грузы / сухогрузы); по направлению движения относительно Городецкого гидроузла (вверх / вниз).

На основании загрузок судов рассчитывались потери или возможные выгоды при использовании транспортного дока. При этом использовались следующие данные:

- расстояния между речными пунктами перевозок грузов;
- доходные ставки на перевозку груза, рассчитанные на один ткм, (руб./ткм);
- дополнительный объем перевозок грузов, который возможен при использовании транспортного дока.

Итоговые дополнительные доходы судоходных компаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Итоговые дополнительные доходы судоходных компаний
при использовании транспортного дока**

Место расположения рейда	Нижний Новгород (920 км) Сормово (898 км)	
	вверх	вниз
Направление движения относительно Городецкого гидроузла		
Количество рейсов	357	76
Общее количество груза, тыс.т	1235	237
Средняя эксплуатационная загрузка, т	3102	2731
Дополнительный объем перевозок, тыс.т	297	90
Дополнительные доходы, тыс.руб.	441 444	213 490
Средний дополнительный объем за один проход, т	832	1187
Средний дополнительный доход за 1 проход, тыс.руб.	1236	2809

В табл. 3 представлены результаты расчетов капитальных вложений в строительство дока, а также в создание рейдов.

Таблица 3

Итоговые капитальные вложения в систему транспортного докования

Место расположения рейда	Нижний Новгород	Сормово
Капитальные вложения, тыс. руб.		
1. Транспортный док	160 000	160 000
2. Рейд	3935	7106
2.1. Дноуглубительные работы	3679	6828
2.2. Оборудование рейда	256	278
Итого:	163935	167106

При выполнении расчетов строительной стоимости дока принимали стоимость стали – 35.0 тыс.руб. за тонну; стоимость одной баржи пр. Р27, идущей на утилиза-

цию – 5000 тыс.руб.; стоимость основного энергетического оборудования дока – 6600 тыс.руб.; коэффициент строительной стоимости при обработке 1 т металла – 3,5.

Эксплуатационные расходы определялись с учетом того, что транспортировка дока осуществляется с помощью толкача типа «ОТ-2400» и буксира типа «Урал».

В табл. 4 приведены результаты расчетов продолжительности круговых рейсов при разных вариантах загрузки дока. При этом продолжительность кругового рейса складывается из затрат времени по ходу дока соответственно с груженым судном и порожнем; затрат времени операции входа и выхода судна в док (из дока); затрат времени на швартовку в доке; затрат на операции погружения и всплытия дока.

Таблица 4

Продолжительность круговых рейсов и их число

Вариант докования		Место расположения рей-да	Т _{кр} , час	Т _{кр} , час (с учетом резервн. вр.)	Т _{кр} , сут	Кол-во рейсов
1	Н.Новгород – Городец груз.	Н.Новгород	30,5	33,5	1,40	125
	Городец – Н.Новгород порож.	Сормово	26,2	28,8	1,20	146
2	Н.Новгород – Городец порож.	Н.Новгород	29,6	32,6	1,36	129
	Городец – Н.Новгород груз.	Сормово	25,6	28,2	1,17	149
3	Н.Новгород – Городец груз.	Н.Новгород	33,6	37,0	1,54	114
	Городец – Н.Новгород груз.	Сормово	28,9	31,8	1,33	132

Эксплуатационные расходы использования транспортного дока включают в себя эксплуатационные расходы по буксиру и толкачу, доку, рейду.

Расчет эксплуатационных расходов осуществлялся по одному транспортному доку по двум вариантам расположения места докования и двум вариантам использования (одностороннее, двухстороннее) за весь период эксплуатации.

Эксплуатационные расходы по буксиру, толкачу определяются по следующим выражениям:

$$R_{pi} = R_{ai} + R_{ГСМi} + R_{ВВПi}, \quad (1)$$

где R_{ai} – расходы по аренде буксира, толкача определяются через тайм-чартерный эквивалент:

$$R_{ai} = 1.1R_{тчэij}t_{pi}, \quad R_{ai} = 1.1R_{тчэij}T_p, \quad (2)$$

$R_{тчэij}$ – тайм-чартерный эквивалент по буксиру, толкачу (аренда собственно учитывается через коэффициент, в данном случае прибыль арендодателя принята в размере 10%);

t_{pi}, T_p – продолжительность рейса или периода эксплуатации.

Расходы на топливо и смазку ($R_{ГСМ}$) определяются на основе утвержденных нормативов по соответствующим транспортным операциям в рейсе для каждого типа судна (состава) с учетом длительности этих операций.

Сборы за прохождение внутренних водных путей ($R_{ВВП}$) определяются за каждый пройденный участок водного пути по соответствующим ставкам (в данном случае один участок):

$$R_{\text{ВВП}} = \frac{V_y \sum_{s=1}^S (c_s l_s)}{10^6}, \quad (3)$$

$$V_y = V_y^m = V_y^o = L \cdot B \cdot H, \quad (4)$$

$$V_y = V_y^m + V_y^o, \quad (5)$$

где V_y – условный кубический модуль комплекса (док, тяга), м³;

V_y^m, V_y^o – условный кубический модуль, соответственно, тяги и дока, м³;

s – признак участка водного пути с определенным размером ставки сбора;

S – количество участков судоходных путей с разными размерами ставок сборов, ед.;

c_s – ставка сбора за прохождение s -го участка водного пути, руб. за 1000 м³/км;

l_s – длина s -го участка водного пути, км;

L, B, H – соответственно, габаритные длина, ширина и высота борта судна (дока), м.

Расходы на топливо определяются по всем операциям транспортного процесса (на ходовые операции, шлюзование, стояночные операции, на хозяйственно-бытовые нужды). В данном случае использовались нормы парохозяйства «Волготанкер».

Цена топлива принята равной 32 руб. за кг, а расходы на смазку в размере 6% от стоимости затрат на топливо.

Ставка сбора за прохождение участка водного пути Н. Новгород – Городец принимается равной 0,992 руб./км на 1000 м³.

Условный кубический модуль толкача и буксира в сумме равен 7737 м³.

Эксплуатационные расходы по транспортному доку определяются по следующей формуле, тыс. руб.:

$$R_o = R_{mc} + R_{np} + R_{ввп} + R_{отс} + R_y + R_a \quad (6)$$

где R_{mc} – расходы на топливо и смазку по транспортному доку;

R_{np} – прочие материальные расходы;

$R_{ввп}$ – плата за прохождение внутренних водных путей;

$R_{отс}$ – оплата труда и социальных нужд;

R_y – управленческие расходы;

R_a – амортизационные отчисления.

Расходы на топливо находятся по формуле:

$$R_{mc} = R_n + R_{неп}. \quad (7)$$

Постоянные расходы на топливо и смазку (R_n , тыс.руб.) по доку зависят от количества работающих дизель-генераторов, их мощности, а также продолжительности эксплуатационного периода и определяются по следующей формуле:

$$R_n = \frac{q \cdot t_g \cdot N \cdot Q \cdot U_m \cdot 1.06}{10^3}, \quad (8)$$

где q – удельный расхода топлива дизель-генератора, кг/л.с.-ч;

t_g – период эксплуатации, сут;

N – мощность дизель – генератора, л.с.;

Q – количество постоянно работающих дизель-генераторов, ед.;

$Ц_m$ – цена топлива, руб. (принимается равной 32 руб./кг).

Переменные расходы на топливо и смазку ($R_{пер}$, тыс.руб.) по доку зависят от количества рейсов, совершаемых одним доком за эксплуатационный период; продолжительности операций погружения и всплытия дока с судном или порожнем, а также количества и мощности работающих при этом дизель-генераторов и определяются по следующей формуле:

$$R_{пер} = \frac{\sum t_{нгр(вспл)} \cdot q \cdot N \cdot Q \cdot m_p \cdot Ц_m \cdot 1.06}{10^3}, \quad (9)$$

где $\sum t_{нгр(вспл)}$ – затраты времени на погружение (всплытие) дока с судном или порожнем, ч;

m_p – количество рейсов, совершаемых одним доком за эксплуатационный период, ед.

Прочие материальные расходы определяются по формуле:

$$R_{пр} = 0.03 \cdot R_{мс}, \quad (10)$$

Расходы на оплату труда:

$$R_{отс} = 1.4 \cdot n_{эк} \cdot n_{смен} \cdot O \cdot t_{\partial}, \quad (11)$$

где $n_{эк}$ – численность членов экипажа, чел ($n_{эк} = 5$ чел.);

$n_{смен}$ – количество смен за сутки, ед. ($n_{смен} = 3$ смены);

O – должностной оклад, руб. (принят равным 30000 руб.);

t_{∂} – период работы дока, сут (принят равным 7 мес.);

1.4 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, оплату отпускных и работу в выходные и праздничные дни.

Управленческие расходы:

$$R_y = 0.15 \cdot (R_{мс} + R_{пр} + R_{вспл} + R_{отс}). \quad (12)$$

Амортизационные отчисления находятся по следующей формуле:

$$R_a = K_{\partial(c)} \cdot a_n, \quad (13)$$

где $K_{\partial(c)}$ – среднее значение балансовой (для существующего флота) или строительной (для нового флота) стоимости судна, в соответствии с его типом, руб.;

a_n – норма амортизации, доли ед.

В соответствии с «Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы (утв. Постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1)» – <http://base.garant.ru/>, транспортный док относится к 10-й амортизационной группе со сроком полезного использования 30 и более лет. Исходя из этого, годовая норма амортизации будет равна:

$$a_n = 100 / 30 = 3,33 \% (0,033 \text{ в долях единиц}).$$

Эксплуатационные расходы по рейду включают в себя расходы на содержание навигационного оборудования.

Полученные результаты по расчету эксплуатационных затрат по использованию транспортного дока представлены в табл. 5.

Таблица 5

Итоговые эксплуатационные расходы по использованию транспортных доков

Место расположения рейда	Н. Новгород		Сормово	
Вариант докования	Н.Новгород – Городец груз. Городец – Н.Новгород по-рож.	Н.Новгород – Городец груз. Городец – Н.Новгород груз.	Н.Новгород – Городец груз. Городец – Н.Новгород по-рож.	Н.Новгород – Городец груз. Городец – Н.Новгород груз.
Эксплуатационные расходы за весь период эксплуатации, тыс.руб.				
ОТ-2400	40160	41588	36674	37823
Урал	10233	10512	9417	9612
Док	18909	18650	19034	18758
Рейд	90	90	90	90
Итого:	69392	70840	65215	66283

При расчете стоимости судопропуска учитываются не только эксплуатационные расходы, но и возврат стоимости дока (инвестиций) за его нормативный (заданный) срок эксплуатации. Для этого используются следующие исходные данные:

- значение дисконтной и кредитной ставок;
- норма амортизации.

Величина минимальной стоимости судопропуска находится по выражению, тыс.руб.:

$$C_{n\text{pmin}} = \frac{E_{\min} K_c k_n + I_{cp} + R_{cp}}{N_{np}}, \quad (14)$$

где $E_{\min}$ – нормативный коэффициент эффективности, определяющий размер требуемой нормы прибыли, обеспечивающей только возврат первоначальных инвестиций в пределах жизненного цикла судна, в долях ед.;

K_c – стоимость дока и оборудования рейда, тыс.руб.;

k_n – коэффициент налоговой нагрузки: $k_n = 1/(1 - H_{np})$, в долях ед.;

H_{np} – налог на прибыль ($H_{np} = 0,22$);

I_{cp}, R_{cp} – среднегодовые величины, соответственно, налога на имущество дока и рейда и всех эксплуатационных расходов по доку и рейду, тыс.руб.;

N_{np} – возможное количество проходов (рейсов) одного дока за период эксплуатации ($t_3 = 175$ сут) при совмещении одностороннего и двустороннего транспортного докования.

$$E_{\min} = \frac{d}{1 - (1 + d)^{-T_3}} - a_n, \quad (15)$$

$$d = \frac{k_p - i}{1 + i}, \quad (16)$$

где d – ставка дисконта;

T_3 – заданный срок эксплуатации дока, лет;

k_p – размер кредитной ставки, в долях ед. (принимается равной 0,3);

i – индекс инфляции (дефлятор), в долях ед. (принимается равным 0,12).

Однако, кроме возмещения основного капитала, эффективное его использование характеризуется обязательным получением прибыли, идущей на другие нужды и направления, то есть стоимость судопропуска (номинальная) должна рассчитываться по предыдущему выражению, но с учетом $E_{ном}$, который рассчитывается по следующему выражению:

$$E_{ном} = E_{мин} + d. \quad (17)$$

Величина тарифной ставки (стоимость транспортного докования) находится по следующему выражению:

$$Fr = \frac{C_{пр ном}}{Qэ_{ср}}, \quad (18)$$

где Fr – величина тарифной ставки (здесь понятие тарифная ставка введено для отличия от фрахтовой ставки за перевозку грузов), руб./т;

$C_{пр ном}$ – номинальная стоимость одного судопропуска, тыс.руб.;

$Qэ_{ср}$ – средняя эксплуатационная загрузка судов, т.

Обоснование стоимости одного судопропуска и тарифной ставки производились:

1) для двух вариантов грузовых линий:

– Нижний Новгород – Горьковское водохранилище;

– Сормовский рейд – Горьковское водохранилище;

2) для трех вариантов срока эксплуатации транспортного дока:

– при сроке эксплуатации 10 лет;

– при сроке эксплуатации 6 лет;

– при сроке эксплуатации 5 лет;

Результаты расчетов стоимости судопропуска и тарифной ставки при совмещении одностороннего и двустороннего транспортного докования представлены в табл. 5.

Таблица 5

Стоимость судопропуска и величина тарифной ставки

Место расположения рейда	Срок эксплуатации, лет		
	5	6	10
Стоимость судопропуска, тыс.руб.			
Н. Новгород	757	769	820
Сормово	650	660	704
Величина тарифной ставки, руб./т			
Н.Новгород	176	179	191
Сормово	151	154	164

Эффективность судоходных предприятий, связанная с использованием транспортного дока для докования и транспортировки через Городецкий гидроузел крупнотоннажных судов, обосновывается:

а) сокращением потерь доходов судоходными компаниями, связанными с недогрузом судов из-за ограничений по осадке:

$$\mathcal{E}_1 = D_{доп} - C_{прном} m_{гр}, \quad (19)$$

где $\mathcal{E}_1$ – экономический эффект судовладельцев от сокращения потерь доходов, связанных с недогрузом судов из-за ограничений по осадке, тыс.руб.;

$D_{доп}$ – дополнительные доходы судоходных компаний крупнотоннажных судов при использовании транспортного дока, тыс. руб.;

$C_{пр ном}$ – номинальная стоимость судопропуска, тыс.руб.;

$m_{гр}$ – размер грузопотока, ед.отправлений;

б) сокращением потерь доходов судоходными компаниями, связанными с длительным временем ожидания глубин и в целом прохождения участка Городец – Нижний Новгород

$$\Delta Q_t = \frac{\Delta t}{24} m_{гр вв} Q_{р ср} + \frac{\Delta t}{24} m_{гр вн} Q_{р ср} , \quad (20)$$

где ΔQ_t – экономия тоннаже-суток за счет ускорения прохождения судами участка Городец – Нижний Новгород, тнж.сут;

Δt – экономия времени, ч;

$Q_{р ср}$ – средняя грузоподъемность судов, т.

Дополнительный объем транспортной продукции (грузооборота) за счет ускорения прохождения судами участка Городец – Нижний Новгород, ткм

$$\Delta A_z = P_{вал} \Delta Q_t , \quad (21)$$

где $P_{вал}$ – валовая производительность работы флота, ткм/тнж.сут (на основе усредненных статистических данных принимаем $P_{вал} = 70-75$ ткм/тнж.сут).

Экономический эффект судовладельцев от экономии тоннаже-суток за счет ускорения прохождения судами участка Городец – Нижний Новгород, тыс.руб.

$$\mathcal{E}_2 = (\Delta A_z d) \cdot 0,78, \quad (22)$$

где d – средний тариф на перевозку грузов, руб./ткм.

При расчете эффективности судоходных предприятий, связанных с ускорением прохождения судами участка Городец – Нижний Новгород, учитывается налог на прибыль, равный 22%.

Итоги обоснования эффективности использования дока для проводки груженых судов через участок Городец – Нижний Новгород судоходными предприятиями представлены в табл. 6

Таблица 6

Эффективность судоходных предприятий при использовании транспортного дока для докования и транспортировки через Городецкий гидроузел крупнотоннажных судов, тыс.руб.

Место расположения рейда	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_\Sigma$
Н. Новгород	316187	32459	348646
Сормово	364240	38416	402656

Доходы от докования и транспортировки крупнотоннажных судов через Городецкий гидроузел находятся по следующей формуле:

$$D_t = C_{пр ном} N_{пр} , \quad (23)$$

где D_t – доходы от докования и транспортировки крупнотоннажных судов в каждом t -м году эксплуатации дока, тыс. руб.;

$C_{пр\ ном}$ – номинальная стоимость одного судопропуска, тыс.руб.;

$N_{пр}$ – возможное количество проходов (рейсов) одного дока за период эксплуатации ($tэ = 175$ сут) при совмещении одностороннего и двустороннего транспортного докования.

Эксплуатационные расходы по использованию транспортных доков Rp_t включают в себя расходы по буксирам, толкачам, эксплуатационные расходы по доку и расходы по рейду, связанные с содержанием навигационного оборудования.

Валовая прибыль $Пв_t$ находится по формуле, тыс.руб.:

$$Пв_t = Д_t - Rp_t. \quad (24)$$

Амортизационные отчисления A_t являются величиной постоянной по всем годам и рассчитываются по выражению, тыс.руб.:

$$A_t = \frac{K_o a_n}{100}, \quad (25)$$

где K_o – строительная стоимость дока, тыс.руб.;

a_n – норма амортизации, % ($a_n = 3,33\%$).

Налог на имущество I_t находится по следующему выражению, тыс.руб.:

$$I_t = (K_o - A_t(t - 0,5))k_u, \quad (26)$$

где t – порядковый номер текущего года эксплуатации дока, для которого находится величина налога на имущество;

k_u – ставка налога на имущество, в долях ед. ($k_u = 0,022$).

Чистая прибыль $П_t^ч$ за каждый t -й год, тыс.руб.:

$$П_t^ч = (Д_t - Rp_t - I_t)(1 - H_{пр}). \quad (27)$$

Для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов вычисляется коэффициент дисконтирования по следующему выражению:

$$\alpha_t = (1 + e_p)^{-t}, \quad (28)$$

где α_t – коэффициент дисконтирования;

e_p – норма дисконта;

t – текущий год, притоки и оттоки денежных средств которого приводятся к расчётному году.

Экономический эффект $Э_T$ (чистая текущая стоимость, чистый дисконтированный доход, интегральный эффект) находится по формуле:

$$Э_T = \sum_{t_n}^{t_k} (П_t^ч + A_t \pm I_t - K_t) \alpha_t, \quad (29)$$

где $Э_T$ – экономический эффект за весь период жизненного цикла дока, начиная с нулевого года (года строительства дока), тыс.руб.;

L_t – ликвидационная стоимость в году t , тыс.руб.;

K_t – размер капвложений в году t , тыс.руб.

Срок окупаемости определяется как минимальный временной интервал (от начала осуществления проекта), за пределами которого интегральный эффект появляется и в дальнейшем остаётся положительным:

$$\sum_{t_n}^{t_g} (\Pi_t^u + A_t) \alpha_t = \sum_{t_n}^{t_k} (K_t - L_t) \alpha_t, \quad (30)$$

где t_g – год возврата единовременных затрат (инвестиций).

Период возврата единовременных затрат определяется последовательным сложением первой и второй частей уравнения (30) до момента $t = t_g$, когда они сравниваются. В том случае, когда $t_g \geq t_k$, то абсолютная дисконтированная прибыль отрицательна и срок возврата единовременных затрат находится за пределами расчетного периода.

Не дисконтированный срок окупаемости определяется по аналогичному выражению, только без использования коэффициентов дисконта.

Индекс доходности (рентабельности) проекта рассчитывается по следующему выражению:

$$I = \frac{\mathcal{E}_T}{\sum_{t_n}^{t_k} (K_t \alpha_t)}. \quad (31)$$

$$I' = \frac{\mathcal{E}_T + \sum_{t=t_n}^{t_k} K_t (1 + e_p)^{-t}}{\sum_{t=t_n}^{t_k} K_t (1 + e_p)^{-t}}, \quad (32)$$

где I, I' – соответственно индексы доходности, рассчитанные с учетом и без учета капитальных вложений.

Внутренняя ставка (норма) доходности $e_{вн}$, в долях ед., определяется из уравнения:

$$\sum_{t_n}^{t_k} (\Pi_t^u + A_t \pm L_t - K_t) (1 + e_{вн}) = 0. \quad (33)$$

Внутренняя норма рентабельности может определяться различными способами, в том числе с помощью табличного процессора Microsoft Office Excel. Без применения ЭВМ она находится методом последовательного приближения путем постепенного увеличения или уменьшения $e_{вн}$ до тех пор, пока экономический эффект не станет приблизительно равен нулю.

Для оценки и выбора фрахтовой ставки определяется также и относительная прибыль, положительная величина которой обеспечивает экономическую прибыль, т.е. прибыль, которая обеспечивает воспроизводство основных фондов.

Относительная экономическая прибыль ρ_o определяется по следующему выражению:

$$\rho_o = \frac{\Pi_{cp}^q}{A} - d_k, \quad (34)$$

где d_k – кредитная ставка, доли ед;

Π_{cp}^q – среднегодовая чистая прибыль дока, в тыс. руб., которая находится по следующему выражению:

$$\Pi_{cp}^q = \frac{1}{T_p} \sum_{t=1}^{T_p} \Pi_t^q, \quad (35)$$

где T_p – заданный срок эксплуатации судна, лет;

A – величина всех чистых активов, тыс.руб.

Итоговые показатели экономической эффективности использования транспортного дока при проводке груженных судов через участок Городец – Нижний Новгород представлены в табл. 7.

Таблица 7

**Итоговые показатели экономической эффективности
использования транспортного дока**

Место расположения рейда	$T_{ок}$, лет	$T_{ок д}$, лет	I	I'	ВНР	ρ_o	Эконом. эффект, тыс.руб.
При сроке эксплуатации 10 лет							
Н. Новгород	1,64	2,06	194,6	2,95	0,605	0,278	317079
Сормово	1,31	1,60	268,6	3,69	0,761	0,432	446248
При сроке эксплуатации 6 лет							
Н. Новгород	1,64	2,06	124,5	2,24	0,569	0,278	202881
Сормово	1,31	1,60	181,0	2,81	0,736	0,432	300680
При сроке эксплуатации 5 лет							
Н. Новгород	1,64	2,06	99,5	2,00	0,539	0,278	162097
Сормово	1,31	1,60	149,7	2,50	0,711	0,432	248970

Здесь:

$T_{ок}$ – недисконтированный срок окупаемости, лет;

$T_{ок д}$ – дисконтированный срок окупаемости, лет;

I, I' – индексы доходности, рассчитанные с учетом и без учета капвложений;

$e_{вн}, ВНР$ – внутренняя ставка (норма) доходности;

ρ_o – относительная экономическая прибыль в долях единицы.

Общее заключение

по анализу экономической эффективности дока

Расчет эффективности проводки судов с помощью транспортного дока на участке Нижний Новгород – Городец произведен исходя из следующих условий:

1. Все груженные судопотоки, подлежащие докованию, определены на базе 2013 г.

2. Все потери доходов из-за низкой эксплуатационной загрузки судов на участке Нижний Новгород – Городец и эксплуатационные затраты определены в среднем на одно груженое судно.

3. Потери доходов определены, исходя из условий плавания на других участках водных путей, то есть за пределами участка Нижний Новгород – Городец. При изменении этих условий потери доходов будут другими.

4. Потери доходов определены, исходя из сложившихся на 2013 г. уровней фрахтовых ставок за перевозки грузов.

5. Все расчеты эффективности для двух рейдов загрузки (Сормовский и в Нижнем Новгороде) ведутся по одному доку. При этом заложен резерв времени порядка 10%.

Как видно из табл. 7, эффективность использования транспортного дока в целом при разных сроках эксплуатации весьма высокая. Так, самый большой срок окупаемости составляет: недисконтированный – 1,34 года, а дисконтированный – 2,06 года при строительной стоимости 160 млн руб. Были выполнены также расчеты на строительную стоимость 200 млн.руб. В этом случае максимальный недисконтированный срок окупаемости составил 2,06 года, а дисконтированный – 2,71 года.

Эффективность проводки судов через Сормовский рейд выше, чем через Нижний Новгород за счет сокращения продолжительности проводки, тем самым компенсируется увеличение стоимости дноуглубительных работ по сравнению с рейдом в Нижнем Новгороде. Тем более, что в случае рейда в Нижнем Новгороде надо иметь в виду сложности и простои дока в ожидании разводки наплавного моста.

Однако следует помнить, что в формировании эффективности участвуют как транспортные судоходные предприятия (СК), перевозящие грузы в судах, проходящих через участок Нижний Новгород – Городец, так и организация, эксплуатирующая транспортный док (ОЭД). ОЭД берет на себя все единовременные затраты по строительству транспортного дока и организации рейда загрузки и все эксплуатационные затраты по транспортировке транспортных судов. Напротив, СК от эксплуатации дока несет только эксплуатационные затраты по оплате услуг транспортного докования и имеет дополнительные доходы от повышения загрузки судов, обеспечиваемого транспортным доком. Поэтому эффект в целом необходимо «поделить» между СК и ОЭД посредством определения тарифной ставки за проводку груженых судов либо за 1 проход либо за 1 тонну перевозимого груза. Эта информация приведена в табл. 5.

Как видно из этой таблицы, при меньшем сроке эксплуатации транспортного дока тарифная ставка меньше. Это связано с тем, что за пределами указанных сроков эксплуатации дока остаточная стоимость транспортного дока не переносится на стоимость услуг, оплачиваемых СК, что, по нашему мнению, является логичным. Другими словами, остаточная стоимость транспортного дока будет использоваться на другие услуги, например, связанные с ремонтом судов. В противном случае, тарифная ставка резко возрастает (табл. 8).

Таблица 8

Тарифная ставка

Рейд	Без учета стоимости дока за пределами срока экспл., руб./т	С учетом полной стоимости дока, руб./т
Н.Новгород	191	278
Сормово	164	238

Тарифная ставка за 1 тонну груза определена из средней стоимости одного прохода и средней расчетной загрузки судов. Средняя стоимость прохода определена с учетом инвестиционной составляющей оборудования рейда и части стоимости транспортного дока и дисконтной (доходной) ставки, равной 0,16.

На первый взгляд, она является весьма высокой, так как сравнима со стоимостью перевозки низкотарифицированных родов грузов (щебень, металл). Разница между фрахтами разных родов грузов, таких, например, как металл, нефтепродукты, удобрения, является существенной и отличается в несколько раз. Поэтому при разработке тарифной политики проводки судов необходимо учитывать не только загрузку судов, но и род груза. Следствие этого – эффективность проводки судов с такими грузами, как нефтепродукты, сера, удобрения, будет гораздо выше, чем проводка судов с низкотарифицированными родами грузов.

При уровне тарифных ставок, указанных в табл. 5, эффективность использования транспортного дока в рамках ОЭД будет значительно ниже, чем в целом, так как доходами ОЭД является оплата услуг транспортными предприятиями. Так, при стоимости транспортного дока 160 млн руб. и сроке эксплуатации 10 лет, недисконтированный срок окупаемости будет равен 6 годам, а в случае дисконтирования капвложения в док и оборудование рейда не окупаются, экономический эффект является отрицательным.

Эффективность СК приведена в табл. 6. Она складывается из двух составляющих: а) разница между дополнительными доходами от увеличения загрузки судов и оплаты услуг по докованию и б) увеличение валовой производительности за счет ускорения проводки на участке Нижний Новгород – Городец. Эффективность, указанная в таблице определена как средняя по всем срокам эксплуатации дока (5, 6, 10 лет).

Эффективность в целом для СК и ОЭД может быть существенно повышена за счет льгот, а именно, освобождения от налога на прибыль и налога на имущество в случае возможной регистрации дока как нового судна в РМРС (Российский международный Реестр судов). В этом случае срок окупаемости в целом снижается. При тех же условиях (стоимость транспортного дока 160 млн. руб. и срок его эксплуатации 10 лет):

Таблица 9

Срок окупаемости с учетом льготного налогообложения

Место расположения рейда	$T_{ок}$, лет	$T_{ок д}$, лет	I	I'	ВНР	ρ	Эконом. эффект, тыс.руб.
При сроке эксплуатации 10 лет							
Н. Новгород	1,26	1,54	282,3	3,82	0,791	0,460	459980
Сормово	1,01	1,20	377,2	4,77	0,989	0,658	626476

Таблица 10

Тарифная ставка, руб./т:

Рейд	Без льготирования		С льготированием	
	Без учета стоимости дока за пределами срока экспл.	С учетом полной стоимости дока	Без учета стоимости дока за пределами срока экспл.	С учетом полной стоимости дока
Н. Новгород	191	278	176	243
Сормово	164	238	151	209

Таким образом, на наш взгляд, эффективность в целом транспортного докования не вызывает сомнений при разных условиях и сроках эксплуатации дока. Эффективность СК является удовлетворительной, независимо от льготирования налогообложения. Эффективность же ОЭД является удовлетворительной только в случае льготирования.

При этом надо иметь в виду, что все представленные расчеты являются детерминированными. В случае принятия решения о строительстве дока требуется: а) уточнение расчетов путем моделирования движения, шлюзования и прибытия судов для од-

ного, двух, трех доков, б) установление тарифов проводки по родам грузов и в) согласование эффектов между СК и ОЭД.

В случае кредитования рассчитан кредитный план в условиях самокредитования, т. е. оплата единовременных затрат по строительству транспортного дока осуществляется за счет прибыли от транспортного докования. Кредитный план рассчитывается для двух вариантов:

- вариант привлечения зарубежного (валютного) кредита при кредитной ставке 9%;
- вариант привлечения внутреннего кредита при кредитной ставке 30%.

Поскольку с условиях льготирования 2/3 кредита возмещается государством, в расчетах приняты кредитные ставки в условиях привлечения зарубежного кредита — 3%, в условиях привлечения внутреннего кредита — 10%.

Кредитный план рассчитан для Сормовского рейда при строительной стоимости дока 160 млн руб. и сроке эксплуатации 10 лет. На основе результатов расчета кредитного плана в условиях льготирования срок окупаемости по кредитному плану составляет около 2 лет при значительном экономическом эффекте. Исходя из этого осуществление мероприятий по транспортному докованию вполне возможно за счет заемных средств и при стоимости дока до 200 млн руб. в условиях льготирования.

Вместе с тем, при обосновании транспортного докования в целом и, в частности, в расчетах экономической эффективности не исследованы вопросы безопасности и возможности шлюзования транспортного дока в Городце, проводки дока через участок Нижний Новгород – Городец, его управляемости, а также якорной стоянки и движения судов на этом участке. При положительном решении этих и других вопросов в определение экономической эффективности могут быть внесены существенные поправки. Кроме того, представленный анализ учитывает работу дока в навигационный период, однако он может использоваться и в межнавигационный период в качестве обычного дока для выполнения ремонтов и строительства судов, поскольку в зимний период ощущается нехватка стапельных мест. Очевидно, что работа дока в этот период приведет к повышению его экономической эффективности.

Список литературы:

- [1] Российский Речной Регистр. Обновление судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания с использованием элементов эксплуатировавшихся судов. Руководство Р.041-2014. – М.: Изд-во «ТрансЛит», 2014. – 27 с.
- [2] Российский Речной Регистр. Правила (в 4-х томах). Т. 2. – М.: Изд-во ОАО «Типография «Новости», 2008. – 406 с.
- [3] Борисов А.М. Конструкция корпуса стального судна: метод. пособие к выпол. курс. проекта для студ. оч. и заоч. обуч. спец. 180101 «Кораблестроение» / А.М. Борисов. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 92 с.
- [4] Ловягин М. А. Металлические плавучие доки / М.А. Ловягин, В.М. Корсаков, Я.Б. Каганер и др. – Л.: Судостроение, 1964. – 326 с.
- [5] Справочник диспетчера речного флота. – М.: Минречфлота РСФСР, 1990. – 167 с.
- [6] Кузьмичев И.К. Организация перевозок грузов в судах [Текст]: метод. указания по выполн. курс. работы для студ. очн. и заочн. обучения спец.: 080502 / И.К. Кузьмичев, Э.Е. Нюркина, Н.В. Шмелев. – Н.Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2008. – 28 с.
- [7] Сазонов А.А. Водохранилище и судоходные шлюзы: метод. указания к выполн. практ. работ для студ. оч. обучения спец. 270104 / А.А. Сазонов. – Н.Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2009. – 32 с.
- [8] Платов Ю.И. Оценка транспортного бизнеса: учебно-метод. пособие по выполн. практ., контр. и курсовых работ для студ. подготовки: 38.03.03(080200.62), 23.03.01-62(190700.62), 26.03.01-62(180500.62) / Ю.И. Платов, М.В. Никулина. – Н. Новгород: Изд-во ВГУВТ, 2016. – 60 с.

THE TRANSPORT DOCK USING FOR THE SHIPS PASSAGE THROUGH THE VOLGA RIVER SHALLOW SECTION NIZHNY NOVGOROD – GORODETS

S.N. Girin, Yu. Ye. Voronina, Yu. I. Platov

Keywords: navigation, small depth, transport dock, construction, docking raids, economic efficiency

The problem concerning the heavy-tonnage vessels passage through Gorodets hydrosystem under the shoal conditions is discussed. Such vessels transportation by means of special transport dock is considered as a possible solution to the problem. The dock design is offered and its operation economic efficiency is analysed.

Статья поступила в редакцию 12.04.2016 г.

УДК 629.12.011

Е.М. Грамузов, д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «НГТУ им Р.Е. Алексеева»
А.Г. Ларин, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «НГТУ им Р.Е. Алексеева»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРЕНИЙ И ФОРМЫ ПОДВОДНОГО СУДНА НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПОГРУЖЕНИЯ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: ледяной покров, ледовый опытовый бассейн, модель естественного льда, проломная нагрузка, теория моделирования, подводное судно.

Статья посвящена экспериментальному изучению влияния размерений и формы подводного судна на величину проломного усилия для ледяного покрова при погружении. Описана экспериментальная установка для исследования пролома ледяного покрова. Приведены результаты модельного эксперимента, показано влияние соотношения размерений и формы подводного судна на величину проломного усилия.

Добыча углеводородов в арктических морях связана со сложными условиями эксплуатации, такими как отрицательные температуры и подвижка ледяных полей. В настоящий момент построены и успешно эксплуатируются ледовые буровые платформы на неглубоком шельфе арктических морей. На относительно больших глубинах добыча вызывает трудности. В связи с этим разрабатываются проекты по подводному бурению. В настоящий момент уже существует несколько таких запатентованных проектов. Для снабжения буровых установок энергией предполагается использовать подводные суда с мощной энергетической установкой. При наступлении неблагоприятной ситуации судно может погрузиться под воду и продолжить снабжение буровой электроэнергией. Оценка возможности погружения судна в ледовых условиях позволяет обеспечить безопасную эксплуатацию судна и безопасность экипажа. Для определения влияния на величину проломной нагрузки для ледяного покрова ее формы и размеров были проведены опыты в специализированном ледовом опытовом бассейне НГТУ им. Р.Е. Алексеева кафедры «Кораблестроение и авиационная техника».

Рассмотрим процессы моделирования взаимодействия судна со льдом при погружении. Теоретическое решение этой задачи пока не получено из-за сложности физических процессов полного пролома ледяного покрова.

Классическая теория моделирования, разработанная Ю.А. Шиманским и Л.М. Ногидом, предъявляет к модели ледяного покрова следующие требования [1]:

$$\frac{h_H}{h_M} = \frac{\sigma_H}{\sigma_M} = \frac{E_H}{E_M} = \lambda; \rho_H = \rho_M; \mu_H = \mu_M, \quad (1)$$

где λ – модуль геометрического подобия объекта взаимодействующего со льдом;

h – толщина ледяного покрова;

σ – предел прочности льда на изгиб;

E – изгибный модуль упругости льда;

ρ – плотность льда;

μ – коэффициент Пуассона льда.

Индексами «н» и «м» обозначены натура и модель соответственно.

Модель ледяного покрова, полностью удовлетворяющая всем условиям моделирования, пока не найдена. Актуальным остается вопрос частичного подобия и связанного с ним метода пересчета результатов на натуру.

Для моделирования ледяного покрова используют модели искусственного льда, в которых прочность льда уменьшена таким образом, чтобы удовлетворить соотношению. Однако такое моделирование требует дорогостоящей технологии изготовления модельного льда и не позволяет полностью смоделировать все условия.

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева на кафедре «Кораблестроения» был разработан метод моделирования в естественном льду, который обладает повышенной прочностью, чем требует строгая теория моделирования [1]. При моделировании обеспечивается равенство безразмерных прогибов, подобие параметров изгиба пластины на упругом основании, цилиндрической жесткости и напряженно-деформированного состояния льда. При этом картина разрушения льда в плане будет подобна, следовательно, одинаковыми будут число и расположение точек контакта объекта со льдом.

Сразу следует заметить, что естественный лед обладает повышенной прочностью, чем требует строгая теория моделирования, поэтому широкое распространение получило мнение о невозможности его использования в качестве модели ледяного покрова. Идея использования натурального льда состоит в попытке компенсации повышенной прочности меньшей толщиной [2].

Подобие картин разрушения определяется подобием НДС ледяных пластин, для определения которого воспользуемся дифференциальным уравнением изгиба пластин, на упругом основании, приведенному к безразмерному виду [1].

$$\frac{D}{\rho g l^4} \nabla^4 \bar{w} + \bar{w} = 0, \quad (2)$$

где $\bar{w} = w/l$ – безразмерный прогиб;

$l = 1/\alpha = \sqrt[4]{\frac{D}{\rho g}}$ – характерный линейный размер в плане;

$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$ – цилиндрическая жесткость ледяной пластины.

НДС ледяного покрова для натуре и модели будет подобным, если

$$\frac{D}{\rho g l^4} = idem. \quad (3)$$

Так как $\rho_M = \rho_H$ и $g = const$ выражение можно преобразовать к виду

$$\frac{D_H}{D_M} = \frac{L_H^4}{L_M^4} = \lambda^4. \quad (4)$$

Таким образом, при соблюдении условия (4) будет обеспечено подобие картин разрушения льда в плане.

Условия (3) и (4) предъявляют к модели ледяного покрова более легкие требования, чем классическая теория моделирования, а, следовательно, упрощается выбор материала для модели льда.

Описанный метод моделирования не противопоставляется более строгому методу, основанному на подборе материала модели льда. Однако, он позволяет расширить объемы модельных исследований, используя для них открытые бассейны и естественные водоемы, а также производить испытания крупномасштабных и полунатурных моделей.

Пересчет на натуру осуществляется по следующим зависимостям [3]:

$$h_H = \lambda^{4/3} \cdot \lambda_E^{-1/3} \cdot h_M, \quad (5)$$

$$P_H = \lambda^3 \cdot P_M, \quad (6)$$

$$v_H = \sqrt{\lambda} \cdot v_M, \quad (7)$$

где $\lambda_E = \frac{E_H}{E_M}$ – масштаб модулей упругости;

$\lambda = \frac{L_H}{L_M}$ – геометрический масштаб;

v_H, v_M – скорость деформирования натурального и модельного ледяного покрова;

P_H, P_M – проломная нагрузка для натурального и модельного льда.

Справедливость изложенного метода моделирования проверялась на моделях речных ледоколов проекта Р-47 выполненных в масштабах 1:27, 1:18, 1:13,5 и проекта 1105 в масштабе 1:50, морского ледокола R – класса в масштабе 1:40 и некоторых других.

Испытания показали удовлетворительную сходимость с натурными данными.

Пересчет сопротивления для широкого диапазона масштабов моделей судов $\lambda = 13.5 \div 50$, а также для масштабной серии ледокола проекта Р-47 не выявили, сколько-нибудь заметного масштабного эффекта.

Были проведены исследования погружения замороженных в лед серии унифицированных моделей с целью определения влияния отношения длины судна к ширине L/B , площади ватерлинии, солёности льда, угла наклона борта к ватерлинии на способность судна погружаться. По результатам испытаний были получены зависимости, с помощью которых могут быть получены данные по проломному усилию для судов с характеристиками, отличными от моделей и для новых ледовых условий. Методика пересчета испытаний моделей объекта с систематически изменяемыми характеристиками базируется на теории моделирования деформирования и разрушения ледяного покрова.

Схематизированные модели подводных судов были выполнены из стальных труб диаметром $\varnothing 168$ мм и разных длин $l_1 = 500$ мм; $l_2 = 750$ мм; $l_3 = 1000$ мм; $l_4 = 1500$ мм с возможностью уточнения масштаба моделей в ходе проектирования натуре. Схемы моделей приведены на рис. 1 и 2. Модели закреплялись к штоку пресса и вмораживались в лед при разной осадке, что соответствовало форме борта близкой к вертикальной а) и наклонной б), в) и соответственно запасу плавучести для этих случаев 20%, 35%, 50%.

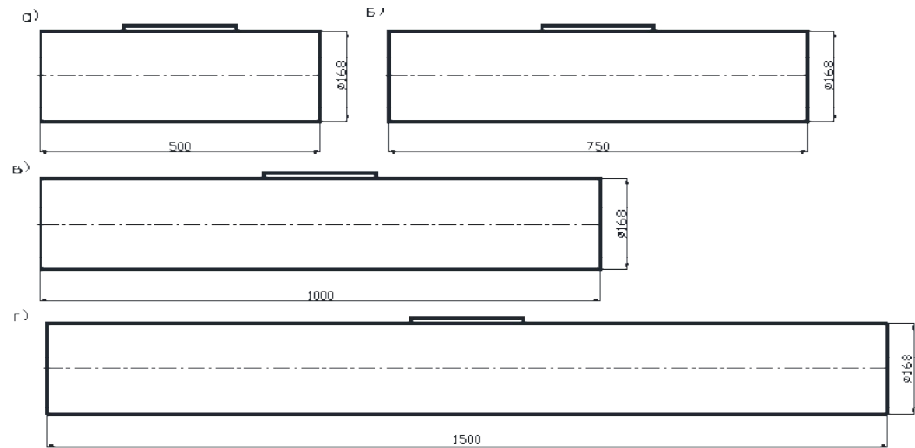


Рис. 1. Схемы моделей подводного судна

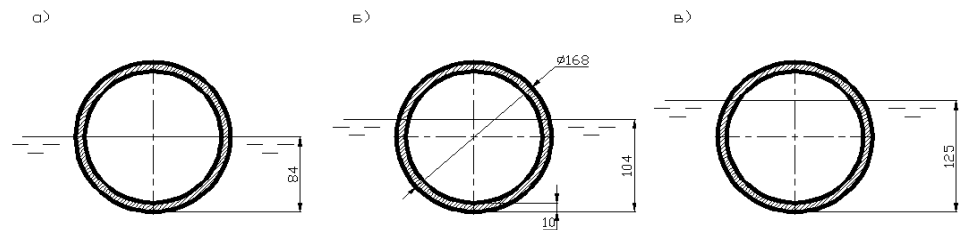


Рис. 2. Схема вмораживания моделей в лед

Модельные испытания проводились в специальном ледовом опытовом стенде, расположенном на открытом воздухе. Более полное описание стенда дано в [4].

Испытания проводились в пресном льду естественного состава при отрицательных температурах воздуха. Ледовый бассейн заполнялся пресной водой, под пресс устанавливалась модель судна, закреплялась к штоку пресса и оставалась в воде (для заданной осадки) при намораживании льда требуемой толщины.

Испытания проводились для толщин модели льда ~10 мм, ~20 мм, ~30 мм, ~40 мм.

Для аппроксимации проломного усилия предложена формула [2], кН:

$$P = 1378 \cdot (1 + 0,02 \cdot \frac{L/B}{\alpha \cdot \sqrt{S}}) \cdot (1 + 1,3 \cdot \alpha \cdot \sqrt{S}) \cdot h^2, \quad (8)$$

где 1378 – коэффициент удельной энергии разрушения льда при погружении вмерзшего подводного судна, кПа;

$\alpha = \sqrt[4]{\frac{12\rho g(1-\mu^2)}{Eh^3}}$ – параметр упругого основания при изгибе ледяной пластины, 1/м;

E – модуль упругости льда, принято $E=5 \cdot 10^6$ МПа;

μ – коэффициент Пуассона для льда, $\mu=0,36$;

ρ – плотность воды, $\rho=1,000$ т/м³;

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

S – площадь ватерлинии судна, м²;

h – толщина льда, м;

L, B – длина и ширина ватерлинии судна, м.

Полученные данные при определении влияния L/B и площади объекта использовались для определения проломной нагрузки подводного судна.

Планирование эксперимента в полном объеме затруднено. Это связано с неизбежной случайностью толщины ледяного поля в момент проведения испытания. Прогноз толщины намораживаемого льда базируется на времени и температуре воздуха. Но случайные метеорологические факторы (влажность, давление, динамика температуры, ветер) вносят свой вклад в фактическую толщину модели ледяного покрова, которая определяется сразу после разрушения ледяной пластины.

Соотношения геометрических параметров моделей имеют необходимый диапазон изменчивости, но конкретные соотношения параметров проектируемого объекта могут не совпадать с дискретным рядом моделей. Поэтому экспериментальные данные сначала подвергаются предварительной обработке. Строятся диаграммы в координатах сила – прогиб. Численные характеристики диаграмм аппроксимированы полуэмпирическими зависимостями, учитывающими существенные факторы процесса деформирования и разрушения льда. Например, проломное усилие описывается уравнениями вида (8). Затем рассчитываются кривые для моделей с параметрами вариантов натуры. Затем в заданном диапазоне проектируемого объекта, заданных его характеристиках выполняется пересчет данных на натуру.

Пересчет толщины ледяного покрова и проломного усилия выполняется по формулам (5) и (6). Физико-механические характеристики льда при пересчете берутся для модели и натуры соответственно. Для учета влияния ледовых условий на облик и конструктивные особенности подводного судна используется формула расчета проломного усилия, полученная на основе анализа ледовых испытаний (8).

Уравнение (8) показывает, что к снижению проломной нагрузки или к увеличению толщины проламываемого ледяного покрова при погружении приводит уменьшение площади ватерлинии надводного положения, а также уменьшение отношения длины к ширине L/B .

Из формулы (8) видно, что при увеличении отношения длины нагрузки к ее ширине при неизменной площади нагрузки величина проломного усилия возрастает. Минимальное усилие соответствует нагрузке в форме квадрата. В табл. 1 показано относительное увеличение проломного усилия с увеличением отношения сторон нагрузки. За единицу взято проломное усилие при соотношении сторон равном 1. Площадь нагрузки берется в долях квадрата характерного линейного размера

$$l = \frac{1}{\alpha} = \sqrt[4]{\frac{D}{\rho g}}$$

Таблица 1

Относительное увеличение величины проломного усилия

Отношение сторон нагрузки L/b	Площадь приложения нагрузки $S = k \cdot l^2$ (l – характерный линейный размер при изгибе льда)								
	$k=0,2$	$k=0,5$	$k=1,0$	$k=2,0$	$k=3,0$	$k=5,0$	$k=10,0$	$k=20,0$	$k=50,0$
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
3	1,09	1,08	1,06	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01
4	1,13	1,08	1,06	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01
5	1,17	1,11	1,08	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01
6	1,21	1,14	1,10	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01
7	1,26	1,17	1,12	1,08	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02
8	1,30	1,19	1,14	1,10	1,08	1,06	1,04	1,03	1,02
9	1,34	1,22	1,16	1,11	1,09	1,07	1,05	1,04	1,02
10	1,39	1,25	1,18	1,13	1,10	1,08	1,06	1,04	1,03

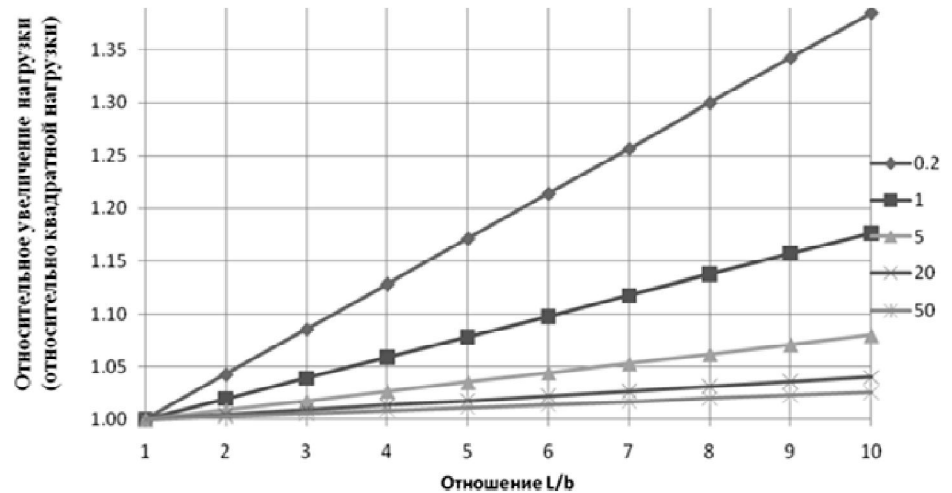


Рис. 3. Относительное увеличение проломной нагрузки при изменении относительной площади и отношения длины нагрузки к ширине

Из табл. 1 и рис. 3 видно, что при увеличении сторон нагрузки с 1 до 10 проломное усилие может возрасти почти на 40%. При увеличении относительной площади приложения нагрузки величина проломного усилия возрастает не так заметно. Это характерно для относительно тонкого льда.

В результате можно сделать следующие выводы:

1. Минимальное усилие для полного пролома бесконечного ледяного покрова будет при нагрузке, распределенной в форме квадрата. Увеличение соотношения сторон приводит к возрастанию усилия, необходимого для разрушения.

2. Для относительно тонкого льда при увеличении соотношения усилие возрастает незначительно. Для толстого льда, у которого относительная площадь приложения нагрузки меньше, чем у тонкого льда, усилие возрастает на значительную величину (до 40%). Поэтому для толстого льда следует стремиться, чтобы нагрузка в плане была близка к квадрату.

Получены нижние пределы толщин проламываемого льда. Это связано с тем, что методы пересчета не в полной мере адекватно отражают современное состояние вопроса.

Для конкретного проекта подводного судна должны быть разработаны таблицы и графики, позволяющие принимать эксплуатационные решения о необходимости погружения при вмерзании в лед. Необходимо контролировать соленость воды, температуру воздуха и толщину ледяного покрова.

Список литературы:

- [1] Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
- [2] Антонов В.С., Грамузов Е.М., Зуев В.А., Ларин А.Г., Трапезников Ю.М. Экспериментальные исследования возможности погружения подводного судна вмерзшего в лед // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – 2013. – № 4.
- [3] Алексеев Ю.Н. Литонов О.Е., Панов В.В. Ледотехнические аспекты освоения морских месторождений нефти и газа. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001.
- [4] Ларин А.Г. Экспериментальная установка для определения возможности погружения и всплытия энергетического модуля в ледовых условиях // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 1.

THE UNDERWATER VESSEL RATIO LOAD AND SHAPE INFLUENCE ON THE IMMERSION POSSIBILITY IN THE ICE CONDITIONS

E.M. Gramuzov, A.G. Larin

Keywords: *ice cover, ice towing tank, natural ice model, breaking load, modeling theory, underwater vessel*

The article is devoted to the underwater vessel ratio load and shape influence study in terms of the breaking load value for the ice cover during the immersion. The experimental setup for the ice cover breaking is described. The model experiment results are given, the underwater vessel ratio load and shape correlation influence on the breaking load value is shown.

Статья поступила в редакцию 24.05.2016 г.

УДК 551.466.38: 46.086

С.А. Ермаков, зав. отд. ИПФ РАН, зав. каф. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
А.В. Кунаев, вед. конструктор ИПФ РАН;
И.А. Капустин, с.н.с. ИПФ РАН, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
А.А. Мольков, н.с. ИПФ РАН, с.н.с. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
И.А. Сергеевская, зав. лаб. ИПФ РАН, в.н.с. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
О.В. Шомина, м.н.с. ИПФ РАН
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46;
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОЧАСТОТНОГО РАДИОЛОКАТОРА МИКРОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА

Ключевые слова: *радиолокационное зондирование, слики, натурный эксперимент, поляризация, пленки ПАВ.*

В статье описаны результаты первых натурных экспериментов с использованием многочастотного радиолокатора, проведенных на Горьковском водохранилище в июле-августе 2016 г. Полученные результаты показали перспективность применения многочастотных поляризационных радиолокаторов для решения задач дистанционного зондирования загрязнений поверхности водоемов, в частности, через возможность восстановления интенсивности ветровых волн с различными длинами и анализ их изменчивости под действием загрязняющих пленок.

Введение

Несмотря на то, что развитию дистанционного зондирования морских пленочных сликов в настоящее время уделяется большое внимание, проблема обнаружения и оценки характеристик пленок на поверхности водоемов далека от решения. Присутствие пленок поверхностно-активных веществ (ПАВ), в том числе загрязняющих, на взволнованной водной поверхности приводит к сильному гашению мелкомасштабных ветровых волн. Поэтому области, покрытые пленками ПАВ, хорошо видны на радиолокационных изображениях в виде областей с пониженной (или повышенной в зави-

симости от условий наблюдения) интенсивностью отраженного радиолокационного сигнала. Всепогодность и большой обзор (особенно для случаев расположения радиолокаторов на борту искусственных спутников Земли (ИСЗ)) делают радиолокационные методы весьма перспективными для обнаружения пленочных slickов (см. [1-3] и цитируемую литературу). Однако информация, получаемая с одночастотных радиолокаторов, работающих на одной поляризации, оказывается недостаточной для выделения пленочных slickов на фоне slickов иной природы, поэтому в последнее время в литературе активно обсуждаются новые возможности, связанные с использованием многочастотных радиолокаторов, работающих на нескольких поляризациях (см., в частности, [4,5]). В ИПФ РАН в 2014–2016 годах был разработан и изготовлен уникальный комплекс многочастотной радиолокации для мониторинга океана и внутренних водоемов – радиолокатор, работающий на двух соосных поляризациях и в X-/C-/S-диапазонах. В статье описаны результаты первых натурных экспериментов с использованием многочастотного радиолокатора, проведенных на Горьковском водохранилище в июле-августе 2016 г. Получены новые результаты, касающиеся особенностей подавления интенсивности радиолокационного сигнала в областях пленочных slickов, а также зависимость контрастов интенсивности поляризованной компоненты радиолокационного сигнала от направления зондирования по отношению к скорости ветра и др. Полученные результаты показали перспективность применения многочастотных поляризационных радиолокаторов для решения задач дистанционного зондирования загрязнений поверхности водоемов, в частности, через возможность восстановления интенсивности ветровых волн с различными длинами и анализ их изменчивости под действием загрязняющих пленок.

Эксперимент

Эксперименты по радиолокационному зондированию органических пленок проводились в акватории Горьковского водохранилища в 2016 г. с использованием многочастотного радиолокатора. Многочастотный радиолокатор работал на частотах 10 ГГц, 6 ГГц и 3 ГГц, соответственно, на длинах волн 3 см, 5 см и 10 см, на двух соосных поляризациях (вертикальной – VV и горизонтальной – HH). Радиолокатор был установлен на верхней палубе учебного судна ВГУВТ «Петр Андрианов» (см. рис.1) на высоте 7 м над уровнем воды, наблюдения проводились при угле падения 60–70 градусов, радиолокационное зондирование велось в направлении «вперед» и составляло угол около 45 градусов, отсчитываемый влево от направления движения судна, расстояние до поверхности воды составляло 14–15 метров. Одновременно в проведении натурных экспериментов участвовало плавучая гидрофизическая лаборатория ИПФ РАН (ПГЛ) «Геофизик», с борта которой проводились разливы slickов, измерялся ветер, течения и другие параметры водной среды. Для создания пленки на водной поверхности использовалось поверхностно-активное вещество (ПАВ) – олеиновая кислота (OLE), характеристики пленки были предварительно измерены в лабораторных условиях.



Рис. 1. Многочастотный радиолокатор X-/C-/S-диапазонов на борту исследовательского судна «Петр Андриянов»

Небольшое количество OLE (около 0.5 л) растворялось в 1.5 л этилового спирта и выливалось на поверхность воды с ПГЛ «Геофизик», который двигался по раскручивающейся спирали, по крайней мере за 30 мин. до проведения радиолокационных наблюдений. Размеры искусственных сликов (областей, покрытых пленкой) к началу измерений составляли 200-300 м. Скорость ветра измерялась акустическим анемометром WindSonic, расположенным на мачте исследовательского судна «Геофизик» на высоте 10 м (в экспериментах 12.08.2016) и судна «Петр Андриянов» на высоте 13 м от поверхности воды (22.07.2016). Физические характеристики пленки OLE предварительно исследовались в лаборатории ИПФ РАН методом параметрических волн [3, 6]. Метод основан на измерении длины волны и коэффициента затухания коротких гравитационно-капиллярных волн, возбуждаемых в кювете на определенной частоте, и дальнейшем восстановлении коэффициента поверхностного натяжения и динамической упругости пленки. Следует отметить, что коэффициент поверхностного натяжения и динамическая упругость это характеристики пленки, которые и определяют аномальное затухание поверхностных волн в присутствии пленок [3]. При малых поверхностных концентрациях упругость пленки OLE растет, а затем концентрации порядка 1 мг/м^2 (мономолекулярная пленка) выходит на постоянный уровень (уровень насыщения). При больших, чем насыщенная концентрации, избыток ПАВ образует микроскопические линзы, а динамическая упругость и поверхностное натяжение остаются такими же, как для мономолекулярной пленки. Оценка поверхностной концентрации по объему использованного OLE и площади поверхности, покрытой пленкой, позволяет сделать вывод о том, что пленка во время наших экспериментов имела поверхностную концентрацию порядка нескольких десятков мг/м^2 , т.е. была перенасыщена, и таким образом, может характеризоваться постоянными величинами упругости и коэффициента поверхностного натяжения, для OLE – 22 мН/м и 32 мН/м соответственно. Для анализа влияния скорости ветра выбраны два случая с разными скоростями. Краткие сведения об экспериментах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики эксперимента по дистанционному зондированию
 искусственных slickов на Горьковском водохранилище

Дата	Угол падения	Скорость ветра	Азимутальный угол между направлением зондирования и направлением ветра	Брэгговская частота k_{Bragg} , рад/см
22.07.2016, КМРЛ, 3 галса	60	7 м/с, В	$(kV) \approx 180^\circ$ (навстречу ветру)	1.1, 2.2, 3.6
12.08.2016	60	3 м/с ЮВ	$(kV) \approx 75^\circ$ (почти поперек ветра)	1.1, 2.2, 3.6

Ниже дается более подробное описание экспериментов.

Эксперимент 22.07.2016. Схема наблюдения искусственного slickа приведена на рис. 2. Временная запись интенсивностей VV и HH компонент, интенсивностей поляризованной и неполяризованной компонент, а также отношение интенсивностей на соосных поляризациях в X-, C- и S- диапазонах для галсов 2 и 3 приведены на рис. 2. К 3-ему галсу пятно было частично разрушено из-за ветра, первый провал во временном ряду соответствует маленькому подветренному фрагменту, а второй провал – основной части slickа. Контрасты для поляризованной компоненты несколько отличаются для разных групп и довольно большие, около 10, контрасты для неполяризованной компоненты имеют одинаковый порядок величины. Контрасты для галса 2 примерно в два раза меньше, чем для третьего.

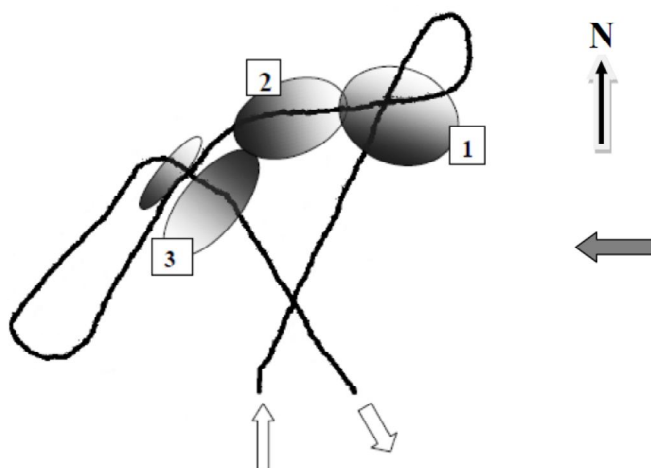


Рис. 2. Схема проведения эксперимента 22.07.2016. Прозрачными стрелками показано направление движения судна. Серая стрелка – направление ветра. Цифрами обозначены галсы. Овалы – схематическое изображение slickа в момент прохода соответствующего галса

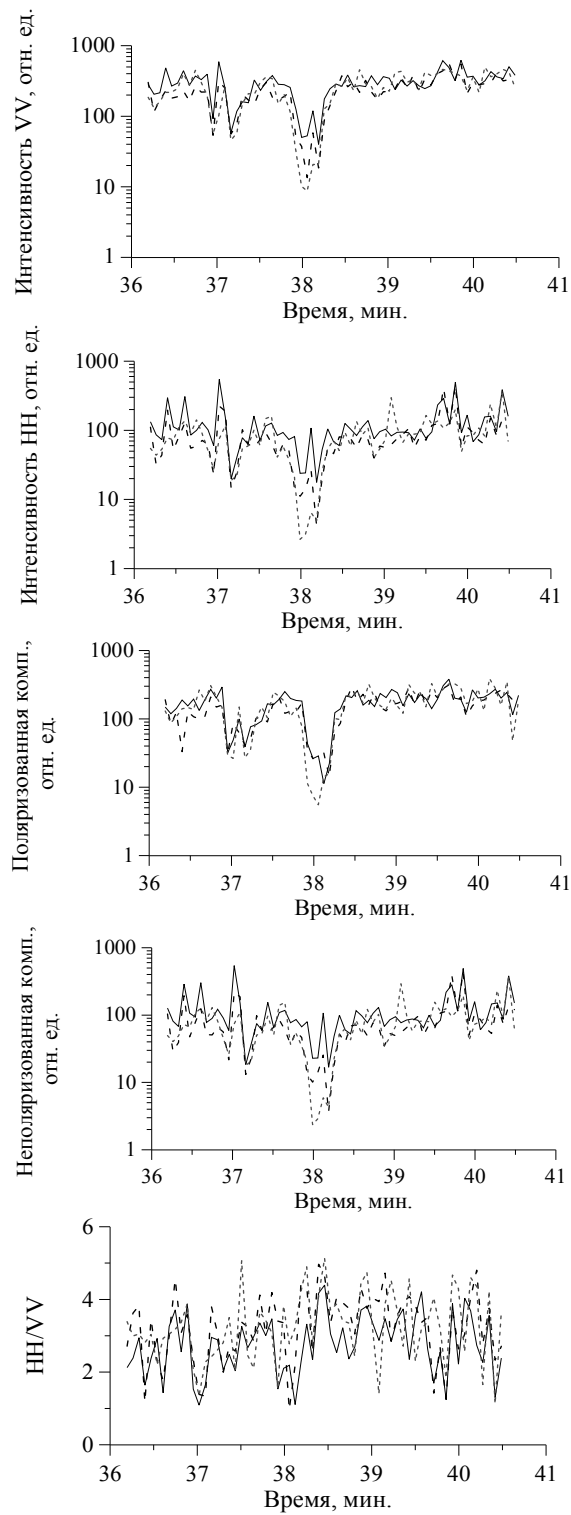
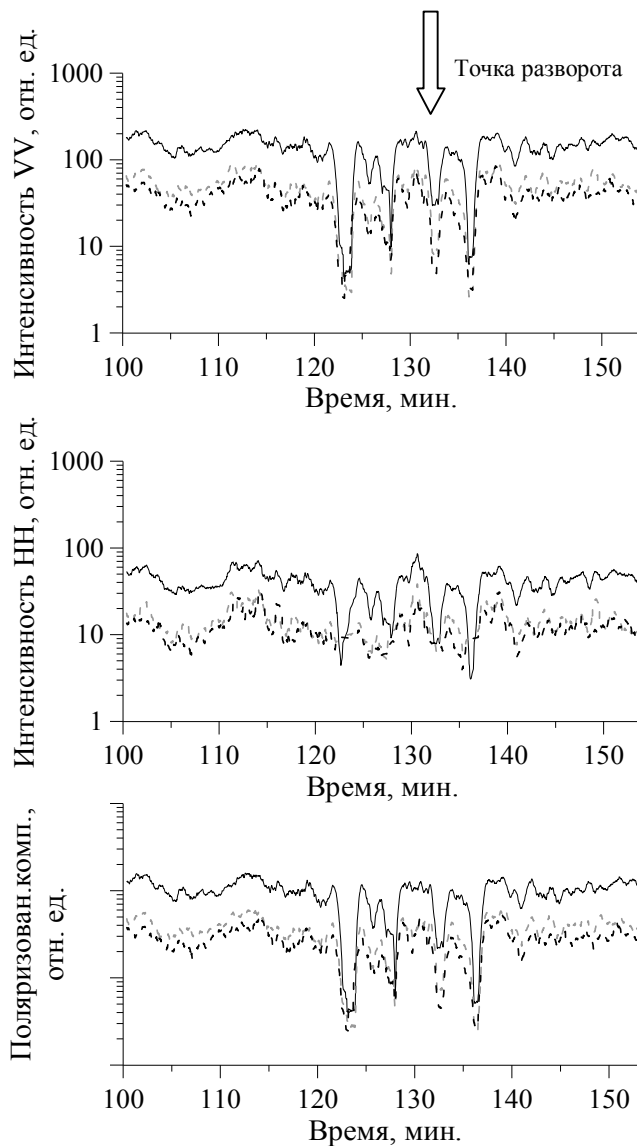


Рис. 3. Временные ряды записей интенсивностей соосной горизонтальной (VV), соосной вертикальной (HH) компонент, поляризованной (PD) и неполяризованной (NP) компонент и отношения интенсивностей (PR) на VV и HH поляризациях 22.07.2016. Третий галс

Эксперимент 12.08.2016. Во время эксперимента судно два раза пересекало один и тот же слик в двух противоположных направлениях (200 градусов на север и обратно). Временной ряд интенсивностей VV и HH компонент, интенсивностей поляризованной и неполяризованной компонент, а также отношение интенсивностей на соосных поляризациях в X-, C- и S- диапазонах для обоих галсов приведены на рис. 4. Вертикальной стрелкой указана точка разворота. При разливе пятно разбилось на два неравнозначных по величине куска, которые хорошо видны справа и слева от точки разворота.



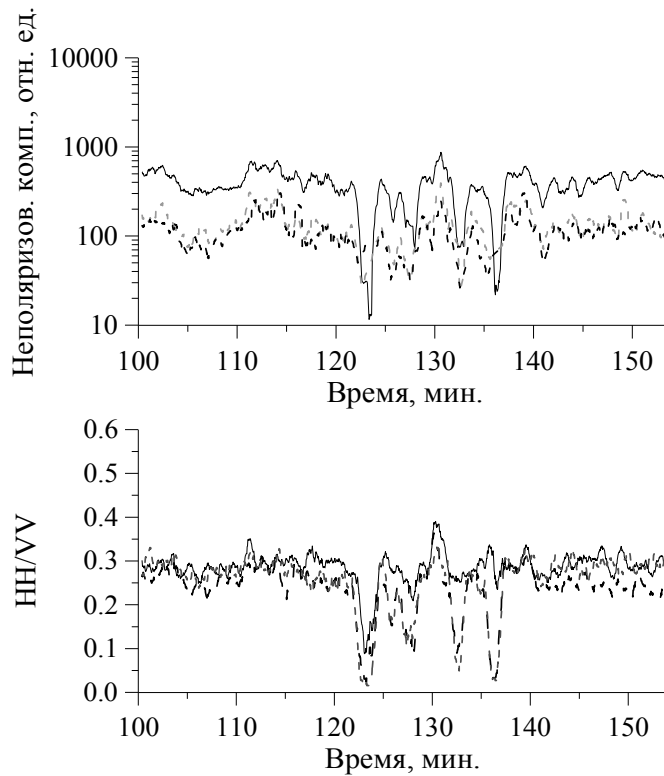


Рис. 4. Временные ряды записей интенсивностей VV и HH компонент, поляризованной и не поляризованной компонент и отношения интенсивностей на HH и VV поляризациях 12.08.2016. Стрелкой обозначена точка разворота исследовательского судна

Обсуждение результатов

Обычно отражение радиолокационного сигнала под умеренными углами падения описывают в рамках двухмасштабной Брэгговской модели [7]. Недавно было предложено усовершенствовать модель радиолокационного рассеяния за счет введения дополнительного слагаемого, учитывающего вклад небрэгговского (неполяризованного) рассеяния, обусловленного обрушениями волн. Соответственно, полная величина удельного сечения обратного рассеяния σ_{pp}^0 записывается в виде суммы Брэгговской и неполяризованной компонент (см., например, [8, 9]):

$$\sigma_{pp}^0 = \sigma_{B_pp}^0 + \sigma_{NP}^0, \quad (1)$$

Здесь, p означает вертикальную (V), или горизонтальную (H) поляризацию, $\sigma_{B_pp}^0$ – интенсивность поляризованной компоненты в двухмасштабном приближении, σ_{NP}^0 – интенсивность неполяризованной компоненты. Брэгговская поляризованная компонента пропорциональна спектральной интенсивности возвышений волнения $F(k_{br})$ на Брэгговской длине волны $\vec{k}_{br}$ и коэффициенту отражения $R_{pp}(\theta)$, зависящему от поляризации и угла падения излучения [7]:

$$\sigma_{B_pp}^0 = 16\pi k_{\text{radar}}^4 \cdot R_{pp}(\theta) F(k_{br}(\theta)), \quad (2)$$

Здесь $\vec{k}_{br} = 2\vec{k}_{radar} \sin(\theta)$, $\vec{k}_{radar}$ – волновое число радиолокатора, θ – угол падения. Выражение (2) для простоты записано без учета длинных волн. Что касается, неполяризованной компоненты, то общепринятого выражения для нее не существует, но, например в [10], для этой компоненты приведено эмпирическое выражение, аналогичное формулам для интенсивности при зеркальном рассеянии в приближении Кирхгофа [7].

Поскольку пленка, как предполагается, должна приводить к подавлению ветровых волн см-длин, то при анализе важно восстанавливать поляризованную (Брэгговскую) компоненту, которая определяется волнами этого диапазона. Поляризованная компонента может быть найдена из (1) как разница интенсивностей VV и HH компонент:

$$PD = \sigma_{B_VV}^0 - \sigma_{B_HH}^0 = (R_{VV} - R_{HH})F(\vec{k}_{ик}) \quad (3)$$

Вклад неполяризованной компоненты в полную интенсивность рассеяния характеризуется поляризационным отношением, определяемым как $PR = \sigma_{VV}^0 / \sigma_{HH}^0$, которое для Брэгговского рассеяния определялось бы R_{VV} / R_{HH} .

Неполяризованная компонента может быть найдена из (1) и (3):

$$NP \equiv \sigma_{NP}^0 = \frac{1}{2}(\sigma_{VV}^0 + \sigma_{HH}^0 - \sigma_{B_VV}^0 - \sigma_{B_HH}^0) \quad (4)$$

Радиолокационный контраст в слике для полного сечения рассеяния, а также контраст поляризованной и неполяризованной компонент определяются следующим образом:

$$K_{pp} = \frac{\sigma_{pp}^0(background)}{\sigma_{pp}^0(slick)}, \quad K_B = \frac{PD(background)}{PD(slick)}, \quad K_{NP} = \frac{NP(background)}{NP(slick)} \quad (5)$$

Сравним вначале поляризационное отношение, оцененное по экспериментальным данным, с рассчитанным по двух масштабной модели для условий отражения от чистой поверхности (см. рис. 5). Ясно видно, что измеренное поляризационное отношение меньше, чем без учета неполяризованной компоненты, что означает, что поляризованная компонента вносит значительный вклад в интенсивность обратно рассеянного радиолокационного сигнала.

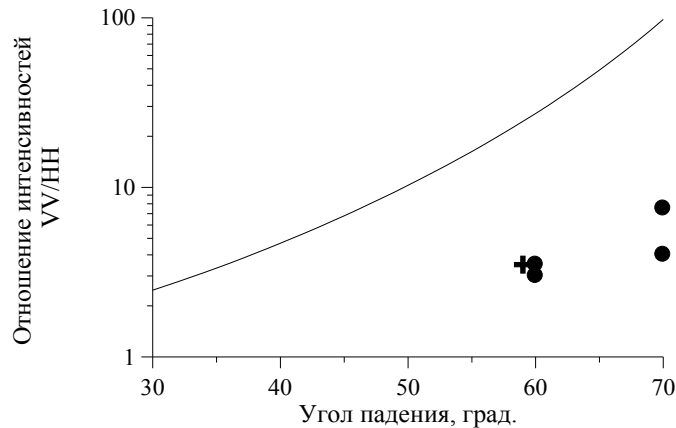


Рис. 5. Поляризационное отношение от угла падения. Точки – экспериментальные данные. Скорость ветра ~7 м/с (круги), ~3 м/с (крест)

Проанализируем изменение интенсивности Брэгговской компоненты в областях, покрытых пленками ПАВ. Как видно из (2) в первом приближении отношение брэгговских компонент равно отношению спектральных интенсивностей волнения на брэгговском волновом числе в фоновой области и в области пленочного слика. Одной из простейших моделей, позволяющих оценить величину контраста, является модель локального баланса [3]. В основе этой модели лежит баланс между притоком энергии от ветра ($\beta(V, k)$ – инкремент ветрового роста, G – пульсации ветрового давления), вязким затуханием ($\gamma(E, k)$ – декремент затухания волн) и нелинейным ограничением спектра, локальным в пространстве волновых чисел:

$$\beta(V, k, \varphi)N - \gamma(E, k)N + G - \delta N^2 = 0, \quad (6)$$

Здесь $N(k) = F(k) \frac{\sqrt{gk + \frac{\sigma}{\rho} k^3}}{k}$ – спектр волнового действия, связанный со спектром возвышений волнения $F(k)$, V – скорость ветра на высоте 10 м, E – упругость пленки, δ – некий коэффициент, который полагается равным в области пленочного слика и вне его, $\gamma(0, k) = 4\nu k^2$ – соответствует затуханию волн на чистой воде (ν – вязкость воды). Согласно (5) и (6) контраст поляризованной компоненты в простейших случаях, когда можно пренебречь пульсациями ветрового давления, либо когда рост спектра волнения ограничивается вязким затуханием, равен:

$$K_{pp} = \frac{\sigma_{pp}^0(\text{background})}{\sigma_{pp}^0(\text{slick})} \approx \frac{F(k_{\text{h}})_{\text{background}}}{F(k_{\text{h}})_{\text{ckbr}}} = \left[\frac{\beta(V, k, \varphi) - \gamma(0, k)}{\beta(V, k, \varphi) - \gamma(E, k)} \right]^{\pm 1} \quad (7)$$

Знак в показателе выбирается таким образом, чтобы контраст был больше единицы. Заметим, что данная модель работает в ограниченной области волновых чисел, когда $(\beta(V, k, \varphi) - \gamma(E, k))(\beta(V, k, \varphi) - \gamma(0, k)) > 0$. Выражения для инкремента ветрового роста и декремента вязкого затухания можно найти в [3]. Согласно (8) контраст зависит не только от скорости ветра и свойств пленки, но и от направления наблюдения. В простейшем случае, если принять, что инкремент ветрового роста зависит от угла между направлениями наблюдения и ветра как $\cos^2 \varphi$, то контраст в направлении поперек ветра равен коэффициенту затухания $K_{pp} = \frac{\gamma(k, E)}{\gamma(k, 0)}$, и не зави-

сит от скорости ветра. Развитием модели локального баланса стала предложенная недавно модель [10], которая содержит в (6) дополнительный источник энергии сантиметровых волн, связанный с их генерацией при обрушении более длинных волн. Контрасты, полученные в наших экспериментах, приведены на рис. 6 как функция брэгговского волнового числа: ромбы – наблюдение в направлении ветра, кресты – поперек ветра. Из рисунка видно, что контраст сильно зависит от скорости ветра и его направления. При наблюдении по ветру контраст увеличивается с увеличением длины волны, при наблюдении поперек ветра уменьшается, такая зависимость контрастов находится в качественном соответствии с описанными теоретическими моделями гашения ветровых волн. Полученные результаты наглядно демонстрируют необходимость дальнейшего развития модели радиолокационного изображения пленочных сликов для успешного решения задачи радиолокационной диагностики пленок на водной поверхности.

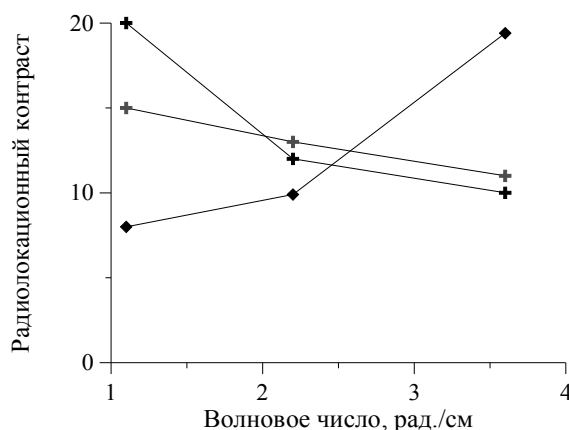


Рис. 8. Контраст поляризованной компоненты радиолокационного сигнала как функция Брэгговского волнового числа для экспериментов, описанных в Табл. 1.
 Ромбы – наблюдение в направлении ветра 22.07.2016,
 кресты – поперек ветра, 12.08.2016

Заключение

Проведенные исследования показали наличие новых особенностей характера подавления интенсивности радиолокационных сигналов в пленочных сликах в различных частях СВЧ-диапазона. Показано, в частности, что в сигнале радиолокационного рассеяния существенно представлены как поляризованная, так и неполяризованная компоненты радиолокационного рассеяния, подавление которых пленкой зависит от длины волны радиолокатора. Получено также, что зависимость контрастов интенсивности поляризованной компоненты радиолокационного сигнала может быть существенно различной в зависимости от угла между направлением зондирования и направлением скорости ветра. Полученные величины контрастов достаточно велики, соответственно чувствительность вариаций радиолокационного сигнала весьма высока. Результаты показывают, что информация о пленочных сликах, получаемая новым радиолокатором ИПФ РАН, оказывается более полной, чем при использовании одночастотных неполяризационных радиолокаторов. Это свидетельствует о перспективности использования многочастотных поляризационных радиолокаторов для решения задач дистанционного зондирования загрязнений поверхности водоемов, в частности, через возможность восстановления интенсивности ветровых волн с различными длинами и анализ их изменчивости под действием загрязняющих пленок. Следует отметить в то же время, что необходимо дальнейшее развитие теоретических моделей радиолокационного зондирования пленочных сликов.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (РГО) в рамках грантового проекта РГО «Экспедиция «Плавучий университет Волжского бассейна» (Договор №10/2016-И), а также поддержке РФФИ (проекты 14-05-00876, 15-35-20992, 15-45-02690, 15-45-02650).

Список литературы:

- [1] Alpers, W., and Huehnerfuss, H. «The damping of ocean waves by surface films: A new look at an old problem,» J.Geophys. Res., 94(C5), 6251-6266 (1989).
- [2] Scott, J.C., and Thomas, N.H. «Sea surface slicks – surface chemistry and hydrodynamics in radar remote sensing,» Wind-over-wave couplings. Perspectives and prospects (Sajjadi, Thomas and Hunt, Eds.), Clarendon Press. Oxford, 221-229 (1999).
- [3] Ермаков, С.А. Влияние пленок на динамику гравитационно-капиллярных волн. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2010. 165 с.

- [4] Brekke, C., and Solberg, A.H.S. Oil spill detection by satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 95, pp. 1–13 (2005)
- [5] Skrunes, S., Brekke, C., and Eltoft, T. «Characterization of marine surface slicks by Radarsat-2 multipolarization features» *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 52, no. 9, pp. 5302–5319, Sep. 2014.
- [6] Ermakov S.A., and Kijashko S.V., «Laboratory study of the damping of parametric ripples due to surfactant films». *Marine surface films*. Springer. 113-128 (2006).
- [7] Рассеяние волн на статистически неровной поверхности Автор: Басс Ф.Г., Фукс. И.М. Издательство: Наука Язык: русский Год: 1972
- [8] Phillips, O. M. «Radar returns from the sea surface—Bragg scattering and breaking waves,» *J. Phys. Oceanogr.*, vol. 18, no. 8, pp. 1065–1074 (1988).
- [9] Kudryavtsev V., B. Chapron, A. Myasoedov, F. Collard, J. Johannessen. «On dual co-polarized SAR measurements of the Ocean surface». *IEEE Geosci. Remote Sensing Let.*, vol. 10, issue 4, (2013). doi:10.1109/LGRS.2012.2222341.
- [10] Kudryavtsev, V., Hauser, D., Caudal, G., Chapron, B. «A semiempirical model of the normalized radar cross-section of the sea surface: 1. Background model». *J. Geophys. Res.* 2003. V. 108. C3. p.8054 (2003)

EXPERIMENTS ON REMOTE SENSING OF ORGANIC FILMS USING MULTI FREQUENCY MICROWAVE RADAR

**S.A. Ermakov, A.V. Kupaev, I.A. Kapustin, A.A. Molkov,
I.A. Sergievskaya, O.V. Shomina**

Keywords: radar probing, slicks, field experiment, polarization, surfactant film.

The article describes results of first field experiments with the use of a multi-frequency radar, which were carried out at the Gorky Water Reservoir in July-August, 2016. The results showed high perspectives of the use of multi-frequency, polarized radars to solve the problem of remote sensing of the water surface pollutions, in particular through the possibility of retrieval of the intensity of wind waves at different wave lengths and of the analysis of their variability under the effect of surfactant films.

Статья поступила в редакцию 19.09.2016 г.

УДК 681.3.07

Н.И. Запорожцева, доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ключевые слова: структурно-параметрический подход, идентифицируемые атрибуты, нормативно-техническая документация, информационные потоки, единые требования, базы данных.

В статье рассматриваются: задачи организации системы доступа к конструкторской информации на рабочем месте конструктора; формирование системы поиска на основе классификационных обозначений изделий, параметрических моделей, конструкторских элементов и документов, с учетом особенностей организационной среды, обмена данными с использованием отечественных стандартов и технических условий в рамках концепции «Базы данных».

Проблема использования в проектировании нормативно-технической документации, в том числе, документации по стандартным изделиям требует обработки больших массивов постоянно изменяющейся информации.

Необходимо отметить, что конструирование опирается на качество организации доступа к конструкторской информации на рабочем месте конструктора [1]. Кроме того, существует проблема использования технических решений в патентах и конструкторивных аналогах.

Использование стандартизации предполагает получение значительного экономического эффекта. Следовательно, архивы по нормативно-технической документации, стандартным изделиям и техническим решениям должны быть доступны для пользователя в реальном времени, а система должна обеспечивать рациональную форму хранения и поиска информации [2].

Решение этой проблемы должно опираться на единые требования к принципам формирования и представления конструкторских документов в автоматизированных системах их разработки и сопровождения [3, 4]. Формирование сложных геометрических объектов, их анализ и синтез возможны при использовании теории параметризации, которая является фундаментальной основой решения задач инженерной геометрии и машинной графики, технологического процесса изготовления изделий [5–7].

Кроме того, следует учитывать специфику моделей стандартных изделий, которая предполагает хранение дополнительной информации в специальной базе данных [8, 9] с использованием принципов стандартизации, а система поиска может опираться на существующие системы, ориентированные на следующие позиции:

- классификационные обозначения изделий и конструкторских документов;
- выполнение, соответственно, семантических функций всей совокупностью идентифицируемых атрибутов объекта в базе данных, делая поиск понятным конструктору;
- особенности организационной среды, т.е. ее структуру и схемы управления, которые оказывают влияние на схему модели баз данных.

Необходимо иметь в виду, что информационная модель предприятия должна быть связана с нормативно-технической информацией [9, 10] для решения ряда функциональных задач:

- выбор стандартного изделия;
- обеспечение технологического планирования;
- обеспечение достоверности нормативно-технической документации;
- нормоконтроль документации по разделу «стандартные изделия».

Схема информационных потоков (рис. 1) позволяет более подробно учесть окружение, в котором функционирует база данных по стандартным изделиям.

Информационная схема предполагает использование схемы информационных потоков:

- фонд «Нормативно-технической документации»;
- «Ведомости материалов» (обозначения типоразмеров, ТУ на материалы, масса, количество и др.);
- АСУ «Нормаль» для решения задач планирования стандартных изделий в производстве;
- АСУ «Цеха-изготовителя»;
- АСУ «Цеха потребителя
- «Конструкторская спецификация»;
- «Классификатор ЕСКД» [11] для передачи информации по кодированию изделий;
- «Библиотека чертежей» позволит связать графическое изображение с информацией о стандартном изделии в базе данных;
- «НТД-САПР» для обеспечения информационной поддержки конструкторских работ.

Многотысячный фонд НТД предприятия включает в себя более десяти категорий нормативно-технической документации, при этом государственные стандарты обязательны к применению всеми производственными предприятиями и производственными подразделениями страны; отраслевыми стандартами и нормами пользуются предприятия и организации конкретной отрасли и смежных отраслей.

Нормативно-техническая документация охватывает большой объем стандартов, технических условий, руководящих материалов и т.п. всех уровней организации и управления производственной сферы, а содержание стандарта зависит от решаемых задач по определенным показателям на конкретную продукцию. Нормативно-техническая документация в общем виде может рассматриваться как структура, определяемая по видам стандартов (рис. 2).

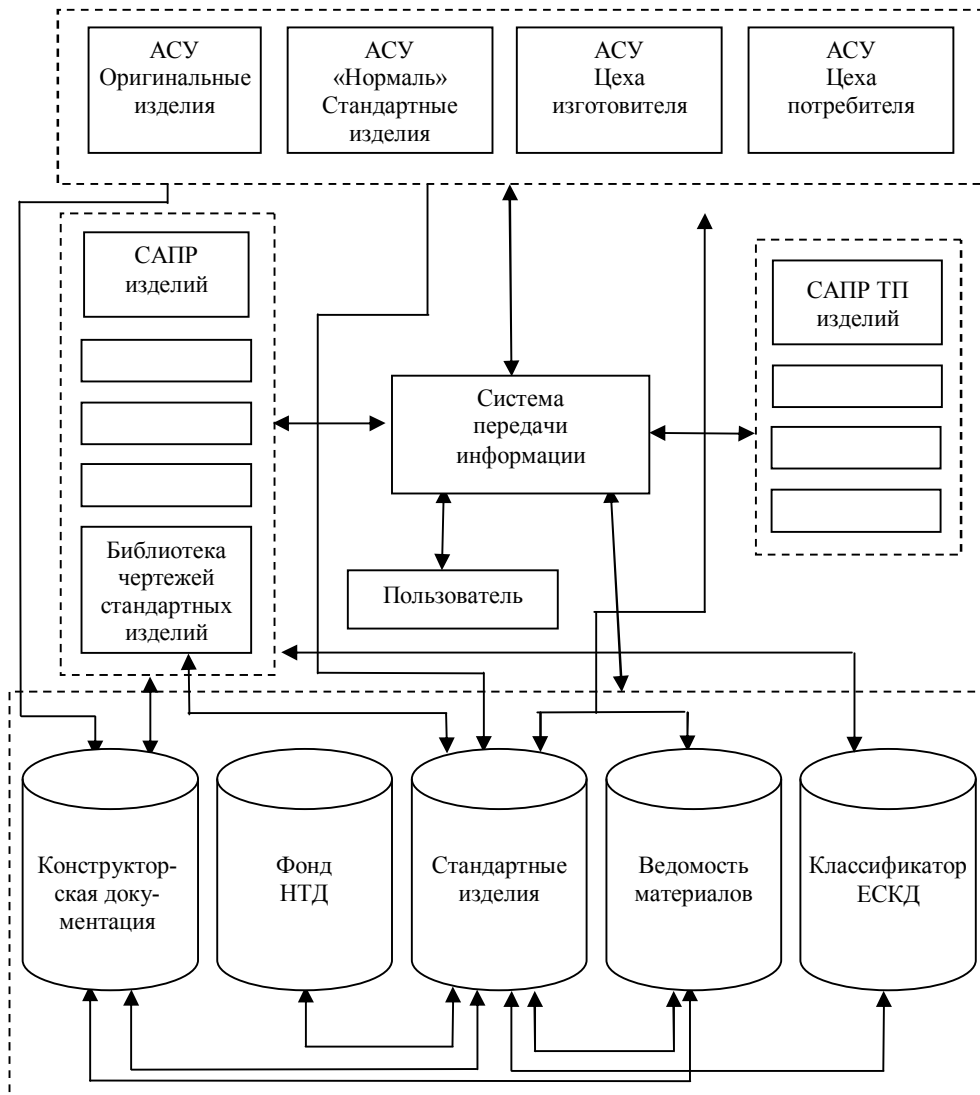


Рис. 1. Схема информационных потоков НТД

Система поиска, в свою очередь, должна опираться на конкретные особенности, которые используются, как признаки классификации конструкторской документации

на предприятии. Например, Универсальная десятичная классификация (УДК), которая используется в качестве информационно-поискового языка печатных изданий во всех областях науки и техники, в том числе, и для нормативно-технической документации. Система построена по единым методическим принципам, индексы УДК отражают множество свойств и понятий.



Рис. 2. Структура нормативно-технической документации по видам стандартов

Кроме того, для информационного обеспечения технологической подготовки производства (ЕСТПП) существует система классификации и кодирования технико-экономической информации, состоящей из нескольких классификаторов, основным из них является классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП). ОКП представляет собой свод кодов и наименований продукции в соответствие с действующей нормативно-технической документацией. ОКП предназначен для использования в сфере планирования и учета материально-технического снабжения.

Кодовое обозначение имеет классификационную и идентификационную части цифровых знаков, классификационная часть которых построена с использованием иерархического метода классификации. Десятичный код является оптимальным для характеристики продукции и применения в электронно-поисковой системе. Принятая система обозначения является оптимальной для характеристики продукции и использования в электронных информационных системах.

Составной частью системы классификации технико-экономической информации представляет собой классификатор «Стандарты и технические условия» (ОКСТУ), который устанавливает взаимосвязь классификации стандартов и технический условий. Использование ОКСТУ для информационных указателей при формировании справочно-информационных массивов, в конечном счете, позволит повысить качество обслуживания пользователей. Для обеспечения классификационной взаимосвязи стандартов и технических условий ОКСТУ построен на основе классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП), который состоит из классификационных групп, имеющих кодовое обозначение и наименование. Возможно использование ОКСТУ в информационно-поисковом языке по стандартам и техническим условиям, а также, замещение классификатора государственных стандартов, который не отвечает сложившемуся отраслевому делению, где отсутствуют связи между классификацией стандартов и, непосредственно, стандартной продукцией. Кроме того, следует иметь в виду, что единство информационного языка нарушается многообразием структур обозначения изделий и конструкторских документов.

В соответствии с ГОСТ 2. 101-68 [12] каждому изделию должно быть присвоено обозначение, отвечающее установкам ГОСТ 2. 201-80 [13]. Это соответствие отражено в «Классификаторе ЕСКД, который имеет иерархический принцип построения.

Необходимо отметить, что отечественные стандарты и технические условия классифицируются также в соответствии с единой классификационной системой обозначения изделий и конструкторской документации (классификатор ЕСКД), где в алфавитно-предметных указателях даны наименования изделий и коды, соответствующие их классам. В классификатор ЕСКД включены классификационные характеристики деталей, сборочных единиц, комплектов и комплексов, на которые разработана конструкторская документация по ЕСКД (таблица 1), в том числе, на стандартные изделия и общетехнические документы.

Таблица 1

Основные различия принципов построения классификаторов ЕСКД и ОКП

Общесоюзный классификатор продукции	Классификатор ЕСКД
Классифицируется только товарная продукция	Классифицируется как товарные, так и нетоварные изделия
Классы сформированы по отраслям промышленности	Классы сформированы по функционально-конструкторской однородности изделий независимо от ведомственной принадлежности
Использованы признаки решения технико-экономических задач (планирования готовой продукции)	Использованы признаки конструкторско-технологические признаки решения задач проектирования, изготовления и технологической подготовки производства

Всего в Классификаторе ЕСКД [11] предусмотрено 100 классов, в 49 классах размещены все изделия, остальные зарезервированы для классификации новых видов продукции.

На рис. 3 представлена структура обозначения кода классификационной характеристики изделия.

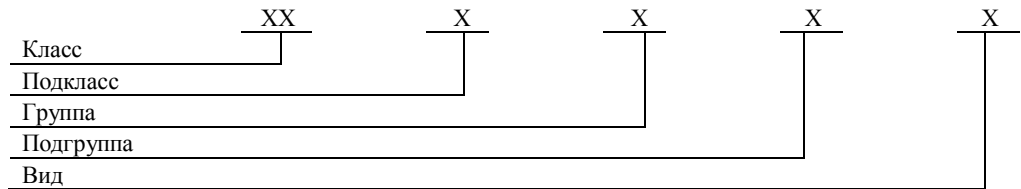


Рис. 3. Структура обозначения кода по ЕСКД классификационной характеристики изделия

Для каждого класса специфицированных изделий предусмотрен алфавитно-предметный указатель, где даны наименования изделий, размещенных в классах, и их коды, что сокращает время поиска изделий. Для деталей общемашиностроительного применения используются следующие классификационные признаки детали:

- геометрическая форма,
- конструктивная характеристика элементов,
- взаимное положение элементов,
- параметрический признак,
- наименование,
- выполняемая функция.

Классификатор ЕСКД ориентирован на организацию специализированного производства. Он может использоваться в автоматизированных системах управления в качестве единого информационного языка классификационного типа на основе УДК, КГС, ОКСТУ и ОКП, для чего необходимо по каждому документу определить объем сведений, обеспечивающих конкретные решения пользователя с возможностью внесения их в базу данных дополнений и корректировок.

Информационная среда должна иметь единую развитую систему поиска информации, основанную на существующих отечественных системах классификации и ориентированную на понятия пользователя-конструктора. Единая система конструкторской документации обеспечивает оптимальные условия для тематического поиска чертежей деталей при проектировании изделий, использовании чертежей других предприятий без изменения обозначений, что повышает уровень унификации и стандартизации проектов, позволяет также эффективно использовать эти принципы в системах автоматизированного проектирования при подготовке и организации производства [11].

Проблема информационного обмена данными между различными подразделениями решается в рамках концепции «Базы данных» [1, 8], когда банк данных имеет методы и средства для поддержания динамической модели обеспечения запросов пользователей, а также использования общей базы данных в различных прикладных программах. Этот принцип предполагает описание предметной области на основе графической модели «сущность-связь» с представлением выявленных сущностей, связей между ними и атрибутов.

Конструкторские базы имеют особенности и должны удовлетворять запросы различных подразделений [8, 10]:

- производственных подразделений;
- подразделений сбыта продукции;
- конструкторские отделы;
- подразделений управления производством;
- отделы снабжения;
- отделы технологической оснастки и др.

Многообразие задач предполагает использование локально-вычислительной сети «клиент-сервер» [9]. Формирование систем разработки конструкторских документов требует решения ряда задач и проведение исследований:

- условий формирования чертежа;
- структур данных представления чертежа;

- структур данных представления сборочного чертежа;
- по разработке алгоритмов формирования детального и сборочного чертежей;
- условий формирования спецификации сборочного чертежа;
- по разработке алгоритмов обработки данных, входящих в спецификацию;
- структур данных по стандартным деталям и изделиям.

На первом этапе структура данных представления чертежа детали должна опираться на структурный подход, который позволяет определить класс (подкласс) детали для ведения последующих этапов разработки.

На втором, центральном, этапе определяются возможности:

- использования специализированной подсистемы формирования детали заданного класса;
- определения структуры детали;
- задания параметров каждого элемента;
- графического отображения детали.

Третий этап предполагает процедуру оценки полученного результата, на основании которого возможны варианты действий по формированию детали:

- изменение структуры;
- уточнение параметров элементов;
- изменение класса;
- переформирование структуры;
- согласование параметров с параметрами каждой сопрягаемой деталью в сборочном узле;
- принятие окончательного решения;
- оформления чертежа;
- запись структуры в файл.

Необходимо отметить, что структурный подход позволит облегчить работу конструктора при эффективном использовании возможностей:

- фиксирования структуры в базе данных с последующим редактированием и модификацией;
- определения области параметризации конструкторских элементов;
- хранение данных по стандартным изделиям и групповым деталям;
- достижения более высокого уровня в подсистемах технологической подготовки производства, разработки сборочных чертежей.

Использование обезличенной стандартной классификации формирования баз данных позволит эффективно осуществлять поиск с учетом специфических особенностей, номенклатуры изделий и вида техники.

Подводя итоги, необходимо отметить следующее:

- основой технологии автоматизированного проектирования конструкторского документа – чертежа должен быть структурно-параметрический подход к анализу конструкции и конструктивных элементов изделия, что позволит на стадии формирования чертежа, работать с конкретным классом (подклассом) проектируемой детали;
- использование обезличенной стандартной классификации возможно при условии единства описания оригинальных и стандартных изделий, в том числе, параметрических моделей и конструктивных элементов, что обеспечивает рациональное решение задач стандартизации проектирования и производства в комплексе;
- специфичность моделей стандартных изделий предполагает хранение в специальной базе данных всей информации по их использованию, в том числе и дополнительной информации, связанной с принципами стандартизации (ограничения, технические требования, технические условия);
- модели баз данных по ведению конструкторских спецификаций и по стандартным изделиям предполагаются в качестве системообразующих элементов информационной системы разработки и сопровождения конструкторской документации.

Список литературы:

- [1] Базы и банки данных / Четвериков В.Н. [и др.]. – М.: Высш. шк., 1987. – 248 с.
- [2] Развитие системы единой функциональной систематики для хранения данных о техническом состоянии объекта. Манцеров С.А., Панов А.Ю.: Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. № 6. Часть 1. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Лобачевского, 2013.
- [3] Автоматизированное проектирование. Геометрические и графические задачи / Полозов В.С. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1983. – 280 с.
- [4] Анализ условий формирования требований к системе сопровождения нормативно-технической документации. Н.И. Запорожцева [и др.] // Журнал «Сборник научных трудов SWorld» международной научной практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2014» на проекте SWorld 18–30 марта 2014, Одесса, 2014.
- [5] Построение и чтение машиностроительных чертежей. – М.: Высшая школа, 1987. – 319 с.
- [6] Алгоритмы машинной графики / Котов И.И. и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 231 с.
- [7] Инженерная геометрия с элементами теории параметризации / Михайленко В.Е. [и др.]. – К.: УМК ВО, 1989. – 84 с.
- [8] Конструкторские базы данных / Пер. с англ. Хорфас Д., Легт С. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
- [9] Серверы баз данных // Компьютер Пресс. – № 11. – 1991. – 248 с.
- [10] Автоматизация проектирования и производство / Пер. с англ. В. Хокс. – М.: Мир, 1991. – 296 с.
- [11] Классификатор ЕСКД. Приложение. Алфавитно-предметный указатель. Термины и толкования. Условные обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 36 с.
- [12] Единая система конструкторской документации. Основные положения: Сборник ГОСТов. ГОСТ 2.001-70 и др. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 274 с.
- [13] ГОСТ 2.201-80. Обозначение изделий в конструкторских документах. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 27 с.

**THE DOMESTIC STANDARDS AND TECHNICAL
CONDITIONS USING POSSIBILITIES
IN THE COMPUTER-AIDED DESIGN (CAD)**

N.I. Zaporozhtseva

Keywords: structural-parametric approach, identifying attributes, regulatory technical documentation, information flows, uniform requirements, data base

In the article the following problems are analysed: the access system to the constructor information in the constructor's workplace, the access system formation based on the products classificational names, parametric models, constructor elements and documents considering the organizational sphere peculiarities, data exchange using the domestic standards and technical conditions within «Data base» concept.

Статья поступила в редакцию 10.03.2016 г.

УДК 556.5

М.В. Игонина, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.Ю. Чебан, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.В. Володченко, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.Ю. Бердникова, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.С. Рачкова, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н.В. Молькова, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
К.С. Юртаева, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.С. Дмитриева, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ОЗЕРНОЙ ЧАСТИ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И НА УЧАСТКЕ р. ВОЛГА ВЫШЕ г. Н. НОВГОРОД В 2016 г. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ключевые слова: Горьковское водохранилище, гидрохимические показатели, экологическое состояние р. Волга.

Рассмотрены результаты экспериментов по исследованию качества воды в озерной части Горьковского водохранилища и на участке р. Волга выше г. Н. Новгород, а также в устье Р. Ока.

1. Введение

Как известно, сложная гидродинамическая структура потоков в водохранилищах оказывает влияние на термический, газовый и биогенный режим, перемещение и осаждение взвесей, процессы самоочищения, условия обитания гидробионтов и их распределение [1]. В свою очередь эти процессы оказывают влияние на содержание в воде различных химических веществ, содержание которых в воде оценивается с помощью гидрохимических показателей качества воды (цветность, прозрачность, общая минерализация, содержание конкретных загрязнителей, например, общее железо, аммоний и т.д.).

Содержание химических веществ в водах Горьковского водохранилища определяется составом подстилающих грунтов, составом воды в р. Волга выше по течению, притоков (включая крупнейший – р. Ока), а также стоками с прилегающих территорий и населенных пунктов, расположенных по берегам водохранилища.

По данным [2], донные отложения Горьковского водохранилища представлены различными видами илистых, песчаных и трансформированных донных грунтов (затопленные почвы); доля песчаных отложений непрерывно увеличивалась с года создания водохранилища и к 2008 г. превысила 50%.

При создании водохранилища было затоплено, в том числе и 68 тыс. га сельскохозяйственных земель. Доля пахотных земель, находящихся в зоне сильного подтопления по данным [2] составляет до 14%. Следовательно, вклад агрохимии должен приниматься во внимание при оценке загрязнения вод Горьковского водохранилища.

В целом же преобладающая часть стока Волги сформирована в лесной зоне при ее избыточной увлажненности, что обуславливает относительно низкое содержание солей на всем протяжении реки (табл. 1). По данным [1], воды Волги гидрокарбонатно-кальциевые с невысоким содержанием щелочных металлов, хлоридов и сульфатов.

Наиболее существенно ионный состав меняется в Чебоксарском водохранилище под влиянием р. Оки, водам которой свойственна высокая минерализация и высокое содержание ионов сильных кислот при относительном снижении гидрокарбонатной составляющей [1].

В таблице 1 приведены основные гидрофизические и гидрохимические показатели вод Горьковского и Чебоксарского водохранилищ.

Таблица 1

Гидрофизические и гидрохимические показатели Горьковского и Чебоксарского водохранилищ (по данным [1]).

Водохранилище	Прозрачность, см	Цветность, град.	Взвешенные вещества, мг/л	Сумма ионов, мг/л	Электропроводность мкСм/см	O ₂ , % насыщения	N _{общ} , мг/л	P _{общ} , мкг/л
Горьковское	98	62	9,3	156	182	89	1,10	66
Чебоксарское	103	54	9,1	200	262	82	1,32	139

Известно [3], что основными питательными веществами для фитопланктона являются азот и фосфор. В 1975 г в Горьковском водохранилище [3] значения общего азота и общего фосфора составляли соответственно 1,25–1,32 мгN/л и 54–56 мкг P/л. В более поздний период наблюдений [3], с 1980 по 1991 гг., на участке г. Юрьевец – г. Чкаловск содержание азота минерального варьировалось в диапазоне 0,38–0,73 мг N/л, а среднее значение за период составило 0,56 мг N/л. Содержание фосфора общего на этом же участке варьировалось от 34 до 61 мкг P/л, а среднее значение составило соответственно 48 мкг P/л. Причем, в воде речного участка наблюдалось большее содержание биогенов, чем в воде озерного.

Вода водохранилищ характеризуется нейтральными или слабощелочными величинами pH, которые могут смещаться в щелочную сторону при высокой интенсивности фотосинтеза [1].

Кроме биогенных азота и фосфора в водах волжского каскада регулярно контролируются такие гидрофизические и гидрохимические показатели как прозрачность, цветность, содержание взвесей и др. По данным [2] прозрачность воды Горьковского водохранилища изменяется от 0,7 до 1,5 м, концентрация взвешенных веществ от 4,3 до 19,2 мг/л, цветность воды от 45 до 119 градусов платиново-кобальтовой шкалы, биохимическое потребление кислорода (БПК₅) 1,2–3,9 мг/л, химическое потребление кислорода 24,4–64,4 мг/л, минерализация воды от 46,4 до 279 мг/л, содержание общего азота 0,72–1,78 мг/л, общего фосфора 28–238 мкг/л. Кроме того [2], основными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, медь, фенолы, марганец, аммоний, цинк, нитриты, формальдегиды, СПАВ (синтетические поверхностные активные вещества). Превышение экологических (рыбохозяйственных) нормативов для указанных веществ составляет 5–12 ПДК (предельно допустимых концентраций).

В [3] указывается на то, что абиотические (гидрохимические и гидрофизические) условия формирования продукционных процессов и структуры фитопланктонных ценозов в Горьковском водохранилище, как и в других водохранилищах Волжского каскада, сильно изменчивы как во времени, так и в пространстве. Известно также, что источником биогенных элементов для бурного роста водорослей могут быть устья рек, места сброса сточных вод населенных пунктов, расположенных по берегам водохранилища или стока с пахотных территорий [2].

Исследования гидрохимических показателей качества воды в Горьковском водохранилище и бассейне р. Волга проводятся в ходе государственного мониторинга состояния окружающей среды учреждениями системы Росгидромета [4]. Эти измерения, однако, выполняются в стандартных створах и их недостаточно для построения карт распределений этих показателей по акватории водоемов и водотоков. Поэтому целью настоящей работы явилось проведение гидрохимических измерений, существенно расширяющих данные Росгидромета, что позволит дать более полное представление о пространственных распределениях гидрохимических показателей.

Кроме того, отбор проб воды проводился одновременно с отбором биологических проб воды на зоопланктон, а также квазисинхронно с гидрологическими измерениями полей течений, скорости и направления ветра, профиля дна, концентрации синезеленых водорослей и др., что позволит связать гидрохимические показатели воды с указанными биологическими и гидрологическими характеристиками. Данная задача, однако, выходит за рамки настоящей статьи.

2. Методика исследований

Выполнение исследований гидрохимических показателей воды выполнялось на борту учебного судна ВГУВТ «Петр Андрианов» в ходе экспедиционных работ в рамках грантового проекта Русского географического общества «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна». Исследовалась акватория Горьковского водохранилища и прилегающих к нему участков рек Ока и Волга г. Н. Новгорода.

В рамках экспедиции были реализованы четыре этапа измерений (в июне, июле, августе и сентябре), ниже будут представлены результаты первых трех, сопоставление с данными четвертого этапа будет выполнено позднее.

В ходе работ проводилась экспресс-диагностика гидрохимических показателей, в частности, в период бурного роста фитопланктона («цветения воды»), что особенно важно как для мониторинга степени влияния данного явления на нарушение природных экосистем, так и контроля качества воды [5]. Ввиду невозможности быстрой доставки проб на берег без нарушения технологии их хранения и проведения соответствующих анализов, исследования химических показателей отбираемых проб проводились непосредственно на судне, т.е. *in situ*. Для этого на судне была оборудована химико-аналитическая лаборатория, оснащенная необходимыми приборами, материалами и реактивами для определения целого ряда показателей качества воды, приведенных в табл. 2.

Несмотря на ряд трудностей в проведении измерений в судовой лаборатории (ограниченность помещения, ограниченность воды для мытья посуды и приготовления реактивов и др.), были соблюдены все требуемые нормы проведения подобных измерений, что обеспечило достоверность результатов.

В силу вредности для здоровья и сложности выполнения анализа, некоторые показатели были исследованы в стационарной лаборатории ВГУВТ, оснащенной необходимым оборудованием (см. табл. 2). В каждом из четырех рейсов было отобрано не менее 24 проб и выполнено непосредственно на судне более 312 анализов и еще более 50 анализов было выполнено после каждого рейса в стационарной лаборатории ВГУВТ.

Отметим, что поскольку одной из целей гранта задач экспедиции является углубленная подготовка молодых специалистов в области мониторинга и охраны окружающей среды, то к выполнению исследований были привлечены студентки 3 курса ВГУВТ специальности «Техносферная безопасность», которыми под руководством преподавателей ВГУВТ было организовано рабочее пространство и налажено выполнение химических анализов. При выполнении исследований студенты руководствовались знаниями, умениями и навыками, полученными в процессе обучения во ВГУВТе по направлению подготовки «Техносферная безопасность». Особую благодарность авторы публикации выражают зав. Лабораторией «Экологии» ВГУВТ Е.М. Блюдис за активную помощь в подготовке к лабораторным исследованиям.

При подготовке экспедиции «Плавающий университет Волжского бассейна-2016» выбор анализируемых показателей определялся поиском взаимосвязей между гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими показателями вод Горьковского водохранилища для составления комплексной картины экологического состояния участка р. Волги и водохранилища.

Перечень этих показателей определялся с одной стороны, необходимостью охватить как можно большее число факторов, обуславливающих жизнедеятельность зоо- и

фитопланктона. С другой стороны, этот перечень ограничивался возможностями судовой лаборатории и лаборатории «Экологии» ВГУВТ (табл. 2).

Таблица 2

**Перечень исследуемых гидрохимических показателей в экспедиции
 «Плавучий университет Волжского бассейна-2016»**

№	Показатели	ПДК или др. норматив	Место выполнения анализа	Методы и средства измерений
1	Прозрачность, см	Не нормируется	на судне	Цилиндр Снеллена
2	Цветность, град. цв.,	Не нормируется	на судне	«Сг – Со» шкала цветности
3	Показатель среды рН	6,5-8,5(9)	на судне	рН-метр марки «Анион 410»
4	Температура	Не более чем до 28 °С летом	на судне	датчик температуры кислородомер марки «Марк 302Э»
5	Железо общее, мг/л	0,1	на судне	фотометрический, прибор Фотоэлектроколориметр КФК-3М
6	Общее содержание солей, мг/л	нормируется согласно таксации рыбохозяйственных водных объектов	на судне	прибор кондуктометр «Анион-4100»
7	Растворенный кислород, мгО ₂ /л	Не менее 6	на судне	Кислородомер марки «Марк 302Э»
8	Аммоний-ион, мг/л	Не более 0,5	на судне	Фотометрический, с реактивом Несслера, ПНДФ 14.1:2.1-95
9	Нитраты, мг/л	Не более 40	на судне	Фотометрический, ПНДФ 14.1:2.4-95
10	БПК ₅ , мгО ₂ /л	Не более 3	на судне	Кислородомер марки «Марк 302Э», РД 52.24.420-2006
11	А-ПАВ синтетические (анионактивные), мг/л	Не более 0,1	в лаборатории ВГУВТ	фотометрический, ПНД Ф 14.1:2.15-95 ПНД Ф 14.1:2.258-2010
12	Нефтепродукты, мг/л	Не более 0,05	в лаборатории ВГУВТ	ИК-спектрофотометрия; прибор ИКН-025
13	Фосфаты (сумма ионов), мг/л	Не более 0,2	на судне	фотометрический, ПНДФ 14.1:2.112-97

Поскольку на распространение водорослей большое влияние оказывают ветровые течения [6], то предсказать заранее их местонахождение и спланировать маршрут отбора проб не представлялось возможным. В качестве фонового предполагалось считать состав воды в основном русле реки Волга. Расположение основных точек отбора проб в целом совпадало со створами, указанными в [3] и показано на рис. 1 и 2. Расположение дополнительных точек отбора проб на приведенных ниже рисунках не показано, т.к. оно определялось непосредственно в ходе рейса и зависело от места скопления водорослей.

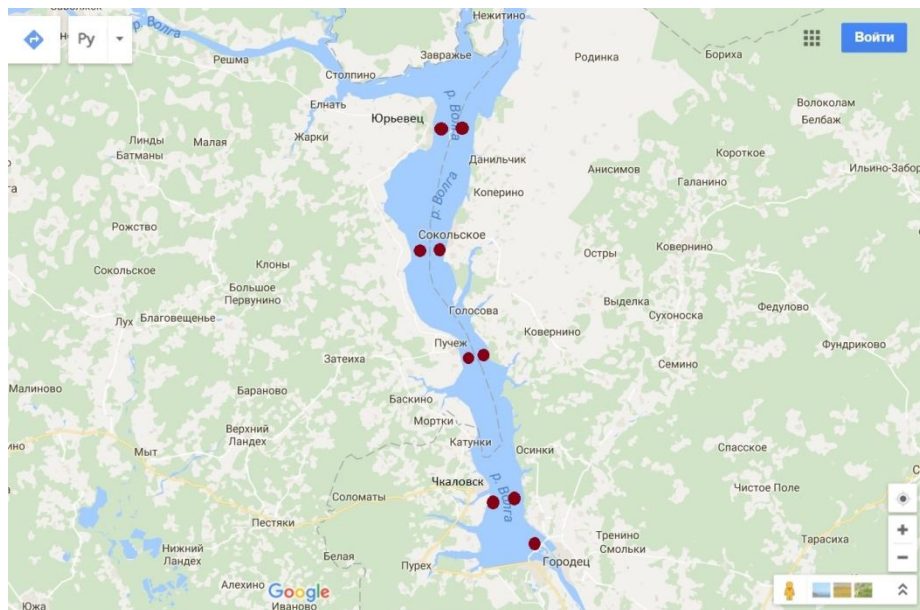


Рис. 1. Расположение основных точек отбора проб воды
в озерной части Горьковского водохранилища в рамках экспедиции
«Плавучий университет Волжского бассейна-2016»

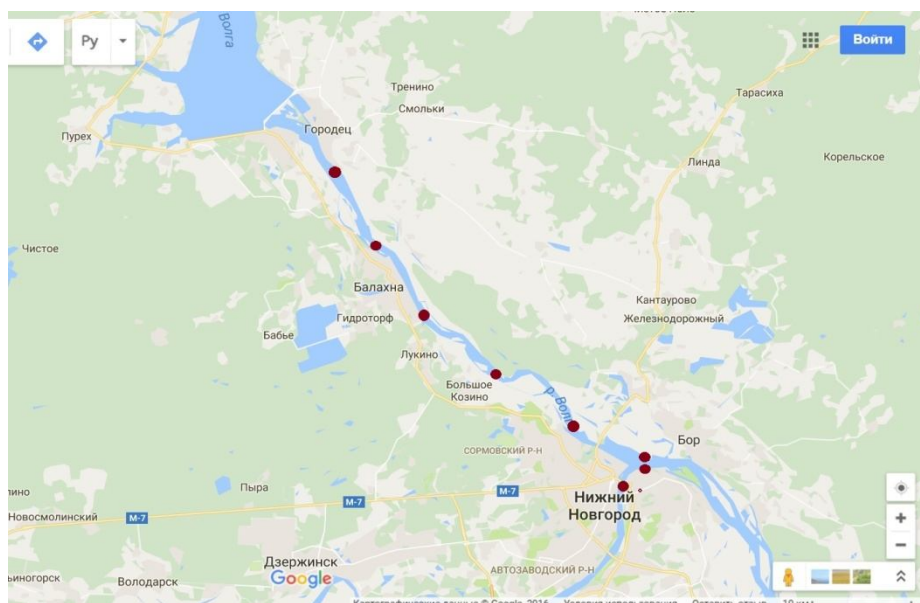


Рис. 2. Расположение основных точек отбора проб воды на участке
р. Волга выше Н. Новгорода и в устье р. Ока в рамках экспедиции
«Плавучий университет Волжского бассейна-2016»

3. Результаты

В качестве предварительных результатов представлены диаграммы распределения некоторых из исследованных показателей в направлении от г. Юрьево к г. Н. Новгороду и устью р. Ока.

Установлено, что среднее по водохранилищу содержание растворенного кислорода снизилось с 7,48 мг/л в июле до 6,37 мг/л в августе. Напротив, на участке р. Волга

от Городца до Н. Новгорода оно составляло в июле 5,65 мг/л, а в августе 6,41 мг/л. В устье р. Ока растворенный кислород менялся в июле-августе с 6,06 мг/л до 6,745 мг/л соответственно. Снижение уровня кислорода в водохранилище связано, по-видимому, с интенсификацией цветения сине-зеленых водорослей и увеличением потребления кислорода на процессы окисления продуктов распада отмершей органики.

Проведенные измерения цветности воды по хром-кобальтовой шкале показали, что в озерной части водохранилища цветность воды в среднем составляла 65 градусов цветности в июне и 50 градусов цветности в июле и августе. На речном участке цветность составила 70, 50 и 45 градусов цветности в июне, июле и августе соответственно (рис. 3).

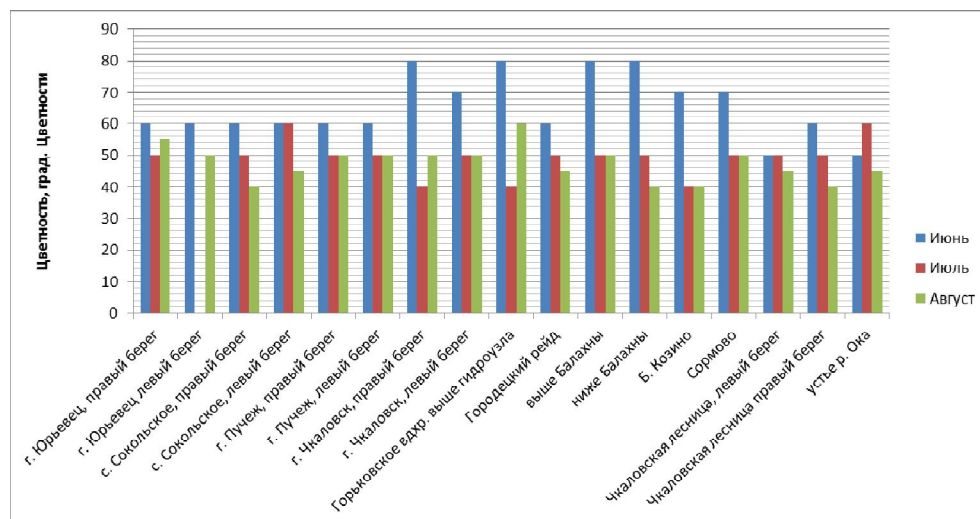


Рис. 3. Распределение цветности воды на исследуемом участке

Поскольку цветность воды обусловлена прежде всего растворенными органическими соединениями (напр. гуминовыми кислотами), то существенное увеличение цветности может свидетельствовать об увеличении концентрации этих веществ в воде. Увеличение этого показателя в начале лета может быть связано с последствиями весеннего половодья и вымыванием органических соединений из пойменных почв.

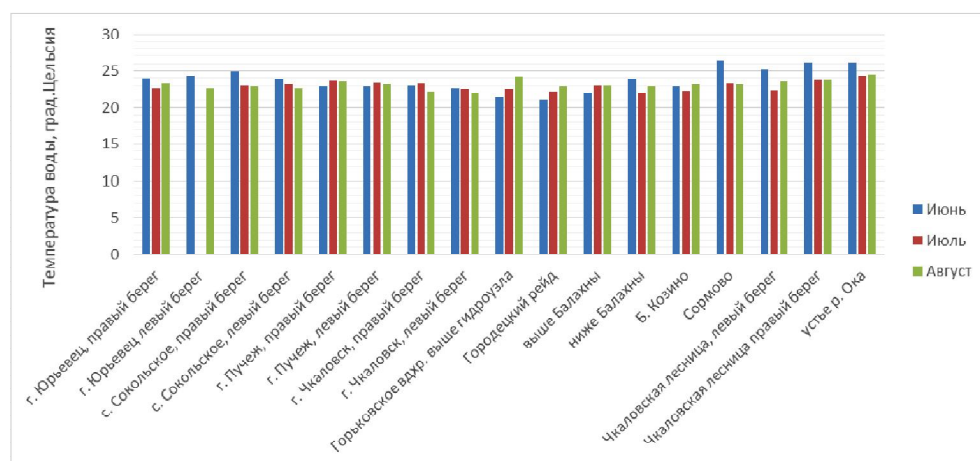


Рис. 4. Распределение температуры воды в подповерхностном слое (на глубине до 1м) на исследуемом участке

Наименьшие температуры на протяжении всего исследуемого участка наблюдались ниже плотины, в районе Городецкого рейда. Это может быть обусловлено перемешиванием верхних более нагретых и нижних прохладных слоев воды при пропуске через плотину. В целом, за все летние месяцы температура воды находилась в пределах 21-23,5 градусов. Причем разница средних температур в озерной части водохранилища и на участке р. Волга составляли не более 0,5 градусов за все летние месяцы.

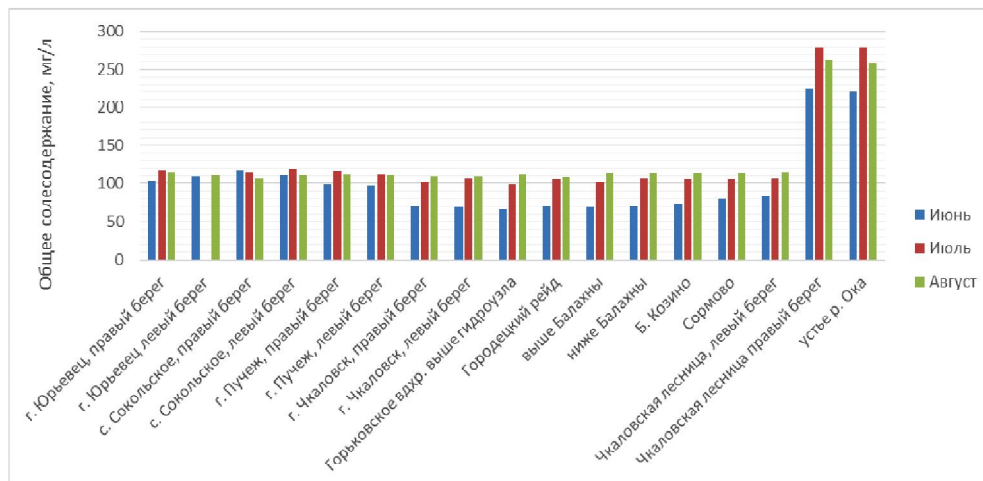


Рис. 5. Распределение общей минерализации воды на исследуемом участке

Благодаря различному химическому составу грунтов, выстилающих ложа рек Оки и Волги, общая минерализация воды р. Ока в 2-2,5 раза выше, чем р. Волга. В среднем, на всех участках минерализация воды увеличивалась от июня к августу. Средняя минерализация в озерной части Горьковского водохранилища составляла 93,9 мг/л в июне и 110,9 мг/л в июле и августе. На речном участке минерализация составила 75,1 мг/л, 105,4 мг/л и 113,2 мг/л в июне, июле и августе соответственно. Минерализация вод р. Ока в районе г. Н. Новгород составляла 222,35 мг/л, 279,25 мг/л и 260,6 мг/л соответственно.

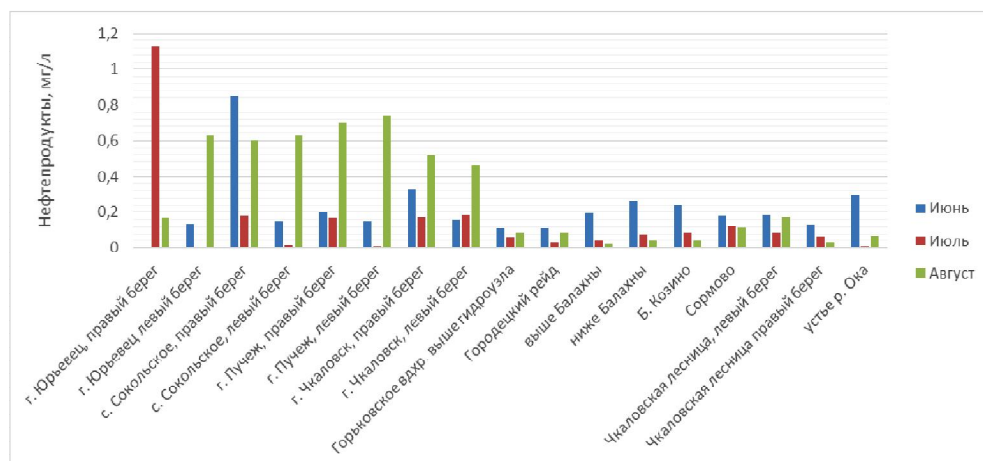


Рис. 6. Распределение концентрации нефтепродуктов (растворенных и пленочных) в пробах с поверхности воды на исследуемом участке.

В ходе экспедиции исследовались также некоторые химические загрязнители вод,

присутствие которых в воде может существенно повлиять на жизнедеятельность водных организмов. Так, при анализе проб воды на нефтепродукты было обнаружено превышение предельно-допустимой концентрации их в поверхностном слое до 5 и более раз. Эти данные не противоречат измерениям, проводимым службой государственного мониторинга состояния окружающей среды учреждениями системы Росгидромета [4]. В целом, по водохранилищу превышение ПДК нефтепродуктов составляло 4-5 раз, а в августе достигло десятикратного превышения. Нефтепродукты в таких концентрациях могут существенно нарушить кислородный режим водного объекта.

Установлено, что среднее по водохранилищу содержание растворенного кислорода снизилось с 7,48 мг/л в июле до 6,37 мг/л в августе. Напротив, на участке р. Волга от Городца до Н. Новгорода оно составляло в июле 5,65 мг/л, а в августе 6,41 мг/л. В устье р. Ока растворенный кислород менялся в июле-августе с 6,06 мг/л до 6,745 мг/л соответственно. Снижение уровня кислорода в водохранилище связано, по-видимому, с интенсификацией цветения сине-зеленых водорослей и увеличением потребления кислорода на процессы окисления продуктов распада отмершей органики.

4. Выводы:

- проведены исследования гидрохимических показателей воды *in situ* в озерной части Горьковского водохранилища, на участке р. Волга выше г. Н. Новгорода, а также в устье р. Ока. За 4 рейса выполнено более 1200 анализов;

- установлено, что среднее по водохранилищу содержание растворенного кислорода снизилось с 7,48 мг/л в июле до 6,37 мг/л в августе. Напротив, на участке р. Волга от Городца до Н. Новгорода оно составляло в июле 5,65 мг/л, а в августе 6,41 мг/л. В устье р. Ока растворенный кислород менялся в июле-августе с 6,06 мг/л до 6,745 мг/л соответственно. Снижение уровня кислорода в водохранилище связано, по-видимому, с интенсификацией цветения сине-зеленых водорослей и увеличением потребления кислорода на процессы окисления продуктов распада отмершей органики;

- получено, что общая минерализация увеличивается в 2-2,5 раза при вхождении в воды р. Ока. Такое различие минерального состава вод наблюдается благодаря различному химическому составу грунтов, выстилающих ложа рек Оки и Волги;

- было обнаружено превышение предельно-допустимой концентрации нефтепродуктов в поверхностном слое воды водохранилища и участка р. Волга до 5 и более раз. В целом, по водохранилищу превышение ПДК нефтепродуктов составляло 4-5 раз, а в августе достигло десятикратного превышения. Нефтепродукты в таких концентрациях могут существенно нарушить кислородный режим водного объекта.

Отметим, что данные результаты следует рассматривать как предварительные. Дополнение полученных данных результатами измерений на четвертом этапе, а также сопоставление с результатами изучения гидробиологических и гидрологических характеристик позволит получить более определенные выводы об экологическом состоянии исследуемого водного бассейна.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (РГО) в рамках грантового проекта РГО «Экспедиция «Плавучий университет Волжского бассейна»» (Договор № 10/2016-И).

Список литературы:

- [1] Минеева Н.М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги / Н.М. Минеева. Ярославль: Принтхаус, 2009. – 279с.
- [2] Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. – 325 с.
- [3] Охалкин А.Г., Микульчик И.А., Корнеева Л.Г., Минеева Н.М. Фитопланктон Горьковского водохранилища. – Тольятти, 1997. – 224с.
- [4] Государственный доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области». Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области, 2010–2015 гг.

- [5] Лидарное зондирование пресноводной акватории с высокой концентрацией фитопланктона / В.Н. Леднёв, М.Я. Гришин, С.М. Першин, А.Ф. Бункин, И.А. Капустин, А.А. Мольков, С.А. Ермаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1. С. 119–134.
- [6] С.А. Ермаков, И.А. Капустин, Т.Н. Лазарева, И.А. Сергиевская, Н.В. Андриянова О возможностях радиолокационной диагностики зон эвтрофирования водоемов. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 3. С. 336–343.

PRELIMINARY RESULTS OF THE WATER QUALITY'S RESEARCH IN THE LACUSTRINE OF GORKY RESERVOIR AND VOLGA AND OKA RIVERS ABOVE NIZHNY NOVGOROD ON 2016

*M.V. Igonina, E.Yu. Cheban, E.V. Volodchenko, E.Yu. Berdnikova, E.S. Rachkova,
N.V. Molkova, K.S. Yurtaeva, M.N. Dmitriev*

Keywords: Gorky reservoir, hydro-chemical indicators, the ecological state of the river Volga.

Results of water quality's research in the lacustrine of Gorky Reservoir and in the areas of Volga and Oka rivers above Nizhny Novgorod are given.

Статья поступила в редакцию 19.09.2016 г.

УДК 628.4.032

*В.Н. Плотникова, к.х.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Д.С. Сухарева, студентка ТБ-IV ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА УРОВНЕ НАСЕЛЕНИЯ В РОССИИ

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы; система разделения, население, утилизация ТБО.

Работа посвящена проблеме разделения твёрдых бытовых отходов на уровне населения в России. Авторами показаны преимущества этой системы на примере стран Европы и США; выяснены причины, тормозящие внедрение этой системы в России. Намечены основные пути решения данной проблемы на примере города Нижнего Новгорода.

В 2018 году Россия в первый раз в своей истории станет страной-хозяйкой мирового чемпионата по футболу. Проведение соревнований запланировано на двенадцати стадионах в одиннадцати городах страны. В список этих городов входит и Нижний Новгород. Становится ясно, что в этот период времени численность населения будет активно расти, а это значит, что количество твёрдых бытовых отходов (ТБО) будет увеличиваться.

Сейчас, согласно статистическим данным [1–2], каждый россиянин ежегодно «производит» 0,3 т (1,5 м³) ТБО. Эта цифра согласуется с количеством ТБО на чело-

века в год и в Европе, в частности, в таких мегаполисах как Париж, Лондон, Берлин. Самый большой показатель на «душу населения» – это США – 0,6 т/чел·год.

В настоящее время, к сожалению, Россия существенно отстаёт от развитых европейских стран и США в плане переработки ТБО. Это связано, в первую очередь, с тем, что в нашей стране фактически не применяются современные системы сортировки мусора вблизи его непосредственного источника образования. А без разделения ТБО представляет собой многокомпонентную систему, которую невозможно утилизировать известными методами [2].

В этой связи тема исследования является весьма актуальной.

Следует отметить, что ежегодно количество ТБО во всех странах увеличивается, что связано с:

- ростом производства товаров массового потребления;
- увеличением видов и количества упаковочного материала;
- повышением уровня жизни населения, позволяющим чаще заменять новыми используемые вещи.

В табл. 1 представлены систематизированные данные [3–10] по составу ТБО от населения. Одновременно, учитывая удельный показатель образования ТБО (0,3 т/чел·год) было рассчитано также количество каждого компонента ТБО в год по г. Нижнему Новгороду.

Таблица 1

Сравнительные данные по составу ТБО в России и США

Компоненты ТБО	Процентный состав Россия	Процентный состав США	Количество каждого компонента по Н.Новгороду т/год
Пищевые отходы	30,6	21,0	116380,4
Бумага, картон	37,0	41,0	140721,4
Текстиль	5,4	2,0	20537,7
Пластмасса и поли- этилен	5,2	5,0	16777,1
Металлы	7,9	10,0	30046,0
Алюминий	–	1,0	–
Стекло	6,7	12,0	25482,0
Древесина	2,1	5,0	7986,9
Керамика, камни, кости	2,6	-	9888,5
Кожа, резина	2,5	3,0	9508,2
			$\Sigma = 380328$ т/год

Анализ табл. 1 показывает, что в Нижнем Новгороде ежегодно образуется более 100 т пищевых отходов, бумаги, картона, от 20–30 т текстиля, пластмассы, стекла, металла, около 10 т древесины, керамики, кожи, резины. Всё это может быть сырьём для производства различных товаров.

Необходимо отметить, что в табл. 1 не учтены ТБО, образующиеся в:

- учебных заведениях (детские сады, школы, вузы и пр.);
- точках питания (кафе, столовые, рестораны и др.);
- магазинах, супермаркетах;
- медицинских учреждениях;
- кинотеатрах, театрах, стадионах и др. развлекательных учреждениях;
- гостиницах;

- почтовых отделениях, банках;
- автовокзалах, аэропортах, ж/д вокзалах и др.;
- промышленных предприятиях.

По разным источникам [11–15] количество каждого компонента ТБО в зависимости от перечисленных объектов образования может увеличиваться на 40–50%.

Целью данной работы является обоснование необходимости внедрения в России системы разделения ТБО на уровне населения.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- показать преимущества системы разделения ТБО населением на примере развитых стран Европы и США;
- выявить основные причины, тормозящие внедрение системы разделения ТБО населением в России;
- наметить пути решения проблемы разделения ТБО на примере г. Нижнего Новгорода.

В развитых странах Европы и США ежегодное увеличение отходов не считается проблемой, т.к. они научились их использовать вторично, как сырьё, и получать из них дополнительную энергию. Это стало возможным за счёт внедрения системы разделения отходов на уровне населения, которая была успешно проведена 25–30 лет назад.

Так, например, скандинавские страны перерабатывают почти 99% ТБО. Причём, Швеция импортирует ТБО у Великобритании, Италии, Норвегии и Швеции. Таким образом, мусор стал товаром, обеспечивающим стабильный бизнес.

В США 50% производимого алюминия получают из ТБО, что гораздо дешевле, чем выплавлять его из бокситов. Аналогично, в Англии организованы пункты приёма алюминиевых банок из расчёта 1 доллар – за 1 кг банок (60 штук).

Германия имеет самое жёсткое в Европе законодательство по защите окружающей среды. За счёт разделения ТБО на уровне населения на полигоны вывозят только 10% отходов. В этой стране идёт даже разделение стекла по цвету.

Таким образом, разделение ТБО по компонентам имеет следующие преимущества:

- обеспечивает прямую перевозку ТБО к объекту переработки;
- уменьшает эпидемиологическую опасность компонентов;
- позволяет получать полезный продукт и энергию.
- удешевляет сбор компонентов ТБО.

В России в настоящее время основным методом утилизации ТБО является захоронение их на полигонах и санкционированных и несанкционированных свалках. При этом разделение отходов производится на «перегрузочных станциях» вручную не более 10% отходов.

Что мешает внедрению системы разделения ТБО на уровне населения в России? По мнению авторов, существуют три основных взаимосвязанных причины:

- огромные территории России, которые позволяют пока использовать самый дешёвый, но и самый неэффективный с точки зрения защиты окружающей среды способ захоронения на полигонах и свалках;
- низкий уровень культуры властных органов, которые не желают заниматься данной проблемой;
- отсутствует законодательная база, в которой была бы заложена экономическая эффективность от внедрения системы.

Авторы сделали попытку наметить основные направления организации разделения ТБО на уровне населения.

1. Установить для населения гибкую систему платы за вывоз мусора, если будет производиться разделение отходов, установить контейнеры с соответствующими надписями. На первом этапе необходимо отделить «пищевые отходы» от всех остальных.

2. Организовать пункты сбора у населения опасных и/или токсичных отходов (энергосберегающих ламп, батареек, фонариков, телефонов и др.) с выплатой % стоимо-

мости от утилизации): сдавать либо в специализированный пункт при ДУК, либо аналогичный пункт в магазинах, где продают эти товары.

3. Разрабатывать и внедрять программы утилизации крупных объектов: автомобилей, компьютеров, холодильников, стиральных машин, музыкальных центров и т.д. и т.п.).

4. Установить крупные штрафы за несанкционированный сброс мусора (например: 100 000 рублей для организации и 10 000 – для индивидуумов), но при этом установить контейнеры с соответствующими надписями в городе, при въезде в него и вдоль автострад на расстоянии 10–15 км. Установить таблички с указанием величины штрафа.

5. Организовать предприятия и/или увеличить мощности имеющихся предприятий по переработке компонентов ТБО. Это требует разносторонней поддержки со стороны государства и инвесторов.

В Нижнем Новгороде существует уже сейчас несколько предприятий, специализирующихся на переработке различных видов отходов (табл. 2).

Таблица 2

Предприятия г. Нижнего Новгорода, перерабатывающие отходы (2010 г.)

№ п.п.	Предприятие	Вид переработанных отходов
1	ЗАО «Гостхимпром» (г. Нижний Новгород)	Полимерные отходы: полиэтилен высокого и низкого давления (медицинские одноразовые шприцы и системы, ломаные ящики, канистры, хозинвентарь), полипропилен (медицинские одноразовые шприцы, корпусные и производственные изделия), ПВХ (кабельная оплётка, медицинские системы переливания крови), полистирол (одноразовая посуда).
2	ЗАО «Зареченское» (г. Нижний Новгород)	Макулатура Вторичный текстиль Полимерные отходы
3	ООО «Промкомплект-НН» (г. Нижний Новгород)	Твёрдые бытовые отходы (три пункта по приёму, сортировке и брикетированию, передача на АО «Нижегородкровля»)
4	ООО «ПЗП «Экология-Дзержинск-Вторсырьё»»	Макулатура Текстильные отходы
5	МП «Специализированное автотранспортное предприятие» (г. Нижний Новгород)	Твёрдые бытовые отходы: собирает, разделяет, брикетировывает, перевозит другим перерабатывающим предприятиям.
6	ОАО «Нижегородский картонно-рубероидный завод»	Макулатура Текстильные отходы
7	ЗАО «Ника плюс» (г. Нижний Новгород)	Полиэтиленовые отходы от предприятий Нижнего Новгорода и области (бутылки и др.)

В табл. 3 представлены ориентировочные результаты сравнения преимуществ и недостатков системы создания полигонов с одной стороны, и системы разделения отходов и организации производства по их переработке с другой.

Таблица 3

Сравнение двух систем

Система разделения ТБО на уровне населения и создание производств по переработке		Система организации полигонов и свалок	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
1. Для населения: сокращение платы за вывоз мусора. 2. Извлечение вторичных материальных ресурсов (ВИР) – как сырья для пром. переработки. 3. Создание производств по переработке компонентов ТБО → изготовление готовой продукции → прибыль → увеличение ВВП. 4. Организация рабочих мест для населения → снижение безработицы. 5. Минимальное воздействие на окружающую среду: компоненты ТБО находятся в техногенном круговороте. 6. Сохранение природных ресурсов, таких как дерево, металл. 7. Небольшие сроки окупаемости производства.	1. Затраты на организацию раздельного сбора мусора (контейнеры, пункты приёма). 2. Затраты на организацию перевозки от места сбора до предприятия-переработчика. 3. Затраты на организацию предприятия-переработчика (капитальные и эксплуатационные)	1. Относительно небольшие эксплуатационные расходы (для предприятий). 2. Для населения – нет. 3. Для окружающей среды – нет	1. Отчуждение земель под полигоны и свалки на длительный период времени (до 100 лет). 2. Затраты на капитальное строительство полигонов (включая инфраструктуру) и их утилизацию. 3. Затраты на разделение отходов на «перегрузочных станциях»: ручной труд и эпидемиологическая опасность. Затраты на строительство этих станций. 4. Затраты на перевозку ТБО к полигонам. 5. Комплексное негативное воздействие полигонов и свалок на воздух, воду, почву. 6. Распространение эпидемиологической опасности на большие расстояния за счёт насекомых, грызунов, птиц. 7. Затраты на создание полигонов с точки зрения защиты окружающей среды не окупаются!!!

Из табл. 3 следует очевидный вывод, что затраты на строительство полигонов следует перевести в затраты на организацию раздельного сбора компонентов ТБО и на создание производств по их переработке.

Список литературы:

- [1] <http://ztbo.ru/o-tbo/stati/stranni/pererabotka-musora-tbo-v-rossi>
- [2] <http://vtorothodi.ru/utilizaciya/problema-bytovyx-otxodov>
- [3] <http://www.solidwaste.ru/pubi/view/43.html>
- [4] <http://www.solidwaste.ru/pubi/view/43.html>
- [5] <http://npcei.ru/press/64/>
- [6] <http://ecology-of.ru/otkhody/problemy-utilizatsii-tverdykh-bytovykh-otkhodov>
- [7] <http://ecology-of.ru/otkhody/klassifikatsiya-vidov-tverdykh-bytovykh-otkhodov>
- [8] <http://www.recyclers.ru/modules/section/item.php?itemid=56>
- [9] <http://www.rg.ru/2010/11/26/tela.html>
- [10] <http://vtorothodi.ru/pererabotka/pererabotka-musora-v-rossii>
- [11] <http://vegjournal.ru/ekologiya/priroda/597-razdelyay-i-pererabatyvay-kak-sortiruyut-musor-v-evrope.html>
- [12] <http://gorodvlesu.ru/index.php?topik=17.240>
- [13] <http://www.estile.ru/article1.php>
- [14] <http://fly-art.com/waste-sorting-slovenia/>
- [15] <http://skitalets.livejournal.com/97970.html>

THE SOLID WASTE SEPARATION PROBLEM REVIEW AND ANALYSIS AT THE RUSSIAN POPULATION LEVEL

V.N. Plotnikova, D.S. Sukhareva

Keywords: *solid waste, separation system population, solid waste utilization*

The article is devoted to the solid waste separation problem at the Russian population level. The authors show this system advantages considering European countries and the USA. The causes slowing down the system introduction in Russia are found out. The main solutions to the problem are planned (Nizhny Novgorod is considered).

Статья поступила в редакцию 24.05.2016 г.

УДК 629.5

С.В. Преснов, к.т.н., директор московского филиала

ФАУ «Российский Речной Регистр»

125195, г. Москва, Ленинградское шоссе, 59

Ю.А. Кочнев, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Ключевые слова: транспортный флот, техническое состояние, автоцепы судов.

В статье рассмотрено техническое состояние флота внутреннего плавания, находящегося на учёте в Московском филиале Российского Речного Регистра и динамика её изменения. Даны предложения по повышению эффективности флота с применением баржебуксирных составов. Проведён анализ использования цепных устройств на различных типах речных судов.

Центральный регион России всегда находился под пристальным вниманием в силу своего географического положения, нахождения в нем столицы государства и расположения федерального центра.

Навигация 2015 года на внутренних водных путях (ВВП) Центрального региона России по работе и техническому состоянию транспортного флота с позиций классификационного общества не имела пиковых взлетов и глобальных падений, несмотря на сложную экономическую ситуацию в стране, но заставила задуматься о многом. Избежать провалов удалось благодаря учёту ошибок предыдущих навигаций и более точному прогнозированию.

Маловодность разделила главную судоходную артерию страны на две части в районе Городецкого гидроузла для прохода судов с осадкой более 2,5 метров. Это ограничило доступность Центрального региона для большегрузных судов с южного направления.

Низкий уровень воды в летний и осенний периоды уже несколько лет характерен для бассейна реки Ока, что в 2015 году поставило под угрозу срыва доставку в регион ряда стратегических грузов. Только слаженная работа грузоотправителей, ряда судовладельцев и экипажей их судов с участием экспертов классификационного общества и инспекторов надзорных органов позволила избежать невыполнения оборонзаказа и

решить все поставленные задачи. Данная ситуация показала необходимость централизованного, системного подхода к обеспечению габаритов судового хода, так как решение локальной задачи по реконструкции Кузьминского гидроузла не позволило снять проблему мелководья в целом, сместив наиболее «узкое место» минимальных глубин в район Белоомута.

Флот, эксплуатирующийся на внутренних водных путях, с каждым годом стареет и выбывает, а пополнение новыми судами настолько минимально, что не может снизить показатель среднего возраста судов, находящихся на классификационном учете филиала, который превышает 25 летнюю отметку и составляет 32 года.

Динамика изменения численности судов, находящихся на классификационном учете Московского филиала РРР, представлена на рис. 1.

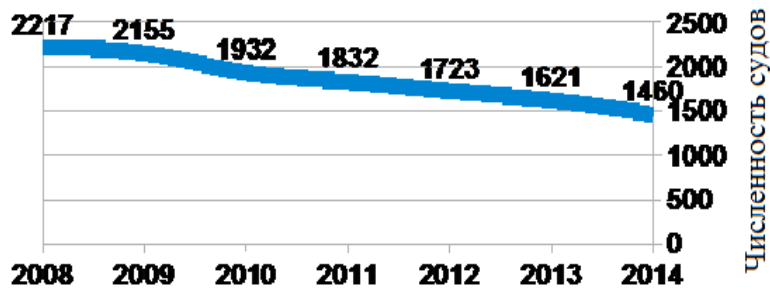


Рис. 1. Динамика изменения численности судов на учете Московского филиала РРР

Анализируя график, представленный на рис. 1, можно отметить, что он имеет гиперболический характер, который по мере приближения к горизонтальной оси характеризует необратимость происходящего процесса выбытия флота. В связи с этим все острее становится проблема восполнения флота, приоритетным решением которой является строительство новых современных судов.

Сегодня нет оснований утверждать, что техническое состояние флота ухудшается. Выполнение требований и нормативов, указанных в Правилах Российского Речного Регистра (РРР), проверенные за долгие годы деятельности российского классификационного общества, позволяют, при условии проведения регламентных работ по обслуживанию, ремонту и модернизации флота, обеспечить техническую безаварийную работу элементов судна в целом. Например, на классификационном учете Московского филиала Российского Речного Регистра, находится пассажирский теплоход «Максим Горький» 1934 года постройки, имевший в навигацию 2015 года годное техническое состояние. Однако поддержание судна в надлежащем техническом состоянии требует высоких затрат.

Обобщенная схема изменения технического состояния судна и затрат на его поддержание в течение классификационного периода представлены на рисунке 2. По оси ординат в относительном виде (по отношению к новому судну) дается уровень технического состояния судна и отнесенные к максимальным (в конце классификационного периода) текущие затраты на поддержание технического состояния судна.

Анализируя зависимости рис. 2 можно отметить, что кривая изменения технического состояния судна имеет гиперболический характер внутри классификационного периода, асимптотически приближаясь к предельному, с местными «пиковыми» увеличениями, что обусловлено проводимыми в этот период ремонтами. Годное техническое состояние соответствует нахождению данного графика выше линии нормативов, которая представляет собой прямую, параллельную горизонтальной оси. Линия нормативов является своего рода граничными условиями, вытекающими из требований Правил РРР. Третья кривая показывает затраты на поддержание судна в годном

техническом состоянии, которая представляет собой параболическую кривую, характеризующую рост затрат во времени, то есть чем старше судно, тем больше требуется затрат на поддержание его годного технического состояния. График, характеризующий затраты, приведен усредненным, однако может иметь всплески, обусловленные проводимыми модернизациями, обновлением, увеличением объемов ремонта и пр., а также провалы, объяснимые выводом судов на холодный отстой. Таким образом, поддержание годного технического состояния судна, соответствующем нормативу, либо его повышение по отношению к нормативу за счет увеличения объемов ремонта или модернизации приводит к росту затрат, которые увеличиваются с ростом возраста судна.

Учитывая экономическую ситуацию и тот факт, что 2/3 всех судов Центрального региона России соответствуют правой части графиков, приведенных на рисунке 2, представляется возможным спрогнозировать последующее снижение численности судов. Изменить ситуацию возможно только путем строительства новых современных судов.

На фоне отмеченной выше маловодности рек, стратегических ошибок при строительстве серий судов проектов RST и RSD, изменения грузопотоков и пассажиропотоков, для судовладельцев Центрального региона все острее встают вопросы о выборе новых схем перевозок, отработки нового уровня их организации, определения оптимальных характеристик будущих судов. Зачастую решение этих вопросов кроется в применении «забытого старого». Например, для перевозок минерально-строительных и наливных грузов по внутренним водным путям Центрального региона России наиболее целесообразным является применение толкаемых составов. Их преимущества перед судами классического типа в условиях малых глубин и на коротких линиях были доказаны в начале 70-х годов прошлого столетия [1]. Применение толкаемых составов позволяет максимально использовать габариты судового хода, снизить время ожидания загрузки барж, снизить эксплуатационные расходы и увеличить провозную способность, и является одним из способов сохранения транспортного судоходства без строительства и реконструкции гидротехнических сооружений.

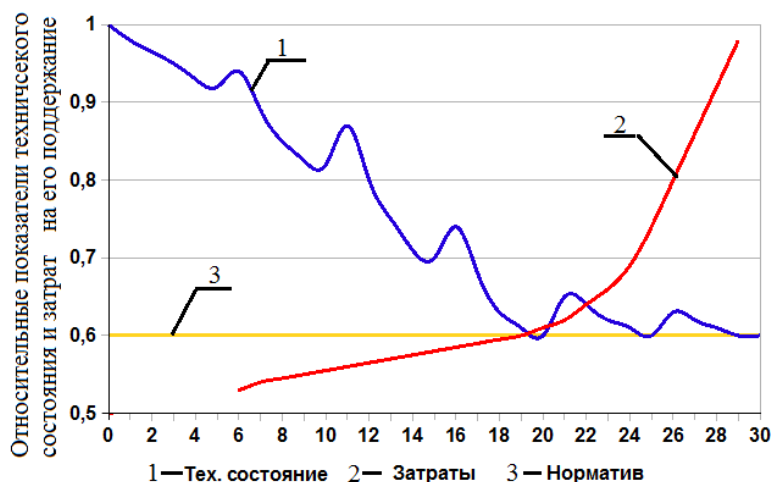


Рис. 2. Изменение технического состояния судна с учетом классификационного периода

Загруженность автомобильных дорог большегрузным транспортом, разрушение им дорожного полотна и ужесточение ответственности за его разрушение на законодательном уровне, приведут к переориентации части грузопотоков на водный транс-

порт и поспособствуют развитию перевозок автомобилей с грузом (РО-РО), что также говорит в пользу применения толкаемых составов.

Сложности судоходства и поддержания гарантированных габаритов судоходного пути, строительство грузовых судов для работы на внутренних водных путях с выходом в прибрежные морские районы, поиск новых перспективных решений подталкивают к созданию барже-буксирных составов, исходя из предпосылок их работы, как в речных, так и в морских условиях. Здесь имеется в виду не классическое разделение водных путей на море и реку, а организация перевозок по ВВП составами у которых одним из ограничений будет прочность сцепного устройства при движении толкаемого состава в условиях воздействия внешних эксплуатационных факторов, характеризующих разрядность бассейна. Вариантов решения этой задачи два.

1. Организация работы составов с сохранившимся разделением по схеме так называемой «вертушки», когда толкание в бассейнах разрядов «Л» и «Р» осуществляется толкачами соответствующих классов, а в бассейнах более высоких разрядов – методом толкания толкачами класс которых соответствует разряду бассейна.

Научно-техническое обоснование организации такой схемы работы было разработано в 2002 году компанией «Волготанкер».

2. Создание универсальных толкаемых составов, которые могли бы эксплуатироваться как на внутренних водных путях, так и в морских районах.

Как в первом, так и во втором варианте решения задачи, основным звеном, накладывающим ограничения на состав в целом, является сцепное устройство.

Сцепными устройствами для толкания оборудовано значительное количество судов с классом Российского Речного Регистра, эксплуатируемых на внутренних водных путях (11%) и прибрежных морских районах, в которых допускается эксплуатация судов с классом РРР. Средний возраст судов, оборудованных сцепными устройствами, составляет 33 года, что при наличии, установленных изготовителем сцепных устройств, сроков службы, заставляет задуматься, как об их безопасной эксплуатации, так и безопасности плавания составов в целом. При этом вызывает озабоченность позиция РРР по контролю сроков службы, установленных в Технических условиях на изготовление, которые также согласованы РРР.

В зависимости от степени механизации постановки связей во время стыковки судов сцепы подразделяются на немеханизированные (тросовые, контактные и т.п.) и механизированные. Если последние образуют разъемные связи, для приведения во взаимодействие которых не требуется ручных операций, то такой тип сцепного устройства является автоматическим, который представляет наибольший интерес в силу сложности и многообразия конструкций, особенностей определения технического состояния и прямой зависимости износа его элементов от условий эксплуатации и срока службы (суммарного времени работы).

На рис. 3 представлено процентное распределение серийных типов автоматических сцепных устройств на судах внутреннего плавания с классом РРР.

Одним из сдерживающих технических факторов создания современных толкаемых составов и нового типа сцепного устройства является отсутствие признанной РРР методики расчета сальных усилий при воздействии различных эксплуатационных факторов (узкость судового хода, малый запас глубины под днищем, волнение и др.), а также утрата или перепрофилирование в России ряда производителей сцепных устройств, таких как «Завод им III Интернационала», «Завод Нижегородский теплоход», что обрело еще большую актуальность с принятием решения на импортозамещение, что наиболее остро проявляется при создании толкаемых составов смешанного (река – море) плавания.

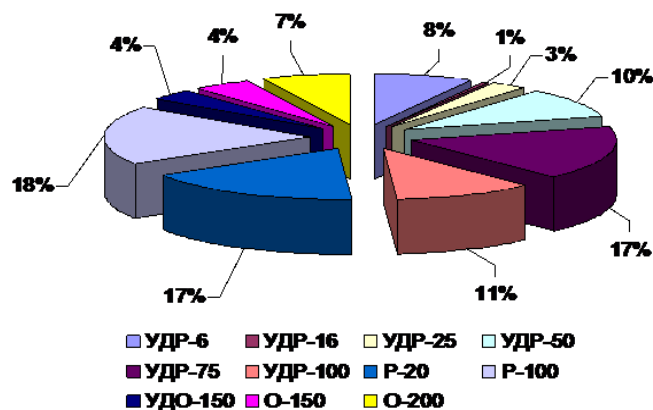


Рис. 3. Распределение серийных типов сцепных устройств

Обозначенное выше направление строительства толкаемых составов для Центрального региона России, несмотря на отмеченные трудности, является перспективным направлением, которое при правильно расставленных приоритетах возможно реализовать в довольно сжатые сроки.

Список литературы:

[1] Подгорный А.С. Эффективность применения новых транспортных систем на базе толкаемых составов смешанного плавания / А.С. Подгорный, Г.Ю. Аляничкова // Сб. научных трудов «Направления развития речного транспорта». – М.: ЦНИИЭВТ, 1989.

THE CENTRAL RUSSIA TRANSPORT SHIPPING CURRENT STATE

S.V. Presnov, Yu.A. Kochnev

Keywords: *transport shipping, operating conditions, the vessels couplers.*

The article describes the inland navigation vessels under Russian River Register authority, their technical state and its changes dynamics. The offers concerning the transport shipping efficiency increase using barge tugs are given. The couplers use on different river vessels types is analysed.

Статья поступила в редакцию 07.04.2016 г.

УДК 629.5.042.2

О.Э. Суров, доцент, кандидат технических наук, Инженерная школа, ДВФУ
А.В. Парняков, доцент, Школа искусства, культуры и спорта, ДВФУ
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА СОВРЕМЕННЫХ КАЮТ НА КРУИЗНОМ СУДНЕ

Ключевые слова: круизные лайнеры, каюты эконом-класса, интерьер, комфорт, каюта-сьют, цвет, освещение, мебель, судовая архитектура.

Статья посвящена вопросам оформления интерьера и дизайна современных кают на круизном судне. Раскрываются задачи, специфические особенности, формы и типы пассажирских кают. Особое внимание обращается на конструктивные особенности кают. На основе анализа пассажирских кают различных круизных судов раскрыты основные вопросы отделки, цветового и светового оформления, элементов декора и мебели. Выявлена и обоснована необходимость использования комплексного подхода к решению проблем дизайна интерьера пассажирских кают.

Внутренняя планировка пассажирского судна круизного плавания имеет свою специфику. Все помещения судна разделены на три категории: пассажирские, помещения для экипажа и служебные. Под термином «пассажирские помещения» обычно понимается весь комплекс помещений, необходимых для создания нормальных условий пребывания пассажира на судне. Это, прежде всего, общественные пассажирские помещения и каюты, необходимые для удовлетворения его повседневных потребностей.

На судах круизного плавания особо развита система общественных пассажирских помещений. Удельный объем пассажирских помещений на одного пассажира на некоторых судах круизного плавания достигает 100 м³ и более [1]. Учитывая, что круизы обычно совершаются в районах с благоприятным климатом, большое внимание уделяется созданию условий для отдыха пассажиров на палубах. На многих судах постройки последних лет в носовой части судна на самой верхней палубе устраивают обзорные веранды. В последнее время веранды стали неотъемлемой частью и пассажирских кают.

Со времен печально известного «Титаника» круизные лайнеры считаются символом роскоши и комфорта. Однако так было не всегда: первые морские туристы были вынуждены обходиться довольно скромными каютами. Понадобились десятилетия, чтобы ситуация изменилась кардинальным образом.

Пассажирские каюты подразделялись на несколько классов по комфортабельности – согласно уровню предоставляемых удобств и услуг и в зависимости от типа и компоновки круизного судна. Каюты эконом-класса зачастую оборудованы только спальным местом и письменным столом. Компоновка кают напоминала стандартное 4-местное купе ЖД-вагона: четыре спальных места – два в нижнем ярусе, два в верхнем, посередине небольшой столик. В каютах могли быть шкафы или полки под багаж или ручную кладь. На ряде судов часть кают эконом-класса обращена внутрь корпуса судна и не имеет окон/иллюминаторов.

Каюты 1-го или 2-го класса имеют санузел, более комфортабельные спальные места и места для отдыха. На ряде круизных судов есть и каюты, превосходящие по уровню комфорта и услуг даже первый класс. Такие каюты представляют собой апартаменты и внешне ничем не отличаются от дорогих гостиничных номеров высшего класса.

Размер кают варьируется от 5,5 кв. м до 497 кв. м. Размер стандартной каюты 15–22 кв. м, чего вполне хватает для комфортного проживания двух, трех и даже четырех человек.

Несмотря на широкий выбор категорий кают на круизном лайнере, их можно классифицировать по четырем типам:

1. Внутренняя каюта (*Inside/Interior stateroom*).
2. Внешняя каюта с окном (*View stateroom*).
3. Внешняя каюта с балконом (*Stateroom with Balcony*).
4. Сьют (*Suite*).

На выбор той или иной каюты влияют следующие факторы:

- Какой тип времяпрепровождения на борту предпочтительнее.
- Планируемый бюджет.
- Размеры лайнера и его инфраструктура.
- Насыщенность круизного маршрута и количество дней в море.
- Продолжительность круиза.
- Особые требования и пожелания.

Особое внимание следует обратить на каюты, имеющие конструктивные особенности

- Каюты с ограниченным видом (*Obstructed View Stateroom*).
- Каюты-коннекты (*Connected staterooms*).
- Семейные каюты (*Family Stateroom*).
- Каюты для соло-путешественников (*Studio stateroom*).
- Каюты для пассажиров с ограниченными физическими возможностями (*Stateroom with facilities for the disabled*).

Все каюты на морских круизных лайнерах расположены выше ватерлинии, ниже нее – только технические палубы, куда гостям доступ запрещен. Чем выше внешняя каюта, тем лучше обзор из окна/балкона, тем, соответственно, выше их стоимость. Каюты, расположенные ближе к центральной части лайнера, могут также быть выше по стоимости по сравнению с такими же каютами, расположенными в носу и на корме.

Как правило, большинство современных круизных судов являются одноклассными. Это упрощает систему обслуживания и снижает эксплуатационные расходы. Кроме того, доступность всех пассажирских помещений для всех пассажиров позволяет лучше организовывать общие развлекательные, спортивные и другие культурные мероприятия для пассажиров в рейсе.

В целях обеспечения комфорта для пассажира на судах устанавливаются успокоители качки. Большое внимание уделяется уменьшению шума и вибрации. Уделяется внимание не только механическим шумам, но и бытовым: громкое радио и телевидение, музыка и т.д.

Сегодня мы едва ли представляем себе жизнь без интернета, это же касается и отдыха. Кто-то проверяет почту, кто-то пользуется соцсетями, кто-то слушает музыку, кто-то смотрит фильмы. Интернет на кораблях – это всегда вопрос сложный. Связь чаще всего проходит через спутник, что влияет на её скорость и цену. И всё же потребность в интернете на отдыхе растёт, гости кораблей активно требуют круизные компании решить эту проблему, и круизные компании последние 2 года активно ей занимаются.

В январе 2016 года компания Celebrity Cruises анонсировала появление скоростного интернета на лайнере Celebrity Reflection. Тесты прошли успешно, и теперь компания расширяет свои горизонты: гости Celebrity Summit уже опробовали эту услугу на себе, а к концу мая интернет полноценно распространится на весь флот.

Обратим внимание еще на одну важную особенность обеспечения обитаемости. Ограниченность свободы перемещений на судне по сравнению с сушей должна быть компенсирована не только сменой пейзажей, но и разнообразием интерьеров кают, их

художественных акцентов. Необходимо сделать так, чтобы впечатления от них были достаточно сильны, а воздействие на пассажиров – как можно более продолжительным. Архитектурные решения судовых кают должны удовлетворять разнообразным вкусам пассажиров.

На круизных судах компании Holland America Line прошла реконструкция всех пассажирских кают (рис. 1) [2]. Появились просторные семейные каюты площадью от 21 до 22 кв. м, вмещающие до 5 гостей, к услугам которых полноразмерные кровати и две ванных комнаты. Также впервые на лайнере компании появились каюты для одиноких путешественников с видом на океан (12–16 кв. м). Самая же большая каюта на верхней палубе имеет площадь 120 кв. м. Все каюты оборудованы современной электроникой, поддерживающей интерфейс USB, а также плоскими телевизорами с услугой «видео по запросу».



Рис. 1. Обеденный зал в каюте Пентхаус на круизных судах компании Holland America Line

Несмотря на небольшие для океанского круизного лайнера размеры, Viking Sea предлагает комфортабельные каюты большой площади (рис. 2) [3]. Даже самые маленькие каюты имеют площадь 21 кв. м. При этом каждая каюта на лайнере имеет собственный балкон. Самая же просторная каюта площадью 135 кв. м включает в себя гостиную, бар, столовую, ванную и переговорную комнаты. Все каюты оборудованы кроватями king-size и плоскими телевизорами.

Помимо стандартных для компании Carnival Cruises кают (внутри атриумов, с окнами на океан, с балконами, спа и сьютов) на лайнерах реализованы два новых для компании формата размещения. Первый – это The Havana Cabanas на пятой палубе. Эти номера имеют собственное огороженное патио на открытом воздухе с выходом на одну из «улиц» лайнера и к бассейну (рис. 3) [4]. Второй новый формат размещения – это номера Family Harbour, расположенные на второй палубе в той самой семейной зоне корабля, в которую запрещен проход пассажирам без детей. Все номера этой категории имеют балконы с видом на океан.

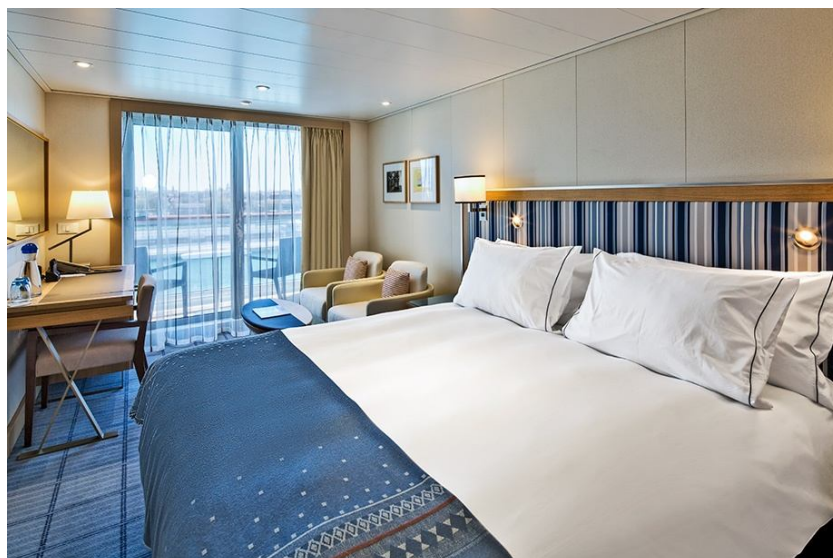


Рис. 2. Каюта Делюкс на круизном судне Viking Sea



Рис. 3. Каюта The Havana Cabanas на лайнерах компании Carnival Cruises

Несмотря на различные мнения о проблемах судовой архитектуры, ясно одно: современные судовые помещения должны отличаться – комфортом и простотой.

Окружающая пассажира обстановка должна создавать приятное впечатление, поддерживать хорошее настроение и спокойствие, отсутствие усталости и скуки, которые часто появляются при длительном пребывании людей в помещении. Для этого в помещении должно быть большое количество различных орнаментов и эстампов, разных световых и художественных акцентов. Судовые каюты должны иметь рассеянный свет, значительные площади портьер, разнообразную, но неяркую цветовую гамму, удобную мебель, покрытую одноцветными тканями спокойных тонов (голубой, желто-зеленый и т.п.). Архитектурная разработка судовых помещений должна гармонизировать с внешним видом судна, при возможности подчеркивать их индивидуальность [5].

На современных круизных судах широко используются новые материалы по изоляции фирм «Rockwool», «Izover»; по покрытиям фирм «Poliflor», «Horuson», «Altro Fransflor»; по окраске фирм «Iotun», «InternationaI», «Hempel». Все применяемые отделочные материалы должны быть пожаробезопасными и иметь допуск Морского и Речного Регистров.

Для отделки кают применяется система панельной зашивки с широкой цветовой гаммой панелей из металлопласта, большой спектр современных мебельных и отделочных негорючих тканей. С целью улучшения обитаемости и уменьшения уровня

шума в каютах, наряду с современными звукоизолирующими материалами, применяется технология «плавающий пол». К ее достоинствам можно отнести независимое положение его частей относительно основания и стен. Плавающее покрытие пола – это технология, которая используется как разновидность сухих стяжек и сборных полов. Такой пол, несмотря на все свои показатели, имеет очень простой и удобный способ монтажа, который позволяет избежать грязных и мокрых процессов. Обязательно учитывается применение изолирующего слоя, обеспечивающего исключение контакта основания с самим покрытием. Подложка может быть изготовлена из вспененного полиуретана, полиэтилена.

Для сокращения сроков строительства судов современные технологии предусматривают использование вкладных санблоков, а также модульных кают.

При разработке дизайна судовых кают большое значение имеет их окраска. Цвет оказывает определенное эмоционально-эстетическое воздействие на людей, находящихся в каюте. В соответствии с физическими свойствами цвета и особенностями его воздействия на человека разработаны технико-эстетические принципы окраски судового оборудования и интерьеров. Важнейшими из них являются – обеспечение соответствия окраски характеру жилой среды и соблюдение законов цветовых гармоний. Соблюдение этих принципов позволяет создать благоприятный цветовой климат в пассажирской каюте.

В разработке интерьеров кают важное место занимает освещение. Оно выполняет не только свою функциональную роль, но и помогает придать помещению индивидуальный характер, подчеркнуть в нем главный элемент. Выделяют три наиболее распространенные системы освещения: прямое, отраженное и равномерно распределенное. Они отличаются друг от друга количеством направленного светового потока в нужную сторону. Например, при прямом освещении почти 90% светового потока направлено вниз; при отраженном освещении – 95–100% света направлено вверх, а затем отражается. При равномерно-распределенном освещении – половина светового потока направлена вниз, а другая – вверх.

В интерьере каюты наибольшее распространение получило прямое освещение, выполненное с помощью открытых светильников. Определенное разнообразие в формировании судовых помещений вносит система отраженного света, когда его источники скрыты от глаз человека. Это достигается путем установки специальных осветительных устройств, световых карнизов и других средств освещения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что только комплексный подход к решению проблем дизайна интерьера пассажирской каюты, её обитаемости и комфорта позволяет создать на круизном судне гармоничную среду, способствующую плодотворному отдыху пассажиров.

Список литературы:

- [1] <http://russika.ru/t.php?t=1901>
- [2] <http://www.vikingcruises.com/oceans/ships/viking-sea/index.html>
- [3] <http://www.hollandamerica.com/cruise-ships-activities>
- [4] <http://www.carnival.com/staterooms.aspx>
- [5] Любимов В.И. Архитектурное проектирование судов: учеб. пособие / В.И. Любимов – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011.

THE MODERN STATEROOMS DESIGN PECULIARITIES ON A CRUISE SHIP

O.E. Surov, A.V. Parnyakov

Keywords: *cruise ships, economy class stateroom o, interior, comfort, stateroom -suite, color, lighting, furniture, naval architecture*

The article is devoted to the modern cruise ships staterooms interior and design issues. The authors reveal the passenger staterooms problems, specific features, forms, types. The main attention is drawn to the stateroom design features. Considering different cruise ships passenger staterooms the main issues concerning the decor, the colour and lighting design, the decorating and furnishing elements. The complex approach necessity towards the passenger staterooms interior design problems solution is revealed and substantiated.

Статья поступила в редакцию 01.06.2016 г.

УДК 532.5:001.5

Е.Ю. Чебан, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
М.В. Игонина, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»;
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
И.А. Капустин, с.н.с., к.ф.-м.н. ФГБУН «ИПФ РАН»
А.А. Мольков, н.с., к.ф.-м.н. ФГБУН «ИПФ РАН»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46;

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В КИЛЬВАТЕРНОМ СЛЕДЕ ЗА СЧАЛЕННЫМИ СУДАМИ

Ключевые слова: *разлив нефти, боновое ограждение, буксировочные испытания, опытовый бассейн, судно, имитатор нефтепродуктов, кильватерный след судна, нефтяная пленка*

Рассмотрены результаты экспериментов по исследованию полей скоростей и растекания имитатора нефтепродуктов в кильватерном следе судов в счале. По результатам выполненных лабораторных экспериментов можно сделать вывод о том, что изменение скорости потока и расстояния между корпусами судов в счале существенным образом влияют на локализацию нефтяного пятна в спутной струе за корпусами судов. В ходе натурного эксперимента подтверждено подобие потоков в измеряемых в лабораторных и реальных условиях. Предполагается, что на ограниченных акваториях рек для заданных комбинаций расположения судов в счале, можно будет снизить требования к использованию средств локализации и ликвидации разливов нефти и предотвратить перерастание разливов нефти в чрезвычайную ситуацию.

1. Введение

Согласно статистическим данным наибольшее количество разливов нефти происходит при выполнении погрузо-разгрузочных операций (бункеровка, зачистка, мойка танков и т.д.) (см, например, [1]), что вызывает необходимость выполнения мер по предупреждению перерастания небольших разливов в чрезвычайную ситуацию.

Проблема предупреждения и локализации разливов нефти особенно важна для участков внутренних водоемов – рек, озер и водохранилищ со сложными неустановившимися течениями. Проблема переноса загрязнений особенно усложняется в случае течений, связанных с волновыми и кильватерными следами судов, в том числе в условиях ограниченного фарватера.

В свою очередь гидродинамические особенности потоков вблизи судов могут оказывать существенное влияние на выбор технологии предупреждения ЧС(Н) и параметры оборудования для локализации и ликвидации разливов нефти. Предполагается, что можно заранее создать условия, которые бы приводили к прогнозируемому распространению нефти в места с заранее известными гидродинамическими усло-

виями и заблаговременно предусмотреть для этого специальное оборудование, характеристики которого должны исключать унос нефти. Распространение нефти при разливе с судов в счале будет зависеть от параметров движения нефтяного пятна, которые в свою очередь определяются скоростью течения, размерами и формой корпусов судов участвующих в технологических операциях и т.д.

Анализ ряда работ по проблеме загрязнения водной поверхности нефтью и нефтепродуктами показывает, что в ранних моделях описывающих распространение нефтяной пленки по водной поверхности, рассматривалось растекание пленок по поверхности безграничной жидкости, как, например в [2], где впервые были предложены три основных режима растекания нефтяной пленки по поверхности воды: инерционный, гравитационно-вязкий и режим поверхностного натяжения. Позднее в [3] было показано существование переходного инерционно-вязкого режима, а в [4] в одномерном приближении в рамках решения уравнений мелкой воды, подтверждено, что режимы в приведенной выше классификации являются асимптотиками более сложных решений. Теоретические модели растекания пленок, а также результаты экспериментов можно найти в [5-7] и цитированной там литературе.

В то же время роль целого таких факторов как влияние неоднородных течений и поверхностного волнения, связанных с эволюцией пленок, в том числе около таких объектов как корпуса судов, исследованы пока недостаточно. Важность учета волн и течений в динамике пленок связана с необходимостью решения проблемы локализации нефтяных пленок на водной поверхности. Известно, что разливы нефти на водной поверхности внутренних водных путей в силу наличия высоких скоростей течений и неоднородности поля скоростей и турбулентности из-за близости берегов, неоднородности глубины и т.д. достаточно трудно поддаются локализации.

Весьма существенно изменчивость течений проявляется в области ближнего кильватерного следа от корпуса одиночного судна или нескольких судов. Наличие двух и более рядом расположенных судов может существенно изменить структуру корабельного следа по сравнению с одиночным судном (см., например, [8]). В работах [9-12] приведены результаты исследования полей скоростей и растекания имитатора нефтепродуктов при обтекании потоком жидкости счала двух речных судов в опытном бассейне и выполнен анализ полей скоростей и процессов растекания имитатора нефтепродуктов за счалом, однако для разработки математических моделей процессов растекания нефти при ее разливе в счале и создания практических рекомендаций требуется проведение дополнительных исследований гидродинамических характеристик потоков, возникающих при обтекании корпусов судов в счале многофазным потоком.

2. Лабораторное исследование структуры потоков за моделями счаленных судов

Экспериментальные исследования полей скоростей течения и распространения имитатора нефтепродуктов в моделях счалов судов проводились на базе опытового бассейна кафедры Гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ВГУВТ. Схема экспериментальной установки в опытном бассейне показана на рис. 1. В ходе экспериментов использовались модели счалов, состоящие из судов с различными размерами и формами корпусов, как упрощенными обводами, соответствующие большинству несамходных речных бункеровщиков (заправщиков и перекачивающих станций), так и хорошообтекаемые модели судов типа «Волго-Нефть», «Волго-Дон» и др.

Компоненты скорости (V_x , V_y , V_z) в толще воды измерялись с помощью акустического доплеровского velocиметра ADV (Sontek 16 MHz Acoustic Doppler Velosimeter), зонд которого погружался на различную глубину и на различном расстоянии от оси движения модели с заранее рассчитанным шагом проводились в нескольких характерных точках по ширине счала судов: на оси между корпусами, в диаметральной плоскости каждого судна, по наружным бортам судов и на середине полуширины

корпусов в приповерхностном слое воды. Распространение имитатора нефтепродуктов фиксировалось видеосъемкой.

При выполнении экспериментов изменялась форма корпусов судов, расстояние между моделями, а также скорость потока и относительное смещение корпусов по длине.

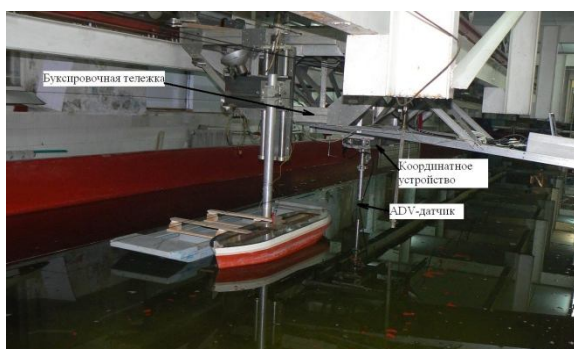
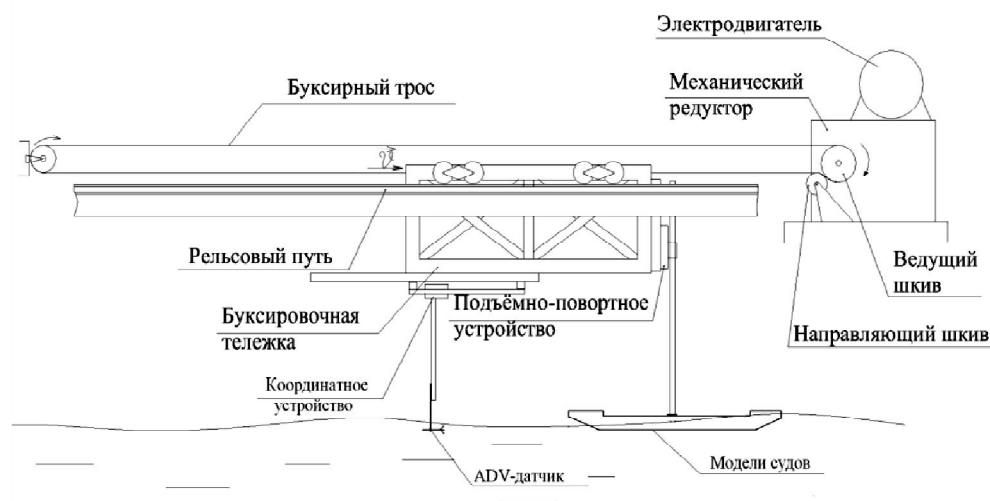


Рис. 1. Схема экспериментальной установки в опытовом бассейне ВГУВТ

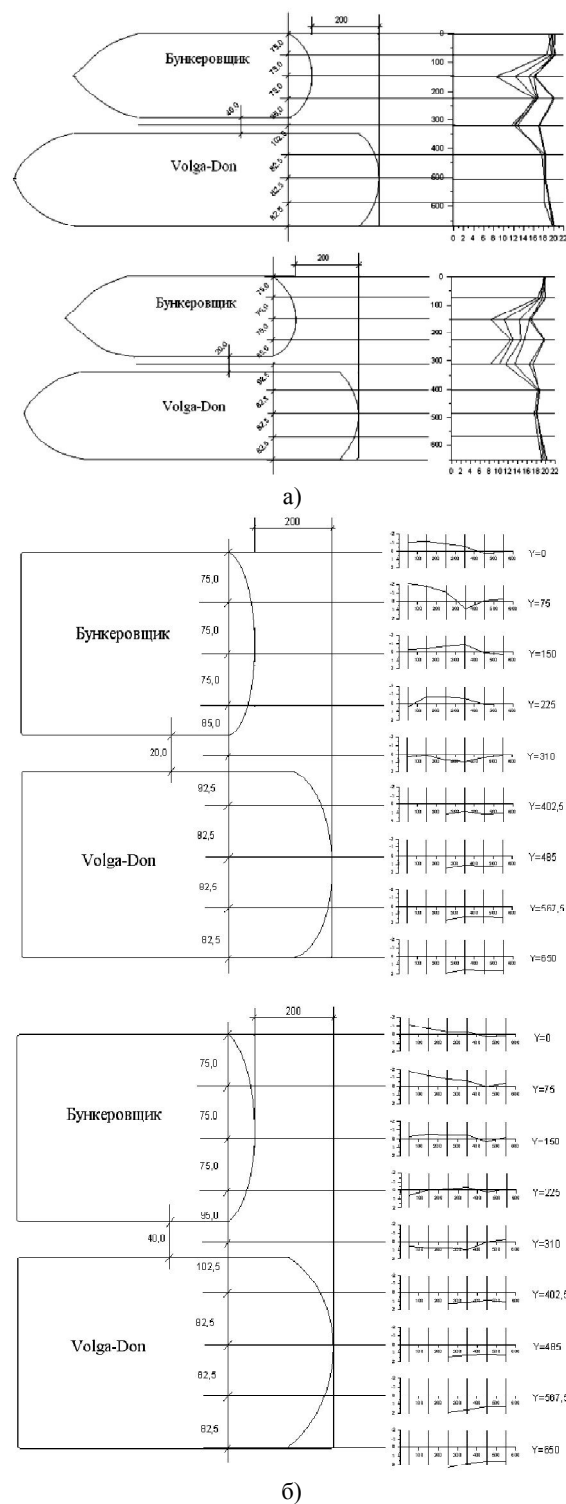
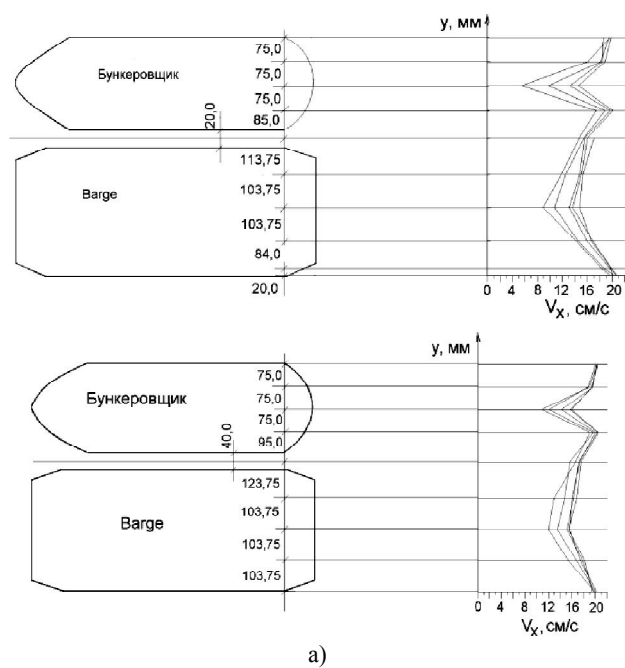
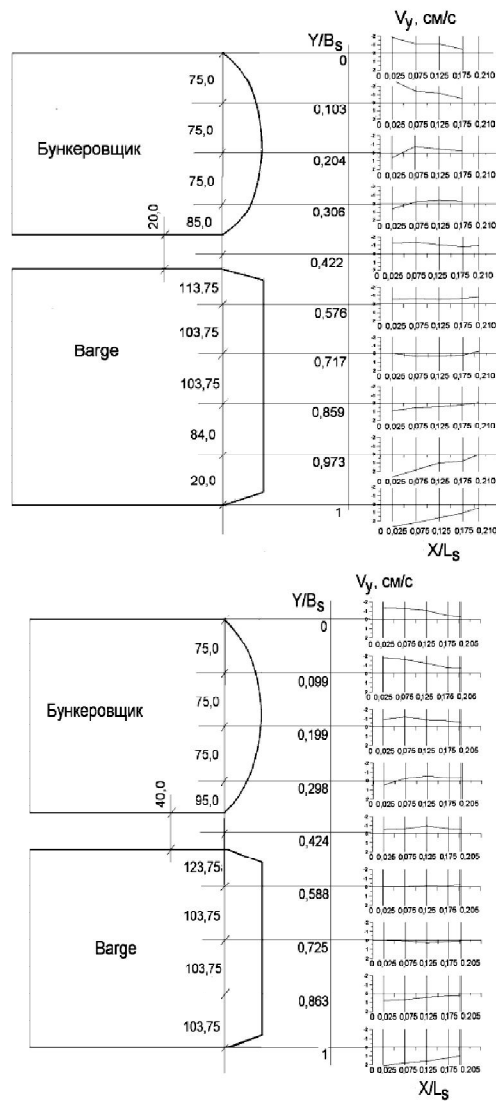


Рис. 2. Изменение продольных (а) и поперечных (б) составляющих скорости при относительном смещении корпусов по длине счала при межбортовом расстоянии $B_{мб}=20$ и $B_{мб}=40$ мм (соответствующих 1 и 2 м в натурных условиях)





б)

Рис. 3. Изменение продольных (а) и поперечных (б) составляющих скорости для счала из хорошо и плохо обтекаемого судов при различном расстоянии между корпусами судов при межбортовом расстоянии $B_{M0}=20$ и $B_{M0}=40$ мм (1 и 2 м. натурных условий)

Некоторые результаты измерений приведены на рис. 2, в виде графиков демонстрирующих изменение продольных (2а) и поперечных (2б) составляющих скорости при относительном смещении корпусов судов по длине счала и на рисунке 3 для счала из хорошо и плохо обтекаемого судов при различном расстоянии между корпусами судов при расстоянии между судами 20 и 40 мм (соответствующих 1 и 2 м в натурных условиях).

Из рассмотрения рис. 2 и 3 можно сделать вывод о том, что относительное смещение корпусов в продольном направлении существенно изменяет характер потока в кормовой части судов в счале. Профили скорости на рис. 2 показывают, что поток будет смещаться в сторону удалённого корпуса. Необходимо отметить, что для хорошо обтекаемых корпусов у смещенного корпуса происходит изменение знака профи-

лей скорости, чего не наблюдается, например, у сочетания плохо и хорошообтекаемого корпуса.

Также смоделировано движение имитаторов нефтепродукта на поверхности воды за корпусами счаленных судов (рис. 4 и 5) и сопоставлены результаты измерений скорости потока и видеозаписей движения пленки в кильватерном следе.

Анализ видеозаписей показал, что уменьшение расстояния между корпусами приводит к более «сильной» локализации загрязнителя в спутной струе за корпусом баржи (плохообтекаемого судна). Уменьшение скорости обтекания приводит к аналогичному результату, например, замечено, что при скоростях 0,11 м/с и расстоянии $b=0,0265$ (20 мм или в реальных условиях скорость – 0,5 м/с, расстояние – 1,2 м), загрязнитель локализуется за кормой плохообтекаемого корпуса.

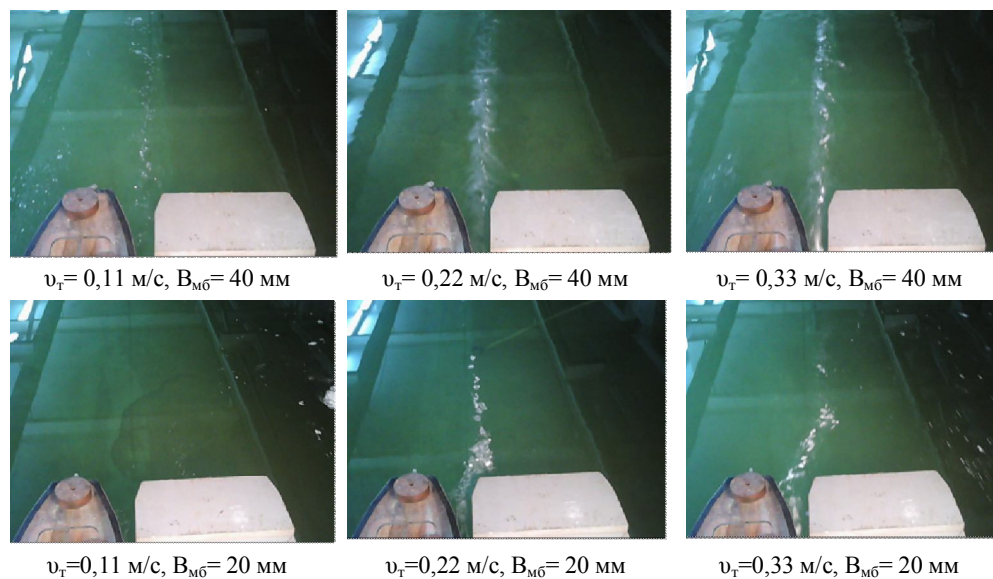


Рис. 4. Распределение имитатора загрязнителя в кормовой части счала при изменении скорости течения v_t и межбортового расстояния B_{m6}

Результаты лабораторных экспериментов показали, что влияние геометрии счала (расстояния между судами, продольное смещение, форма корпуса) сильнее всего проявляется в поперечной компоненте поля скорости обтекания. Кроме того, для моделей судов без обводов характер спутного (сонаправленного с движением судна) движения жидкости существенно зависит от расстояния между моделями.

Для моделей судов с упрощенными обводами характер спутного движения жидкости существенно зависит от расстояния между моделями. Так, увеличение расстояния между моделями с 20 и 40 мм, (натурное расстояние 1 и 2 м), и может приводить к значительному увеличению скорости спутного течения в раннем следе за судами в счале. Это в свою очередь свидетельствует о том, что нефтяное пятно на поверхности, двигаясь по направлению спутного следа, может быть задержано в некотором заранее предусмотренном месте недалеко от судна специальным оборудованием (параметры и конструкция которого могут быть заранее определены). В то же время при относительном продольном смещении корпусов такой картины на ранних возрастах следов (отношение расстояния, пройденного моделью, к длине самой модели) не наблюдается.

Таким образом по результатам выполненных лабораторных экспериментов можно сделать вывод о том, что изменение скорости потока и расстояния между корпусами

судов в счале существенным образом влияют на локализацию нефтяного пятна в спутной струе за корпусами судов. Предполагается, что на ограниченных акваториях рек для заданных комбинаций расположения судов в счале, можно будет снизить требования к использованию средств ЛРН и предотвратить перерастание разливов нефти в чрезвычайную ситуацию.

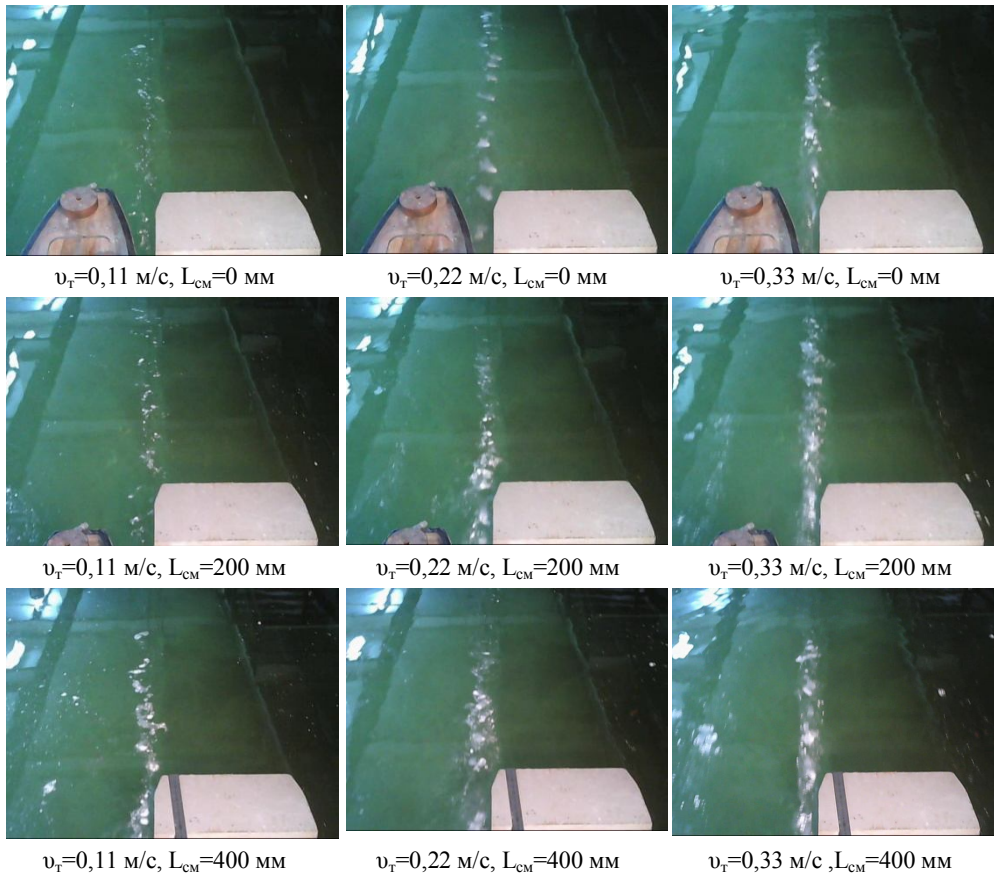


Рис. 5. Распределение имитатора загрязнителя в кормовой части счала при изменении скорости течения и относительного смещения корпусов судов L_{CM}

3. Натурные исследования потоков в кормовой части счала судов

Натурные исследования полей скоростей течений за судами на акватории р. Волга проводились 21.08.2015 с использованием ADCP WorkHorse Sentinel 600 kHz и видеосъемки. Измерения проводились для двух счаленных танкеров (проекты 765 т/х «СБ-643» и 866 т/х «Верный»), расстояние между корпусами от 0,8 до 2,5 м, при последовательных пересечениях потоков в кормовой части счала. Эксперимент проводился на рейде нефтеналивных судов – 917 км. р. Волга в районе Нижнего Новгорода. Счаленные суда были установлены на якоря и ориентированы вдоль руслового потока (носовыми частями – навстречу потоку), фоновая (невозмущенная счалом) скорость течения реки в данном месте составляет 0,5-0,7 м/с. На рис.6 показана конфигурация кормовой части счала и ход измерений полей скорости.

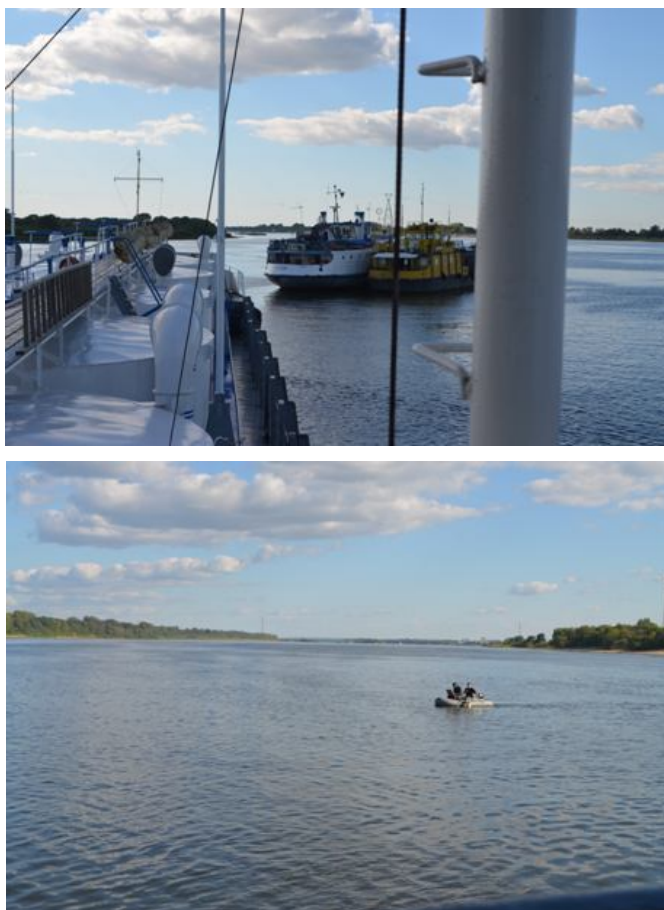


Рис. 6. Счал судов «СБ-643» и «Верный» и ход измерений полей скорости с помощью ADCP WorkHorse Sentinel 600 kHz

Методика проведения натурного эксперимента состояла в последовательных пересечениях потока на моторной лодке с ADCP за кормами судов (аналогично [13]), в направлениях поперечных к потоку, на различных расстояниях от кормы счала. При пересечениях производилась регистрация профилей трех компонент скорости потока. Позиционирование лодки, с которой производились измерения, производилось: 1) по данным донного следа (bottom tracking) ADCP, и его магнитного компаса, 2) с использованием лазерного дальномера Cosmo 100, 3) по данным GPG приемника. Размер измерительной ячейки по глубине составлял 0.5 м, по горизонтали около 5 метров. Результаты измерений для нескольких отдельных пересечений представлены на рис. 7, 8.

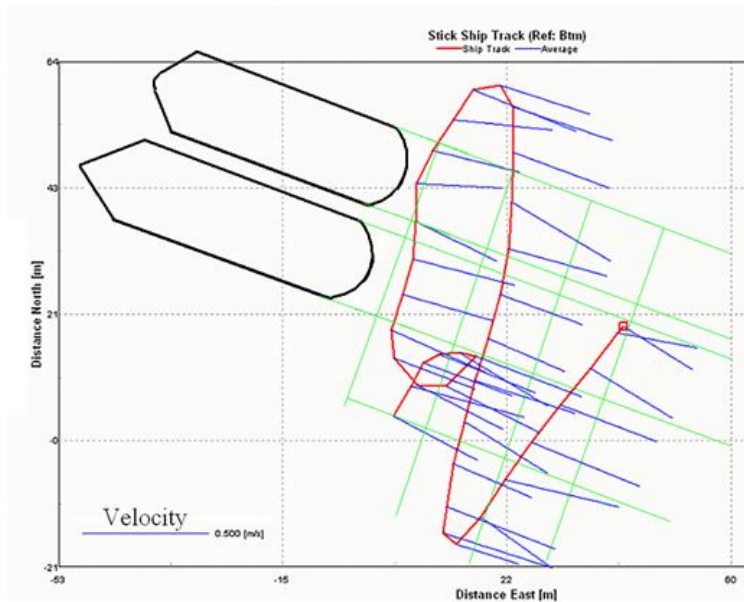


Рис. 7. Результаты измерений поля горизонтальных компонент скоростей течений за кормой счала. Красная линия – трек лодки, синие линии – двухкомпонентные вектора скорости потока

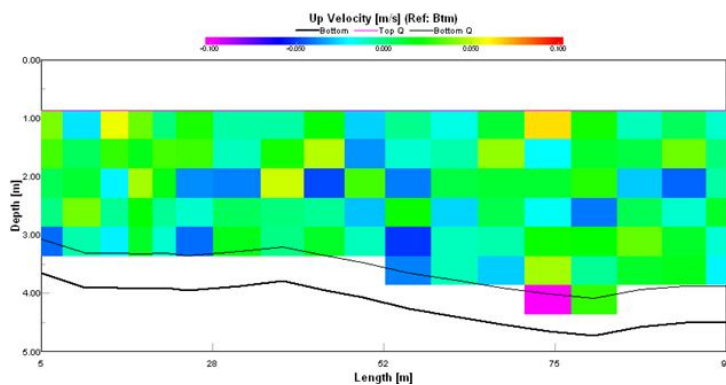


Рис. 8. Результаты измерений профилей вертикальной скорости потока, представленные в виде цветового контура, на первом разрезе за счалом (вертикальная ось – глубина, горизонтальная – расстояние)

На рис. 7 приведены три характерных пересечения потока за счалом. Красной линией изображен трек лодки по донному следу акустического профилографа течений (ADCP), синими линиями – вектора средней скорости, измеренные в верхнем слое (начиная с глубины около 1 м от поверхности воды). На рис. 8 показаны профили вертикальной скорости в цветовом виде, такая обработка данных позволяет контролировать трехмерную структуру потока.

И хотя для более детального изучения тонкой структуры течений за счалом требуется организация и проведение дополнительной серии натурных экспериментов (при различной геометрии счалов), которые планируются в дальнейшем, уже предварительный анализ данных измерений показал ожидаемое уменьшение средней скорости фоновго потока за корпусами, а также подобие характерной структуры течений, наблюдаемой в лабораторных условиях (см. выше). Натурный эксперимент показал принципиальную возможность переноса выводов, сделанных в ходе лабораторных

экспериментов на реальные условия, с учетом гидродинамического подобия потоков, а также возможность проверки сделанных выводов с использованием развитой методики натурного эксперимента.

Работа выполнена при частичной поддержке Русского географического общества (Соглашение 10/2016-И) и Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 14-08-31517 мол_а, 15-35-20992 мол_а_вед).

Список литературы:

- [1] «Организация борьбы с разливами нефти на внутренних водных путях»: монография / В.Л. Этин [и др.]. – Н. Новгород : Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – 244 с., составитель – Чебан Е.Ю.
- [2] Fay, J.A., The spread of oil slicks on a calm sea. In: Hoult, D.P. (ed.), Oil on the Sea. Plenum New York (1969) pp. 53–63.
- [3] Unni Hajime, Inone Ichiro. Initial behavior of oil slick. Journal Chem. Eng. Jap., 1978, vol. 11, N1, p. 13-18.
- [4] Г.К. Коротаев, В.А. Кровотынцев. Интегральная модель динамики нефтяного разлива.
- [5] Монин А. С., Красицкий В. П. Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 376с.
- [6] Журбас В. М. Основные особенности распространения нефти в море. // Итоги науки и техники. Механика жидкости и газа, М.: ВИНТИ. 1978. т. 12. с. 144-159
- [7] W.R.C. Phillips. On the Spreading Radius of Surface Tension Driven Oil on Deep Water. // Applied Scientific Research 57: 67–80, 1997. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- [8] Wu Jiankang a, T.S. Lee b,*, C. Shu Numerical study of wave interaction generated by two ships moving parallelly in shallow water b Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 190 (2001) 2099±2110.
- [9] Экспериментальное исследование растекания нефтепродуктов в кильватерных следах судов. / Чебан Е.Ю., Игони́на М.В., Капустин И.А., Мольков А.А. // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2016. (принята в печать)
- [10] Моделирование процесса растекания нефти при выполнении судами в счалах погрузо-разгрузочных операций (ПРО) / Чебан Е.Ю., Капустин И.А., Мольков А.А., Игони́на М.В. // Речной транспорт (XXI век). 2015. – № 5 (76) – с.42-47.
- [11] Предварительные результаты экспериментального исследования растекания нефти в кильватерных следах судов в счале. / Чебан Е.Ю., Игони́на М.В., Капустин И.А., Мольков А.А. // Труды 17-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2015». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Том 1. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015.–с.355-361. 7.
- [12] Моделирование растекания нефти в кильватерном следе судов. Постановка задачи и предварительные результаты. / Чебан Е.Ю., Капустин И.А., Мольков А.А., Игони́на М.В. // Материалы 11-ой Международной конференция пользователей ANSYS/CADFEM», г. Москва, 14-16 октября 2014г.
- [13] S. Ermakov, I. Kapustin, T. Lazareva Ship wake signatures in radar/optical images of the sea surface: observations and physical mechanisms // Proceedings of SPIE 9240: Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions; 92400N. 2014. doi:10.1117/12.2067367

RESEARCH OF OIL SPILL DYNAMICS IN VESSEL'S WAKE CURRENT GENERATED BY «SHIP TO SHIP» MOORING

E.Yu. Cheban, I.A. Kapustin, A.A. Molkov, M.V. Igonina

According to a statistical data the largest number of oil spill occurs in the oil handling operations. It requires special measures for preventing emergency situations from the small amount of oil spill. In this case need to create condition for predicted oil slick spreading in the predefined place with favorable environment for oil spill response operation. The special equipment with required parameters for these places needs to be predefined too.

An laboratories and on location study of velocities fields and oil simulator transfer's effects from «ship to ship mooring» is given. Different parameters of «ship to ship mooring» were observed, exactly: distance between vessels, flow velocities, displacements of vessels relative each other. Magnitudes of lateral velocities component are defined for different combinations of flow velocities, hull forms, distance between vessels and vessels' displacement are defined. An important role of a vessel's mutual disposition, which changes of the oil slick flow direction, is demonstrated. An increase of distance between vessels increases the velocity in wake current. Besides that a superposition velocity fields and oil simulator transfer are showed a good agreement.

Experimental results allow suggest that there is the optimal distance between vessels in «ship to ship mooring». It cans changes oil spill response technologies for the rivers raids for vessel's oil handling operations.

Статья поступила в редакцию 19.09.2016 г.

УДК 661.21.002.6

П.В. Яковлев, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «АГТУ»

Е.А. Горбанева, специалист по УМР 1 категории,

«Институт дистанционного образования» ФГБОУ ВПО «АГТУ»

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Ключевые слова: *транспортировка, высоковязкие жидкости, танк наливного судна, численное моделирование.*

Проведены численные моделирования поведения жидкости в процессе подогрева в объеме наливного танка при перевозке высоковязких жидкостей при применении легкой проницаемой горизонтальной перегородки, расположенной в объеме танка над подогревателями параллельной зеркалу свободной поверхности. Проведен анализ температурных полей.

Увеличение объемов добычи высоковязких нефтепродуктов (жидкостей) в Астраханском регионе (открытие новых месторождений) выдвигает на первый план способы транспортировки данных жидкостей к местам переработки или потребителю.

Учитывая расположение нашей области, одним из наиболее доступных и дешевых способов транспортировки является транспортировка водным транспортом.

При транспортировке в наливных танках возникает проблема поддержания температурного режима высоковязкой жидкости в заданных пределах, в связи с чем встает проблема изучения тепловых потоков внутри транспортируемой жидкости и гидродинамики пограничных слоев. Данный вопрос мало изучен и сложен с точки зрения гидравлики, теплофизики и теплотехники.

Изучение данной проблемы затруднено по причине большого разнообразия конструктивного исполнения емкостей, разнообразия и разнонаправленности теплопереноса внутри транспортируемой жидкости. При проектировании систем подогрева танка наливных судов и в процессе эксплуатации при разработке энергосберегающих мероприятий возникают определенные трудности, связанные с оценкой потерь тепловой энергии в окружающую среду.

Перенос тепла конвекцией и теплопроводностью, сложность и разнообразие исполнения корпуса судов относятся к ухудшающим условиям при исследовании процессов происходящих в объеме груза.

В результате проведенных натурных и численных экспериментов для высоковязких нефтепродуктов можно сделать вывод о значимости влияния и необходимости учета особенности теплообмена при расчете потерь тепла между жидкостью и ограждающими поверхностями танка.

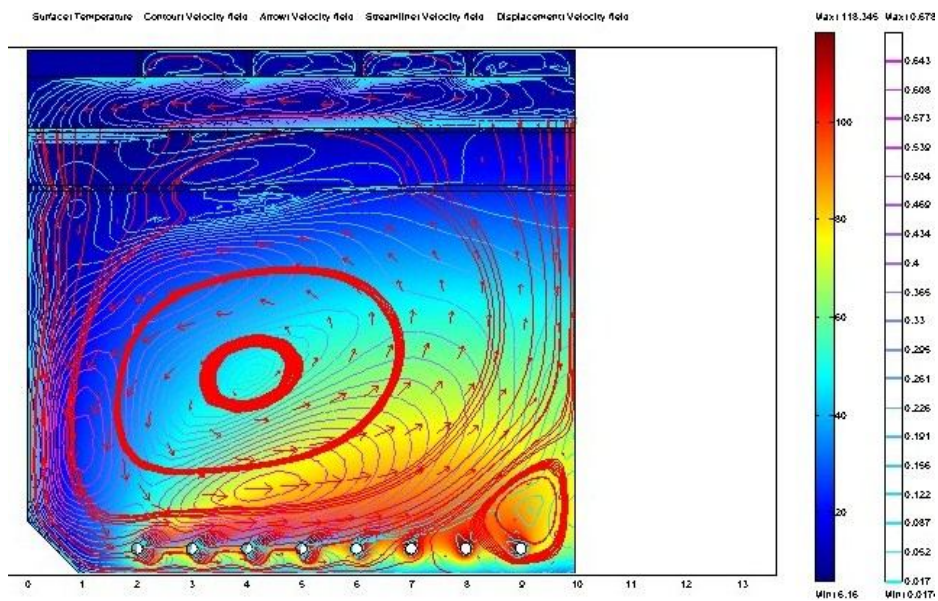
Проведенные исследования показали, что теплообмен определяется конструкцией судна, свойствами самой транспортируемой жидкости, начальными условиями, граничными условиями, а также режимом работы энергетической установки судна: нагрев, поддержание заданной температуры во время транспортировки или остывание жидкости.

Процесс свободно-конвективного движения груза внутри танка обусловлен поведением изотермического ядра. В результате действия сил Архимеда жидкость с большей плотностью опускается вниз, а с меньшей поднимается вверх [1], что для слоя неограниченной площади приводит к образованию известных ячеистых течений. Возникающие циркуляционные течения и граничные условия оказывают значительное влияние на картину поведения груза в процессе транспортировки. Формируется направленное течение груза вдоль зеркала свободной поверхности в направлении вертикальных охлаждаемых поверхностей с дальнейшим стеканием груза в придонную область и смещением в зону горячего груза над нагревателями, где груз заново нагревается и поднимется к свободной поверхности с дальнейшим движением вдоль нее в направлении вертикальных охлаждаемых поверхностей. В процессе данного свободно-конвективного движения груза формируется высокотемпературное ядро груза, внутри которого температура меняется крайне незначительно.

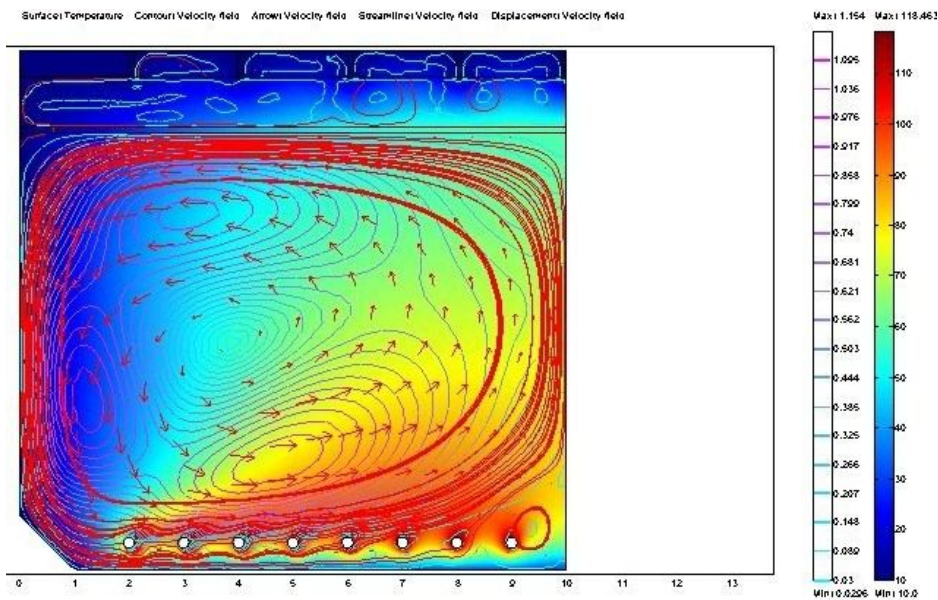
Основная масса жидкости представляет практически изотермическое ядро, и лишь вблизи вертикальных, наклонных и горизонтальных поверхностей, при условии, что последние направлены холодной стороной вниз, наблюдается слой с существенным градиентом температуры. Это необходимо учитывать при расчете потерь тепла и формировании температурного поля в танке.

Анализ температурных полей показывает, что у свободной поверхности жидкости образуется слой остывшего груза, и чем меньше интенсивность конвективного движения жидкости, тем остывший слой толще.

Принимая во внимание особенности теплообмена можно сделать вывод, что большая часть тепловых потерь через пограничный слой происходит за счет теплопроводности [2], что существенно снижает коэффициент теплопередачи (рис. 2). Толщина пограничного слоя для высоковязких жидкостей намного тоньше динамического – порядка $Pr^{0.25}$. Решая задачу снижения потерь тепла за счет повышения термического сопротивления со стороны груза, приходим к выводу, что на коэффициент теплоотдачи и далее, на термическое сопротивление борта в целом можно влиять, искусственно управляя пограничным слоем (рис. 1). Как показали проведенные исследования, необходимо также учитывать, что горизонтальная перегородка существенно влияет на поле скоростей груза и температурные поля.



а) Перегородка расположена под зеркалом свободной поверхности жидкости;



б) Перегородка расположена на зеркале свободной поверхности жидкости

Рис. 1. Влияние перегородки на толщину пограничного слоя у зеркала груза и степень конвективного движения груза

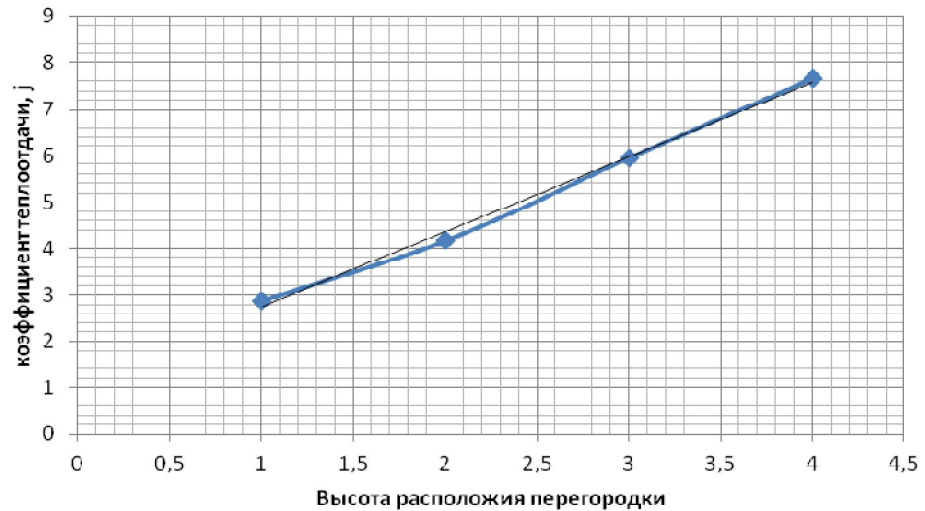


Рис. 2. Изменение коэффициента теплоотдачи в зависимости от высоты расположения перегородки

С точки зрения энергосбережения эффективно применение перегородки на высоте 4, 6 и 7 м, налицо эффект снижения затрат тепловой энергии, снижение установленной мощности подогревателей без увеличения общей массы и затрат на переоборудование существующих танков. Полученная графическая зависимость для коэффициента теплоотдачи показывает его устойчивый рост при снижении средней температуры груза танка. На фоне полученных результатов становится интересным применение ограждающей поверхности на зеркале груза, так как эффективность от применения перегородки на высоте 7 м по сравнению с 3 м составляет 35%.

При ламинарном режиме течения жидкости пользуются следующим выражением

$$Nu_{жс,х} = -\frac{\Theta'(0)}{\sqrt{2}} \cdot Gr_{жс,х}^{0,25} = C \cdot Ra_{жс,х}^{0,25} \quad (1)$$

где $\Theta'(0)$ – безразмерный градиент температуры на стенке;

C – коэффициент пропорциональности, зависящий от Pg .

На основе применения численных методов [3] к обработке опытных данных и к решению поставленной задачи позволили получить следующую зависимость $Nu=2 Ra^{0,6014}$, что не противоречит результатам полученных в [4]. Полученное уравнение существенно расширяет область применения решений для нахождения коэффициента теплоотдачи у свободной поверхности жидкости, что существенно облегчает расчеты тепловых потерь в процессе транспортировки и позволяет получить существенную экономию энергоресурсов.

Также на фоне полученных результатов становится актуальным исследование поведения груза при использовании перегородки в воздушном пространстве с одновременным использованием перегородки в объеме груза танка.

Список литературы:

- [1] Исследование теплообмена при горячеструйном подогреве нефтепродуктов в танках танкера. Отчет по НИР, Астрахань, Рыбвтуз, 1975.
- [2] Исследования и расчеты теплотерь в нефтеналивных судах // Материалы Всесоюзной конференции по совершенствованию технических средств нефтеперевозок. – Астрахань: Изд-во «Волга», 1968.

[3] Коздоба Л.А. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. – М.: Изд-во «Наука», 1975.

[4] Щербаков А.З. Транспорт и хранение высоковязких нефтей и нефтепродуктов с подогревом. Докторская диссертация, 1979.

THE HEAT TRANSFER PROCESS NUMERICAL MODELLING DURING THE HIGH VISCOSITY LIQUIDS TRANSPORTATION

P.V. Yakovlev, E.A. Gorbaneva

Keywords: transportation, high viscosity liquids, liquid tanker, numerical modeling

The liquid behaviour numerical modeling during heating in the liquid tank volume while transporting high viscosity liquids applying a light permeable barrier located in the tank volume above the heaters parallel to the free surface mirror is presented. The temperature fields analysis is also held.

Статья поступила в редакцию 16.06.2016 г.

Раздел IV

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



Section IV

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

УДК 656.62

Г.В. Веселов, профессор, д.э.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
В.И. Минеев, профессор, д.э.н., президент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.И. Корченкова, студентка ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.А. Шишкина, аспирантка ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК В КОРИДОРЕ СЕВЕР-ЮГ-СЕВЕР: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ключевые слова: речные контейнерные перевозки, характеристики, эффективность, контейнеры, лихтеры, лихтеровозы.

В статье рассматриваются вопросы организации контейнерных перевозок в Европе и центральной части России. Отмечается, что преимущества контейнеризации транспортировки генеральных грузов способствовали бурному строительству контейнеров и контейнеровозов. Вместе с тем в силу целого ряда причин перевозки контейнеров внутренним водным транспортом в центральной части России на сегодняшний день практически свернуты.

Наиболее трудоемкими перевозками на транспорте в мире является транспортировка мелкопартионных генеральных грузов.

Для концентрации мелкопартионных грузов в крупные грузопотоки с целью снижения затрат при их перевозке и осуществлении комплексной механизации перегрузочных работ, сокращения стоянок технических средств транспорта в пунктах обработки и сохранности мелкопартионных грузов широко используются в мире в качестве транспортной тары контейнеры разной грузоподъемности от 2 до 40 т.

Еще в 1961 г. Технический комитет 104 Международной организации по стандартизации разработал стандарты на контейнеры. Параметры основных типов контейнеров стандарта ISO приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры контейнеров стандарта ISO

Название	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Объем, м ³	Масса груза, кг
20-футовые					
Стандартный	6,08	2,44	2,59	33,3	21700
Рефрижератор	6,08	2,44	2,6	26,5	24000
Изолированный	6,06	2,44	2,59	32,6	21500
40-футовые					
Стандартный	12,9	2,44	2,59	67,2	26500
Высокий	12,19	2,44	2,90	76,0	26330
Рефрижератор	12,19	2,44	2,90	66,0	26280

Очевидные преимущества контейнеризации транспортировки генеральных грузов способствовали бурному строительству контейнеров и контейнеровозов. Общий девайт контейнеровозов к 2008 г. составил более 128 млн.т. Контейнеровозы строились,

в основном, на 2,5; 3; 3,5; 5,5; 6; 8; 10 тыс. контейнеров в 20-футовом эквиваленте (TEU), стоимостью от 40 млн. долларов [5].

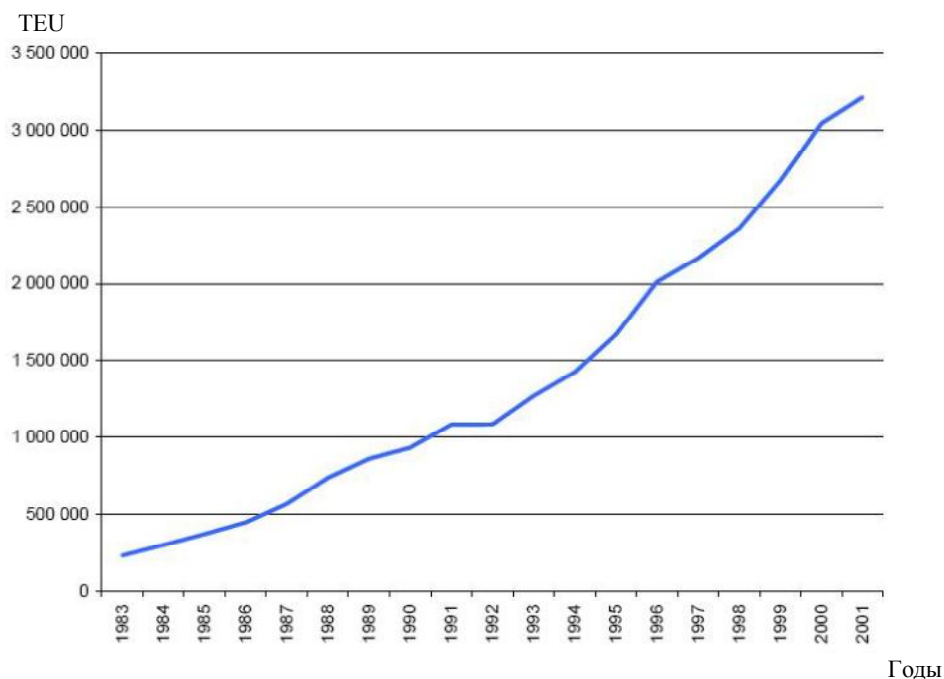


Рис. 1. Динамика речных контейнерных перевозок в Европе

Эффективность и целесообразность контейнерных перевозок подтверждает их рост по традиционным европейским водным маршрутам (рис. 1). С 1987 по 2000 годы объем перевозок грузов в контейнерах в Европе увеличился в 6 раз. Так, из порта Роттердам по р. Рейн ежегодно перевозится порядка 2 млн. TEU. Необходимо отметить, что суммарный контейнерооборот всего российского рынка в 2007 году составил около 5 млн. TEU. По рекам Франции перевезено в 2007 году 460 тыс. TEU, из них около половины по Рейну. Объем перевозок по Сене вырос в этом же году на 30%. На Дунае для перевозки контейнеров на линии Кремс – Констанца – Кремс используется грузовой теплоход с баржей-приставкой, общей вместимостью 222 TEU (рис. 2). При этом стоимость доставки контейнера на данной линии до портов Северного моря при 75% загрузке на треть ниже стоимости доставки по железной дороге.

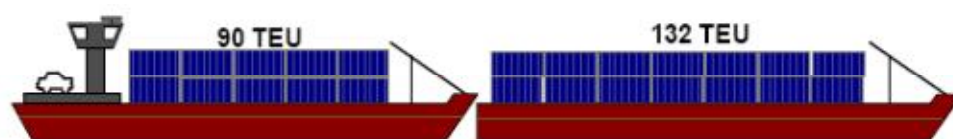


Рис. 2. Перевозка контейнеров на Дунае

Высокая эффективность транспортировки генеральных грузов в контейнерах, особенно на межконтинентальных перевозках, связана не только с увеличением контейнеровместимости судов, но и с ростом грузоподъемности контейнеров — лихтеров грузоподъемностью 346 т типа ЛЭШ и 1100 т типа ДМ (СИБИ).

Основные параметры контейнеров (лихтеров, иногда применяется термин «баржа») приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные характеристики лихтеров

Характеристики	Тип лихтера	
	ЛЭШ	ДМ (СИБИ)
Длина, м	18,74	38,25
Ширина, м	9,5	11,0
Высота, м	4,39	6,3
Грузоподъемность, т	376	1100
Осадка с грузом, м	2,71	3,3
Класс судна	II-СП	II-СП

В мире для транспортировки таких контейнеров – лихтеров были построены контейнеровозы – лихтеровозы типа ЛЭШ и СИБИ. Один из первых лихтеровозов в мире был построен в Японии «Акадия Форест» еще в 1969 г. Основные параметры таких судов – лихтеровозов приведены в таблице 3.

Естественно, что крупнотоннажные лихтеровозы используются главным образом высокоразвитыми промышленными странами на межконтинентальных линиях: США – Западная Европа, Южная Азия, Индонезия, Дальний Восток и т.д. Развиваются также перевозки на линии Северная Европа – Западная Африка.

С постройкой в 1978 г. для СССР лихтеровозов «Юлиус Фучик» и «Тибор Самуэли» началась эксплуатация их соответственно на линии Дунай – страны Юго-Восточной Азии и Дунай – Пакистан, Индия.

Таблица 3

Основные характеристики лихтеровозов

Характеристики	Значения характеристик		
	«Акадия Форест» Норвегия («Суми-тамо» Япония, 1960)	«Доктор Лайкс» США («Кунис и Шипбулдинг» США, 1972)	«Юлиус Фучик» СССР («Валмет» Финляндия, 1978)
Тип лихтеровоза	ЛЭШ	СИБИ	СИБИ
Длина, м	246,4	266,98	266,51
Ширина, м	32,5	32,26	35,0
Высота борта, м	18,29	22,8	22,95
Осадка с грузом	11,28	11,92	11,0
Дедвейт	44200	39000	36600
Лихтеровместимость, ед.	73	38	26
Контейнеровместимость, ед.	–	1784	5552
Мощность СЭУ, кВт	19130	26490	13235
Грузоподъемность перегрузочного устройства, т	500	2000	2700

Глобализация мировой экономики и рост промышленной продукции в мире обуславливают строительство контейнеров (лихтеров) и контейнеровозов (лихтеровозов) с целью снижения транспортных затрат по доставке мелкопартионных грузов на межконтинентальных перевозках. Доля контейнеровозов в составе флота в развитых странах мира составляет свыше 28% всего тоннажа, в развивающихся – 17%, а в десяти ведущих странах – свыше 54%.

Лихтеры типа ДМ в большей степени соответствуют условиям эксплуатации по внутренним водным путям в толкаемых составах в сообщении река-море-река. В Волжско-Камском бассейне на контейнерной линии Москва – Астрахань – Москва использовались катамараны со скоростью движения до 32 км/час.

Перспектива развития грузовой базы внутреннего водного транспорта и возможность переключения грузопотоков с других маршрутов транспортировки связаны с развитием международного транспортного коридора «Север-Юг».

По оценкам суммарный объем перевозок грузов между странами Европы с одной стороны и Индией и Ираном с другой составляет свыше 26 млн. тонн. Из указанного объема мелкопартионные и особенно контейнеропригодные грузы, могут быть переключены на МТК «Север-Юг» с транспортировкой внутренним водным транспортом.

Учитывая высокую конкурентную способность внутреннего водного транспорта, суммарный объем таких грузов составляет свыше 6 млн. тонн. Кроме того, более 1,0 млн. тонн грузов в контейнерах могут быть перевезены между среднеазиатскими и европейскими странами через внутренние водные пути.

К сожалению, с падением глубины на пороге нижних шлюзов Горьковского гидроузла крупнейшая водная магистраль оказалась разделена на две части. В результате перевозки контейнеров водным транспортом в промышленно-развитом центре России практически свернуты, что в условиях глобализации тормозит развитие международных торговых связей.

По предварительным исследованиям стоимость перевозок контейнеров внутренним водным транспортом в Волжско-Камском бассейне в 2–4 раза ниже по сравнению с транспортировкой их автомобильным транспортом.

Кроме того, использование водного транспорта позволит разгрузить автодороги, снизить объем выхлопных газов, снизить интенсивный износ дорог, повреждение грузов и т.д.

Решение проблемы контейнеризации в центре России тормозится не только из-за ограниченных глубин на пороге Горьковских шлюзов, но и отсутствием инвестиционных ресурсов у экономически слабых судоходных компаний в Волжско-Камском бассейне, значительная часть которых работает с убытком.

Для комплексного решения проблем, препятствующих развитию контейнерных перевозок по внутренним водным путям, Стратегией развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 года предусматривается ликвидация «узких мест» на внутренних водных путях Единой глубоководной системы европейской части РФ, разработка программы обновления судов речного флота и смешанного «река-море» плавания, создание тримодальных логистических центров.

Реализация мероприятий, предусмотренных Стратегией, позволит увеличить долю перевозок контейнеров в общем объеме перевозок внутренним водным транспортом до 1,6% или в 8 раз по сравнению с 2015 годом.

Список литературы:

- [1] Веселов Г.В., Костров С.В. Проблемы и направления формирования конкурентоспособных форм и способов организации грузовых перевозок на водном транспорте // Вестник СамГУПС. – 2012. – № 2.
- [2] Кацман Ф.М., Королева, Е.А. Международные коридоры. Отдельные проблемы и пути решения. – СПб.: СПГУВК, 2003. – 154 с.
- [3] Кац И. О макроэкономическом планировании и системе управления экономикой / И. Кац // Экономист. – 2013. – № 12. – С. 27–32.
- [4] Кучуков Р. Проблемы конкурентоспособного развития / Р. Кучуков // Экономист. – 2007. – № 8. – С. 25–37.
- [5] Лукьянович Н.В. Морской транспорт в мировой экономике. – М.: «Моркнига». – 2009. – 162 с.
- [6] Минеев В.И., Костров С.В. Обоснование эффективности комбинированных технологий и перевозок грузов водным транспортом // Научные проблемы транспорта Сибири и Д.Востока. – 2013. – № 1. – С. 3–5.

BULK CONSIGNMENTS CONTAINERIZATION EFFICIENCY IN THE CORRIDOR NORTH-SOUTH-NORTH: EXPERIENCE, PROBLEMS, EFFICIENCY

G.V. Veselov, V.I. Mineev, E.I. Korchenkova, M.A. Shishkina

Keywords: river container transportation, characteristics, efficiency, containers, lighters, lighter carriers.

The article deals with the container transportation organization in Europe and the central part of Russia. It is noted that containerization transportation benefits contributed much to the rapid containers and container carriers construction. Besides, for a number of reasons containers transportation by means of inland water transport in the central part of Russia is almost collapsed.

Статья поступила в редакцию 09.06.2016 г.

УДК 658.8

В.В. Крайнова, к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н.М. Гречко, к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

АНАЛИЗ ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ ФБУ «АДМИНИСТРАЦИЯ ВОЛГО-ДОНСКОГО БАСЕЙНА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ» НА УСЛУГИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ В 2017–2023 гг.

Ключевые слова: плановый тариф, вариантный тариф, услуги водоснабжения, водопотребители, насосные станции, затраты на ремонт, субсидии.

Для решения проблем финансирования ремонта и содержания насосных станций ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» предлагается пересмотреть тарифы на перекачку воды для водоснабжения и орошения. Предложена авторская модель, в которой рассматривается возможность роста тарифов и их влияние на увеличение стоимости услуг водоснабжения для сельских потребителей Волгоградской области.

Волго-Донской судоходный канал проектировался для обеспечения транзитного судоходства между бассейнами р.р. Волги и Дона с выходом в северные и южные моря страны.

Длина канала 101 км, из которых 45 км приходится на водохранилища общей площадью 84 кв. км.

Соответственно рельефу местности канал делится на три участка: Волжский склон – 21 км с 9-ю шлюзами, водораздельный бьеф – Варваровское водохранилище протяженностью 26 км, и Донской склон – 54 км с 4-мя шлюзами, на котором созданы два водохранилища – Береславское и Варваровское.

Водораздельный участок Волго-Донского канала расположен ближе к Волге и возвышается над её меженным уровнем на 88 м, а над уровнем Цимлянского водохранилища на 44 м.

Волго-Донской водораздел характеризуется исключительно неблагоприятными гидрологическими условиями. Весенний паводок на реках Червленной и Карповке настолько мал, что даже не покрывает потерь воды в бьефах канала на испарение.

В связи с этим основным источником водоснабжения канала служит Цимлянское водохранилище на р. Дон. Вода каскадом из трех насосных станций подается сначала на высоту 11 м в Карповское водохранилище, затем на 22 м из Карповского водохранилища в Береславское, из Береславского на 11 м в водораздельный бьеф – Варваровское водохранилище, а далее по Волжскому склону через шлюзы идет самотеком в Волгу и, частично, через шлюзы Донского склона возвращается в Дон. Общая производительность трех агрегатов каждой насосной станции 45 м³/с.

Техническим проектом Волго-Донского судоходного канала предусматривалось водопотребление в объеме около 600 млн. м³ для обеспечения судоходства, орошения, рыбного хозяйства и водоснабжения прилегающих к каналу районов, при котором:

- основным потребителем воды являлось судоходство: для питания шлюзов и покрытия потерь на испарение и фильтрацию из бьефов канала, в условиях расчетного маловодного года, с расходом около 500 млн. м³ воды в год;
- вторым крупным водопотребителем являлось сельское хозяйство, потребность которого в воде предусматривалась до 100 млн. м³ в год.

В девяностые годы забор воды на орошение начал снижаться, а на полив дачных и приусадебных участков, садоводческих обществ, на водоснабжение жилых поселков постепенно начал расти. Перекачка воды в тот период осуществлялась за счет средств федерального бюджета. С начала 2000-х годов ситуация изменилась. Перекачка воды для сторонних потребителей перестала относиться к основным видам деятельности учреждения и стала осуществляться на возмездной основе путем заключения договоров.

Для поддержания гидротехнических сооружений в эксплуатационном состоянии необходимо постоянно выполнять определённый комплекс работ по планово-предупредительному ремонту. Ежегодно на эти цели учреждению требуется от 3100 до 5500 тыс. руб.

В связи с тем, что учреждение не имеет финансовой возможности вовремя выполнять плановые ремонты, некоторые сооружения переходят в группу предаварийных с неудовлетворительным уровнем безопасности [2].

Для нормального функционирования насосных станций и поддержания насосных агрегатов в работоспособном состоянии необходимо ежегодно производить как минимум 2 капитальных и 4 текущих ремонта гидроагрегатов. Стоимость текущего ремонта одного насосного агрегата составляет 300–350 тыс. рублей, капитального – от 1000 до 1200 тыс. руб. Прекращение плановых ремонтов насосных агрегатов приведет к снижению необходимых объемов перекачки воды вплоть до ее прекращения.

Решить проблемы финансирования ремонта и содержания насосных станций можно путем пересмотра тарифов на перекачку воды для потребителей или увеличения субсидирования.

В предлагаемой модели рассматривается возможность роста тарифов и их влияние на увеличение стоимости услуг по водоснабжению для населения Волгоградской области [1].

Для обоснования изменения тарифов на питьевое водоснабжение и орошение на период с 2017 по 2023 годы была построена модель, учитывающая взаимосвязь тарифов для водопотребителей и расходов на перекачку воды насосными станциями, расходов, связанных с подготовкой воды для сельских потребителей. Тариф для водопотребителей определен с учетом тарифа МУП «По эксплуатации Калачевского группового водопровода Советского сельского поселения» по питьевому водоснабжению на 2017–2018 гг. и калькуляции стоимости затрат по подаче воды ФГУП «Орошаемое» [3].

Насосные станции НС-31, НС-32, НС-33 выполняют работу по перекачке воды (рис. 1), которая расходуется не только для орошения и водоснабжения. Большая часть воды используется для обеспечения судопропуска.

В модели (табл. 1) представлены объемы перекачки воды насосными станциями, расходы на орошение и испарение по соответствующим водохранилищам и Волжскому склону. По доле расхода воды в общем объеме перекачки (по насосным станциям) определена сумма расходов ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» на орошение и водоснабжение. Общая сумма расходов на орошение и водоснабжение составляет 41 572,38 тыс. руб. и должна быть покрыта из внебюджетных источников [4].

Таблица 1

**Модель определения расходов на орошение, водоснабжение
ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна
внутренних водных путей»**

	Перекачка воды на- сосными станция- ми, млн. куб.м	Расход во- ды на оро- шение и водоснаб- жение, млн. куб.м	Расход воды на испаре- ние, млн. куб.м	Всего на ороше- ние и испаре- ние, млн. куб.м	Доля рас- хода воды на ороше- ние, водо- снабжение и испаре- ние	Расходы на перекачку воды на- сосными станциями, тыс.руб.	Сумма расходов на орошение, водоснаб- жение и испарение, тыс.руб.
НС-31	354,9	5,2	42	47,2	0,132	64160,73	8533,07
НС-32	369	6,7	50	56,7	0,153	133345,38	20489,66
НС-33	293,4	17	40	57	0,194	64597,66	12549,65
Итого	1017,3	28,9	132	160,9		262103,78	41572,38

Исходя из этого в модель формирования тарифов для сельских водопотребителей Волгоградской области в 2017–2023 гг. (табл. 2) подставлены значения расходов на орошение и водоснабжение.

Плановые расходы канала (ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей») и объем реализуемой воды взяты условно постоянными на весь период с 2017 по 2023 годы (табл. 1) Погрешность расчета тарифа была определена путем сопоставления фактических данных на 2016 год и данных, полученных в модели. Ее величина составила 10%.

Рисунок 2 иллюстрирует динамику тарифов для сельских водопотребителей Волгоградской области в 2017–2023 гг. Динамика тарифов ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» обосновывается прогнозным ростом тарифов на электроэнергию в 2017–2023 гг. Электроэнергия по данным института проблем ценообразования и регулирования естественных монополий будет увеличиваться в 1,04 раза по отношению к предыдущему году. Рост тарифов на питьевую воду определен на основе анализа роста тарифа МУП «По эксплуатации Калачевского группового водопровода Советского сельского поселения», который составляет 1,04 по отношению к предыдущему году.

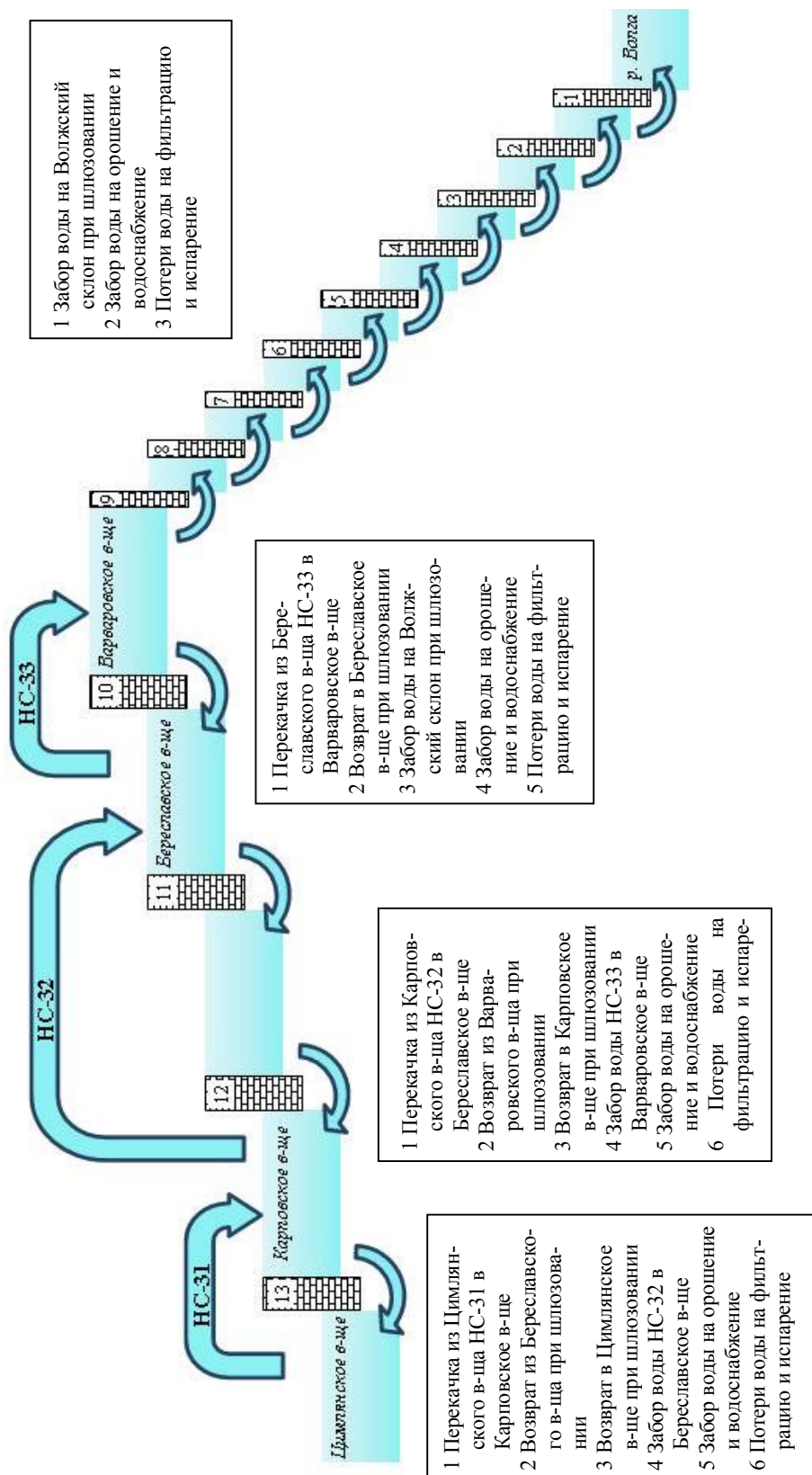


Рис. 1. Структура перекаченной воды

Таблица 2

**Модель формирования тарифов для сельских водопотребителей
Волгоградской области в 2017–2023 гг.**

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей»							
Объем реализуемой воды, 1000 куб. м	160 900,00	160 900,00	160 900,00	160 900,00	160 900,00	160 900,00	160 900,00
Расходы на орошение и водоснабжение, тыс. руб.	41 572,38	41 572,38	41 572,38	41 572,38	41 572,38	41 572,38	41 572,38
Себестоимость отпуска воды, руб./ куб. м	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Тариф на воду (насосная станция), руб./ куб. м	0,69	0,72	0,75	0,77	0,80	0,83	0,86
Доходы транспортировки воды, тыс. руб.	111 021,00	115 848,00	120 675,00	123 893,00	128 720,00	133 547,00	138 374,00
Сельские водопотребители Волгоградской области							
Рентабельность питьевого водоснабжения, %	7	7	7	7	7	7	7
Рентабельность технического водоснабжения, %	7	7	7	7	7	7	7
Себестоимость водоподготовки питьевой воды, руб./ куб. м	27,32	28,80	30,92	32,16	33,45	34,78	36,18
Себестоимость водоподготовки технической воды, руб./ куб. м	3,39	3,53	3,67	3,82	3,97	4,13	4,29
Тариф водопотребителей на отпуск питьевой воду, руб./ куб. м	29,97	31,59	33,89	35,23	36,64	38,11	39,63
Тариф водопотребителей на отпуск воды на орошение, руб./ куб. м	4,37	4,55	4,73	4,91	5,10	5,31	5,52

На основании предложенной модели спрогнозированы доходы ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» от транспортировки воды при вариантных тарифах в 2017–2023 гг. (табл. 3).

Вариантные тарифы составлены в диапазоне от 0,26 до 0,92 руб. за куб. м. Выбранный диапазон обусловлен минимальным значением фактического тарифа 2016 года и максимальным значением плановых тарифов на 2017–2023 гг. Шаг выбран 0,03 руб. за куб. м.

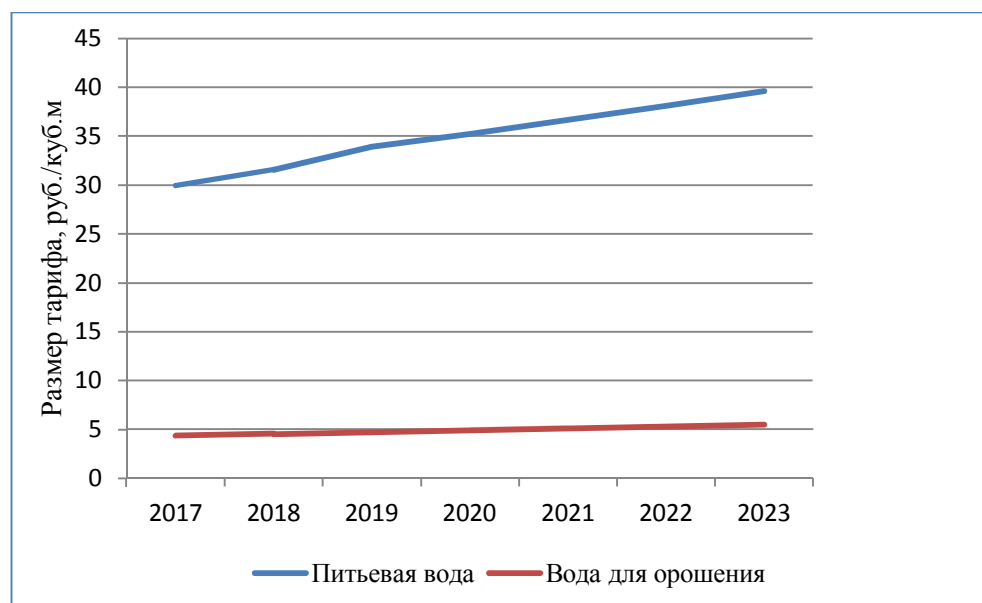


Рис. 2. Динамика тарифов для сельских водопотребителей Волгоградской области в 2017–2023 гг.

Таблица 3

Прогнозируемые доходы ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» от транспортировки воды при вариантных тарифах в 2017–2023 гг.

Годы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Объем транспортировки воды, тыс. куб. м	160 900	160 900	160 900	160 900	160 900	160 900	160 900
Вариантный тариф, руб./куб. м.	Прогнозируемые доходы от транспортировки воды, тыс. руб.						
0,26	41 834	41 834	41 834	41 834	41 834	41 834	41 834
0,29	46 661	46 661	46 661	46 661	46 661	46 661	46 661
0,32	51 488	51 488	51 488	51 488	51 488	51 488	51 488
0,35	56 315	56 315	56 315	56 315	56 315	56 315	56 315
0,38	61 142	61 142	61 142	61 142	61 142	61 142	61 142
0,41	65 969	65 969	65 969	65 969	65 969	65 969	65 969
0,44	70 796	70 796	70 796	70 796	70 796	70 796	70 796
0,47	75 623	75 623	75 623	75 623	75 623	75 623	75 623
0,50	80 450	80 450	80 450	80 450	80 450	80 450	80 450
0,53	85 277	85 277	85 277	85 277	85 277	85 277	85 277
0,56	90 104	90 104	90 104	90 104	90 104	90 104	90 104
0,59	94 931	94 931	94 931	94 931	94 931	94 931	94 931
0,62	99 758	99 758	99 758	99 758	99 758	99 758	99 758
0,65	104 585	104 585	104 585	104 585	104 585	104 585	104 585
0,68	109 412	109 412	109 412	109 412	109 412	109 412	109 412
0,71	114 239	114 239	114 239	114 239	114 239	114 239	114 239
0,74	119 066	119 066	119 066	119 066	119 066	119 066	119 066

Годы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0,77	123 893	123 893	123 893	123 893	123 893	123 893	123 893
0,80	128 720	128 720	128 720	128 720	128 720	128 720	128 720
0,83	133 547	133 547	133 547	133 547	133 547	133 547	133 547
0,86	138 374	138 374	138 374	138 374	138 374	138 374	138 374
0,89	143 201	143 201	143 201	143 201	143 201	143 201	143 201
0,92	148 028	148 028	148 028	148 028	148 028	148 028	148 028

Уменьшение доходов ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» при применении вариантных тарифов (в сравнении с прогнозными тарифами) в 2017–2023 гг. можно видеть в табл. 4.

Таблица 4

Уменьшение доходов ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» при применении вариантных тарифов в сравнении с прогнозными тарифами в 2017–2023 гг., тыс. руб.

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Прогнозный тариф, руб./куб. м	0,69	0,72	0,75	0,77	0,80	0,83	0,86
Вариантный тариф, руб./куб. м							
0,26	69 187	74 014	78 841	82 059	86 886	91 713	96 540
0,29	64 360	69 187	74 014	77 232	82 059	86 886	91 713
0,32	59 533	64 360	69 187	72 405	77 232	82 059	86 886
0,35	54 706	59 533	64 360	67 578	72 405	77 232	82 059
0,38	49 879	54 706	59 533	62 751	67 578	72 405	77 232
0,41	45 052	49 879	54 706	57 924	62 751	67 578	72 405
0,44	40 225	45 052	49 879	53 097	57 924	62 751	67 578
0,47	35 398	40 225	45 052	48 270	53 097	57 924	62 751
0,50	30 571	35 398	40 225	43 443	48 270	53 097	57 924
0,53	25 744	30 571	35 398	38 616	43 443	48 270	53 097
0,56	20 917	25 744	30 571	33 789	38 616	43 443	48 270
0,59	16 090	20 917	25 744	28 962	33 789	38 616	43 443
0,62	11 263	16 090	20 917	24 135	28 962	33 789	38 616
0,65	6 436	11 263	16 090	19 308	24 135	28 962	33 789
0,68	1 609	6 436	11 263	14 481	19 308	24 135	28 962
0,71		1 609	6 436	9 654	14 481	19 308	24 135
0,74			1 609	4 827	9 654	14 481	19 308
0,77					4 827	9 654	14 481
0,80						4 827	9 654
0,83							4 827
0,86							
0,89							
0,92							

Примечание: пустые ячейки соответствуют превышению вариантного тарифа над прогнозным.

Планируемое увеличение тарифов ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» приведет к увеличению расходов на оплату воды для водопотребителей Волгоградской области (табл. 5).

Таблица 5

Определение суммы увеличения расходов на оплату воды для сельских водопотребителей Волгоградской области при вариантных тарифах на 2017 год

Вариантный тариф ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутрен- них водных путей», руб./куб. м	Расчетный тариф на питьевую воду МУП «По эксплуатации Ка- лачевского группового водопровода Советско- го сельского поселе- ния», руб./куб. м	Расходы на опла- ту воды для сель- ских водопотре- бителей Волго- градской области, руб./мес.	Увеличение расходов на оплату воды для сельских водопотребителей Волго- градской области (в срав- нении с тарифом 2,73 руб./куб. м), руб./мес.
0,26	29,51	885,32	0,00
0,29	29,54	886,28	0,96
0,32	29,57	887,24	1,93
0,35	29,61	888,21	2,89
0,38	29,64	889,17	3,85
0,41	29,67	890,13	4,81
0,44	29,70	891,10	5,78
0,47	29,74	892,06	6,74
0,5	29,77	893,02	7,70
0,53	29,80	893,99	8,67
0,56	29,83	894,95	9,63
0,59	29,86	895,91	10,59
0,62	29,90	896,87	11,56
0,65	29,93	897,84	12,52
0,69	29,97	899,12	13,80
0,72	30,00	900,08	14,77
0,75	30,03	901,05	15,73
0,77	30,06	901,69	16,37
0,8	30,09	902,65	17,33
0,83	30,12	903,62	18,30
0,86	30,15	904,58	19,26
0,89	30,18	905,54	20,22
0,92	30,22	906,50	21,19

Примечание: жирным шрифтом отмечены плановый тариф, обоснованный ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей»

Выводы: В структуре перекаченной воды ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» забор всеми пользователями на орошение и хозяйственно-питьевое водоснабжение составляет менее трех процентов от общего объема перекаченной воды или около 16% с учётом потерь.

При установлении в 2017 году ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» тарифа на прогнозном уровне 0,69 руб./куб. м рассчитанный тариф МУП «По эксплуатации Калачевского группового водопровода Советского сельского поселения» составит 29,97 руб./куб. м. В результате расходы одного до-

мохозяйства в 2017 году на воду составят 899,12 рубля. Таким образом, увеличение расходов на воду составит 6,6% по сравнению с 2016 г., что составляет 55,66 рублей.

При максимальном прогнозируемом тарифе 0,86 руб./куб. м расходы одного домохозяйства Волгоградской области составят 904,58 рублей в месяц.

Список литературы:

- [1] Гусев Д.Е. Компьютерное моделирование транспортной системы / Д.Е. Гусев // Вестник ВГАВТ. Выпуск 9. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2004. – С. 137–140.
- [2] Крайнова В.В. Метод внутреннего контроля в судоходных компаниях / В.В. Крайнова // Вестник ВГАВТ. Выпуск 46. – Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016 – С. 108–121.
- [3] Крайнова В.В. Информационное обеспечение внутреннего контроля в судоходных компаниях / В.В. Крайнова // Вестник ВГАВТ. Выпуск 47. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016. – С. 132–136.
- [4] Лаврик А.А., Гречко Н.М. Аудит эффективности бюджетных организаций / А.А. Лаврик, Н.М. Гречко // Экономическое развитие России: тенденции, перспективы: сборник статей по материалам I Междун. научно-практич. студ. конференции: в 4 томах. – Н. Новгород: НГПУ им. Козьмы Минина. – 2015. – С. 164–167.

**THE FBU «VOLGO-DON BASIN INLAND WATERWAYS
ADMINISTRATION» TARIFF POLICY ANALYSIS
FOR THE WATER SUPPLY AND IRRIGATION SERVICES O
IN 2017–2023**

V.V. Krainova, N.V. Grechko

Keywords: planned rate, alternative rate, water supply services, water consumers, pumping points, repair costs, subsidies.

To solve the problem concerning the FBU «Volgo-Don Basin Inland Waterways Administration» pumping points repair and maintenance funding it is offered to revise the tariffs for pumping water for water supply and irrigation. The author's model deals with the growth rates possibility and its impact on the water supply services cost increase for Volgograd region villagers.

Статья поступила в редакцию 30.06.2016 г.

УДК 657.633.5:656.6

И.Ю. Кудрявцева, старший преподаватель, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Ключевые слова: *внутренний контроль, водный транспорт, предприятие, развитие.*

В статье обосновываются основные направления внутреннего контроля на предприятиях водного транспорта с учетом специфики и проблем функционирования отрасли. Раскрывается содержание внутреннего контроля по признаку функциональной направленности.

На современном этапе в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» и «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.» осуществляется активная деятельность, направленная на развитие современной и эффективной транспортной инфраструктуры, увеличение конкурентоспособности транспортного комплекса страны, повышение доступности услуг всех видов транспорта для населения, улучшение инвестиционного климата и развитие рыночных отношений на транспорте [3, 4].

Особое место в составе транспортной системы России занимает водный транспорт, обладающий рядом преимуществ, которые делают данную отрасль наиболее привлекательной: большая провозная способность на крупных реках страны, низкая себестоимость перевозок по сравнению с другими видами транспорта; невысокие капитальные затраты, обусловленные использованием естественных магистральных водных путей; низкие риски потери, повреждения, хищения грузов.

Анализ современного состояния предприятий водного транспорта позволил обозначить основные проблемы функционирования отрасли: сокращение протяженности внутренних водных путей не позволяет реализовать провозную способность флота, снижает конкурентоспособность водного маршрута; снижение спроса на грузо- и пассажироперевозки водным транспортом; сокращение материально-технической базы из-за высокого износа и низких объемов судостроения; низкая инвестиционная привлекательность отрасли; отток профессиональных кадров из отрасли; снижение экологической безопасности судоходности [6, 8].

Таким образом, очевидна острая необходимость реформирования отрасли, направленная на повышение конкурентоспособности предприятий водного транспорта, превращение внутреннего водного транспорта в высокоэффективную и устойчиво функционирующую отрасль транспортной системы.

Успешное проведение реформирования предприятий речного транспорта зависит от использования целого набора рыночных инструментов, важнейшим среди которых является внутренний контроль.

Изучение организации действующей системы контроля на предприятиях водного транспорта показало, что внутренний контроль осуществляется не в полном объеме и неэффективно. Так, большинство предприятий речного транспорта созданы в форме акционерных обществ, где традиционной формой контроля является ревизия [7, 9]. Но изменение направленности экономики от централизованного планирования к рыночным отношениям привело к тому, что ревизия, как форма внутреннего контроля, утратила свою актуальность и перестала считаться основным инструментом наблюдения за корректным использованием средств организации.

Поэтому становится очевидной необходимость организации качественного внутреннего контроля, соответствующего мировым стандартам, который будет направлен не только на обеспечение сохранности имущества и ресурсов предприятия, но и на реализацию стратегических целей и задач предприятия, на предотвращение рисков его деятельности и снижение последствий от их возникновения, предупреждение злоупотреблений со стороны работников предприятия [5].

Необходимость развития внутреннего контроля на предприятиях водного транспорта также обусловлено изменением Российского законодательства в области бухгалтерского учета. В соответствии со ст. 19 Федерального закона от 06.11.2011 № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» каждый экономический субъект обязан организовать и осуществлять внутренний контроль за совершаемыми фактами хозяйственной жизни, а если отчетность экономического субъекта подлежит обязательному аудиту, обязан организовывать и осуществлять внутренний контроль ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности [1].

Развитие внутреннего контроля на предприятиях водного транспорта должно осуществляться на базе всестороннего анализа современного состояния и проблем развития транспортной системы.

По мнению автора, специфика и проблемы функционирования отрасли определяют основные направления развития внутреннего контроля. На рисунке 1 представлено содержание видов внутреннего контроля по функциональной направленности: административно-управленческого, правового, материально-технического, производственно-технологического, инвестиционного, кадрового, пожарного, экологического (рис. 1).

Административно-управленческий контроль – это один из главных инструментов разработки политики и принятия управленческих решений, которые обеспечивают стабильное функционирование предприятия, достижение его целей в текущем периоде, а также в долгосрочной перспективе. Основными направлениями развития административно-управленческого контроля на предприятиях речного транспорта являются:

- контроль выполнения производственной программы и текущих планов;
- контроль сохранности и эффективности использования ресурсов предприятия;
- контроль адаптации предприятия к изменениям во внешней и внутренней среде;
- оценка эффективности функционирования предприятия, его устойчивости, в условиях развивающейся конкуренции, выявление факторов, отрицательно влияющих на основные показатели деятельности предприятия.

Материально-технический внутренний контроль направлен на оценку средств производства транспортного процесса, уровень его организации и технологии. Среди основных направлений материально-технического контроля можно выделить следующие элементы:

- контроль деятельности портов. Объектами контроля являются причальные и ограждающие гидротехнические сооружения, железнодорожные пути, внутренний транспорт и производственные здания, погрузо-разгрузочные механизмы и оборудование, складские помещения;
- контроль транспортного флота, в том числе занятого перевозкой грузов и пассажиров; служебно-вспомогательного флота, занятого буксировочными швартовными операциями; технического флота, предназначенного для создания и поддержания необходимых глубин на подходных каналах и в портах; специального, осуществляющего аварийно-спасательные и противопожарные работы;
- контроль на предприятиях, поддерживающих в исправном техническом состоянии суда путем их ремонта и докования;
- контроль путевых хозяйств, в том числе дноуглубительных и дноочистительных снарядов, средств навигационного ограждения (буи, створы, маяки), береговые радиолокационные станции и т.д.;
- контроль средств связи и электронавигации, обеспечивающие безопасность плавания и связь между отдельными судами и пароконствами;
- контроль материально-технического снабжения на предприятиях речного транспорта. Данный вид контроля необходимо проводить по двум направлениям – контроль материального обеспечения предприятия необходимыми материальными ресурсами, а также контроль с позиции экономической целесообразности материального обеспечения данными видами ресурсов в определенном количестве и качестве в данный момент времени в нужном месте.

Эффективность функционирования предприятия и его экономическое развитие в большей степени зависит от совершенствования в организации производственно-технологических процессов.

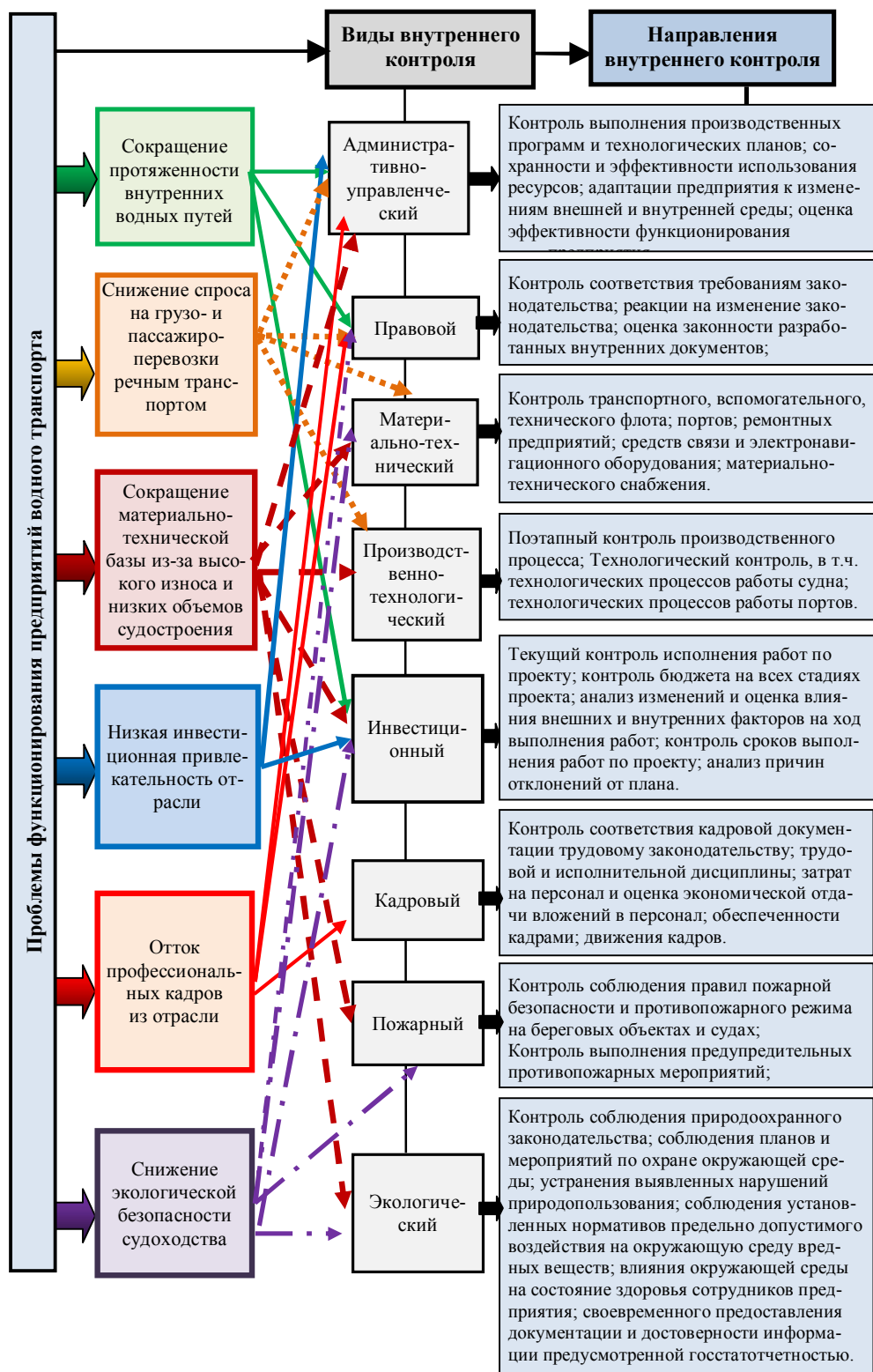


Рис. 1. Обоснование направлений развития внутреннего контроля с учетом отраслевой специфики и проблем развития водного транспорта

Производственный процесс на предприятиях водного транспорта заключается в транспортировке грузов и пассажиров и состоит из нескольких последовательных этапов:

1 этап – начальный, включает все операции с момента приобретения пассажирами билетов или предъявления грузов отправителем до момента отхода судна из порта;

2 этап – основной – перемещение судами грузов и пассажиров до точки назначения;

3 этап – заключительный – включает в себя все операции с момента прибытия судна в порт назначения до передачи грузов получателю и высадки пассажиров.

Все этапы производственного процесса находятся в тесной взаимосвязи, последовательно сменяют друг друга, отражая единство транспортно-производственного процесса, которые осуществляются основными производственными подразделениями речного транспорта – флотом и портами, а также иными предприятиями, которые обеспечивают бесперебойную работу основных производственных подразделений – судоремонтными заводами, бункерными базами, вспомогательными судами и др. Производственный процесс на речном транспорте подразделяется на технологические процессы в работе его производственных подразделений. Каждому предприятию свойственен свой технологический процесс работы, состоящий из отдельных рабочих процессов, которые, в свою очередь, подразделяются на отдельные операции.

Производственно-технологический контроль должен осуществляться на всех этапах производственного процесса и должен охватывать все технологические процессы предприятий речного транспорта.

Следует выделить следующие основные направления технологического контроля:

- контроль технологических процессов работы судов, таких как подача под погрузку, стоянка под погрузкой, подготовка к рейсу, выход из порта, движение судна;

- контроль технологических процессов портов – прием грузов к перевозке, подготовка порта к приему судов, погрузка судов в порт, подготовка порта к отходу судна.

Главным ресурсом каждого предприятия являются кадры, от качества и эффективности работы которых во многом зависят результаты деятельности предприятия и его конкурентоспособность на рынке. Кадровый состав предприятия приводит в движение материально-вещественные элементы производства, оказывает услуги и создают прибавочный продукт в форме прибыли, поэтому необходимо грамотное управление кадровым потенциалом предприятия, которое невозможно без осуществления кадрового контроля.

Кадровый контроль направлен на оценку соответствия системы управления персоналом стратегии, целям и особенностям бизнеса предприятий водного транспорта, а также направлен на оптимизацию использования кадрового состава.

Кадровый контроль необходимо осуществлять по следующим направлениям:

- контроль соответствия кадровой документации требованиям трудового законодательства;

- контроль трудовой дисциплины, т.е. выполнение сотрудниками правил внутреннего распорядка;

- контроль исполнительской дисциплины – соблюдение требований должностных инструкций, регламентов, приказов, положений, указаний, регулирующих деятельность конкретного сотрудника, а также устных распоряжений руководителя;

- контроль прямых и косвенных затрат на персонал предприятия, таких как фонд оплаты труда, затраты на подбор, обучение, повышение квалификации персонала, оборудование и переоборудование рабочих мест;

- оценка экономической отдачи от вложений в персонал;

- контроль обеспеченности предприятия высококвалифицированными кадрами, оценка потребности в этих кадрах;

- контроль движения кадров.

Особым видом внутреннего контроля, которому в настоящее время на предприятиях водного транспорта не уделяется должного внимания, является *инвестиционный внутренний контроль*.

Необходимость привлечения инвестиций на предприятиях водного транспорта обусловлена реформированием всех основных направлений деятельности отрасли: обновление материально-технической базы флота, модернизация и постройка новых судов, портов, судостроительных и судоремонтных предприятий, соответствующих новым требованиям экологической безопасности, внедрение новых транспортных технологий, повышающих эффективность деятельности предприятий отрасли и др.

Под инвестиционным внутренним контролем следует понимать организуемый внутри предприятия процесс проверки исполнения и обеспечения реализации всех управленческих решений в области инвестиционной деятельности с целью реализации инвестиционной политики, инвестиционных программ.

Инвестиционный внутренний контроль включает в себя: текущий контроль исполнения работ по инвестиционному проекту, контроль бюджета на всех стадиях проекта, анализ изменений и оценку влияния внутренних и внешних факторов жизнедеятельности предприятия на ход выполненных работ по проекту, контроль изменения планов инвестиционных проектов с учетом новых условий функционирования предприятия, контроль сроков выполненных работ по проекту, анализ причин отклонений от плана.

Анализ статистических данных Государственной противопожарной службы свидетельствует о том, что водный транспорт является одной из наиболее пожароопасных отраслей экономики. На судах, в портах и предприятиях водного транспорта обращаются десятки тысяч тонн различных материалов с повышенным уровнем пожароопасности, в том числе применяются сотни наименований жидких, газообразных и взрывоопасных веществ, материалов и изделий. Особое внимание необходимо обратить на суда, находящиеся на стадии ремонта или утилизации: на причалах и в отстое на акватории заводов находятся суда с высоким пожароопасным потенциалом, с полностью или частично демонтированным или разукomплектованными пожарными системами и оборудованием, что повышает угрозу возникновения пожаров и отрицательного воздействия на окружающую среду.

Любое нарушение правил пожарной безопасности приводит не только к потере имущества в результате пожаров, но и к применению штрафных санкций и приостановлению деятельности организации.

Внутренний пожарный контроль предприятий водного транспорта заключается в организации контроля за соблюдением правил пожарной безопасности и противопожарного режима на береговых объектах и судах, а также контроля за выполнением предупредительных противопожарных мероприятий.

Неблагоприятная экологическая обстановка и ужесточение мер ее государственного регулирования предопределило развитие на предприятиях водного транспорта внутреннего экологического контроля. *Экологический контроль* направлен на оценку состояния деятельности предприятия по обеспечению рационального природопользования и охраны окружающей среды от вредных воздействий, соответствия требованиям экологического законодательства, выявления существующих экологически значимых проблем. В качестве основных направлений внутреннего экологического контроля можно выделить следующие:

- контроль соблюдения действующего законодательства по охране окружающей среды;
- контроль соблюдения природоохранных планов и мероприятий;
- контроль устранения выявленных нарушений природопользования;
- контроль соблюдения установленных нормативов предельно допустимого отрицательного воздействия на окружающую среду вредных веществ;

- контроль влияния окружающей среды на состояние здоровья работников предприятия;
- контроль своевременного предоставления установленной документации и достоверности отраженной в ней информации, предусмотренной госстатотчетностью.

Таким образом, по мнению автора, построение внутреннего контроля на предприятиях водного транспорта, с учетом специфики и проблем функционирования отрасли, будет охватывать все стороны деятельности этих предприятий и способствовать повышению эффективности их деятельности, а значит, и отрасли в целом.

Список литературы:

- [1] Федеральный закон «О бухгалтерском учете» от 06.12.2011 № 402-ФЗ // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/popular/buch/53_2.html.
- [2] Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации» от 07.03.2001 № 24-ФЗ // Справочно-правовая система КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=184307>
- [3] Постановление Правительства РФ от 05.12.2001 № 848 «О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=187252>
- [4] Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 №1734-р «О транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82617/
- [5] Крайнова В.В. Анализ зарубежного законодательства по организации внутреннего контроля / В.В. Крайнова // Вестник ВГАВТ. Выпуск 41. – Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2014 – С. 228–234.
- [6] Крайнова В.В. Построение системы внутреннего контроля при подготовке финансовой отчетности в организациях внутреннего водного транспорта / В.В. Крайнова // Вестник ВГАВТ. Выпуск 41. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ». – 2014 – С. 234–243.
- [7] Крайнова В.В. Инвентаризация как основной метод фактического контроля в организациях внутреннего водного транспорта / В.В. Крайнова, Р.С. Крайнов // Вестник ВГАВТ. Выпуск 42. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ». – 2015 – С. 197–205.
- [8] Крайнова В.В. Концептуальная модель системы внутреннего контроля в организациях внутреннего водного транспорта / В.В. Крайнова // Управленческий учет. – 2015 – № 2. – 71–80.
- [9] Крайнова В.В. Распределение ответственности и полномочий – важнейшее средство внутреннего бухгалтерского контроля в судоходных компаниях / В.В. Крайнова, Р.С. Крайнов // Вестник ВГАВТ. Выпуск 43. – Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ». – 2015 – С. 204–211.

WATER TRANSPORT INTERNAL CONTROL DEVELOPMENT SUBSTANTIATION

I.Yu. Kudryavtseva

Keywords: internal control, water transport, enterprise, development

In this article the main water transport internal control directions considering the industry functioning problems and specificity are substantiated. The notion's content is revealed in relation to its functional purpose.

Статья поступила в редакцию 07.04.2016 г.

УДК 338.012

О.Л. Трухинова, старший преподаватель ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МЕТОДЫ ВЫБОРА РЕШЕНИЙ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Ключевые слова: *проблемная ситуация, выбор решений, критерии, стратегия, поведенческая модель заказчика, целевые показатели, структурные показатели.*

В процессе реализации инвестиционного проекта возникает проблема выбора исполнителя, который сможет выполнить требования заказчика и успешно осуществить цели проекта. Данная проблема обусловлена необходимостью принятия управленческих решений в условиях многокритериальной задачи. Современные исследования используют методы, которые могут быть применены в процессе выбора исполнителя.

В связи с экономическим кризисом наблюдается замедление роста инвестиционной активности в российской экономике. Заметно падение прямых иностранных инвестиций, которые в 2015 году снизились на 92% по сравнению с предыдущим годом [1]. За 2015 год произошло снижение ВВП на 3,7%, при этом доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей во внутреннем валовом продукте за 2011–2015 гг. почти не изменилась и составила в 2015 году только 21,5% [2]. Ухудшение экономической обстановки в инвестиционной деятельности обусловлено такими факторами как снижение потребительского спроса, волатильность рубля, рост инфляции, нестабильность работы банковского сектора, затруднения в привлечении заемного капитала.

Вместе с тем, нарастает негативное влияние макроэкономической ситуации на государственные инвестиции, в особенности связанные с поддержкой инновационных проектов. Приостановка или сокращение финансирования таких проектов в связи с ростом неопределенности и рисков наблюдается и среди частных инвесторов.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов, связанных с кризисом, возникают проблемы в сфере инновационно-инвестиционной деятельности, которые выражаются, прежде всего, в множественности вариантов проектов и их исполнителей, что обуславливает необходимость выбора среди них наиболее эффективной альтернативы. При этом в рыночных условиях возникают предпосылки для конкуренции между исполнителями и применения конкурсных методов выбора в процессе принятия инвестиционных решений.

Выбор является действием, снимающим неопределенность, придает деятельности по принятию решений целенаправленность.

Процесс выбора состоит из двух этапов: 1) выбор альтернативы (возможного варианта действий) как информационный процесс, который может повторяться неоднократно; 2) реализация выбора как материальный процесс, который приводит к определенным последствиям и является однократным.

В соответствии с требованиями национального стандарта менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9004–2010 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации» организации обязаны устанавливать процедуры процесса выбора и оценки исполнителей.

Задача выбора исполнителя инвестиционного проекта характеризуется тем, что предпочтения лица, принимающего решение (ЛПР) – заказчика заранее определены и известны, и из множества сравниваемых вариантов решений требуется выделить один, наиболее отвечающий установленным заказчиком предпочтениям. Предпочтения обычно описываются числовыми функциями, называемыми критериями.

Рассмотрим разновидности задач выбора в соответствии с теорией принятия решений [3, 4, 5]. В соответствии с приведенной в табл. 1 классификацией задача выбора исполнителя инвестиционного проекта может быть определена следующим образом (выделено курсивом).

Таблица 1

Классификация задач выбора решений и определение вида задачи выбора исполнителя инвестиционного проекта

Признаки классификации	Виды задач выбора решений и выбор исполнителя инвестиционного проекта
по количеству равноправных ЛПР	<i>индивидуальная</i>
	<i>групповая</i>
по условиям принятия решения	<i>в условиях определенности</i>
	<i>в условиях неопределенности</i>
	<i>в условиях риска</i>
	<i>в условиях конфликта</i>
по количеству критериев	<i>однокритериальная</i>
	<i>многокритериальная</i>
по требованиям, предъявляемым к результату	<i>выбор единственного варианта</i>
	<i>выбор нескольких вариантов</i>
в зависимости от полноты и характера описания исходных данных	<i>неструктуризованная (выражается качественно с описанием важнейших исходных факторов, количественные зависимости между которыми неизвестны)</i>
	<i>слабо структуризованная (качественные и количественные описания исходных данных с доминированием качественных неопределенных факторов)</i>
	<i>хорошо структуризованная (формулируется количественно)</i>
в зависимости от возможностей и полноты количественного описания задачи выбора решений	<i>с полным математическим описанием исходных данных, условий, критериев и принципов оптимальности решений</i>
	<i>с полным математическим описанием исходных данных, условий и качественным описанием критериев и принципов оптимальности</i>
	<i>с математическим описанием основных ресурсных исходных данных и качественным описанием условий, критериев и принципов оптимальности решений</i>

Процесс принятия решения включает в себя этапы, выстроенные в соответствии с определенной последовательностью действий ЛПР. В общем виде любая проблема принятия решения состоит из трех компонентов: исходная ситуация, возможные решения и последствия этих решений. Они характеризуют проблему выбора и принятия решения.

Принятие решения происходит в результате анализа, который состоит из нескольких последовательных стадий: предварительный анализ, структурный анализ, анализ неопределенности, анализ полезности или ценности, процедуры оптимизации. Такая последовательность процесса принятия решения, предложенная Р. Кини и Х. Райфом («парадигма анализа решения») [3, с. 18–20], представляется наиболее предпочтительной для обеспечения постановки задачи выбора оптимального решения и нахождения результата, удовлетворяющего заказчика. Вместе с тем считаем необходимым дополнить процесс, включив этап принятия решения и соотнесения выбранной альтернативы исходным целям. Таким образом, получаем циклический процесс анализа проблемы принятия решения, представленный на рис. 1.

Одной из наиболее сложных задач, встающих перед заказчиком в процессе принятия решения, является выбор критериев для оценки альтернатив.

Однако в случае выбора исполнителя инвестиционного проекта задача является многокритериальной и требует сопоставления критериев с учетом их важности и предпочтительности (например, оценивается взаимосвязь «цена-качество»), что осложняет процесс принятия решения.

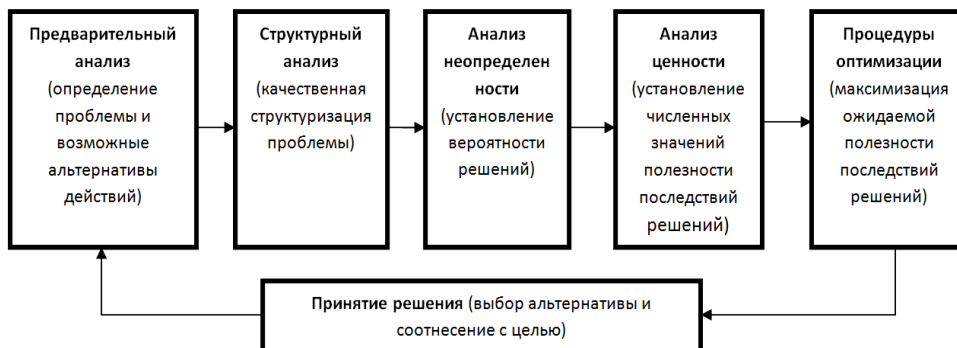


Рис. 1. Цикл анализа проблемы принятия решения (по Р. Кини и Х. Райфу)

Необходимо отметить, что критерии должны отражать целевые установки заказчика, показывать, насколько достигнуты эти цели. В.Д. Ногин [6] указывает, что «любая задача выбора (в том числе и многокритериальная) тесно связана с конкретным ЛПР», а критерий служит для выражения его целей.

Схожий подход применяет Живицкая Е.Н. [7], предлагая лицу, принимающему решение, наибольшее внимание уделить постановке задачи и увязке ее с решением стоящей перед ЛПР проблемы. На наш взгляд, это является одним из исходных положений, определяющих результаты анализа проблемной ситуации и выбора ее оптимального решения.

При этом на основании выбранных целей (стратегии заказчика) для сужения количества альтернатив должен быть выбран критерий, который называют «критерием предпочтения» [5, с. 14]. Такой подход принят в исследовании многокритериальных задач с помощью парето-оптимальных решений.

Следует особо подчеркнуть, что в современной теории выбора наиболее важным в процессе решения многокритериальных задач считается определение целей, которые должны быть достигнуты в результате выбора, что для заказчика означает, прежде всего, определение стратегии инвестирования. Процесс формирования стратегии заказчика рассматривается в наших исследованиях [8].

В рамках данной работы инвестиционная деятельность рассматривается на муниципальном уровне. К особенностям ведения инвестиционной деятельности муниципальных образований относится их ориентация на социально-экономическое развитие территории за счет бюджетных средств. В связи с этим инвестиционная политика муниципального образования как заказчика инвестиционных проектов направлена на повышение уровня жизни населения. Выбор эффективных вариантов инвестирования и реализация инвестиционных решений в соответствии с законодательством происходит с помощью механизма государственных закупок, обеспечивающих конкурентные способы размещения заказов.

Процесс закупок на основе международных стандартов менеджмента качества «ГОСТ ISO 9001-2011. Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Требования» включает в себя четыре функциональных блока, взаимосвязанных между собой: планирование закупок; закупки (заключение контрактов); верифи-

кация; улучшение (рис. 2). Соответственно являются обязательными разработка критериев отбора и оценки исполнителей заказа.

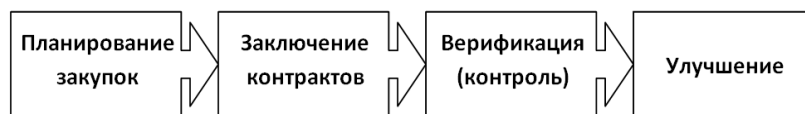


Рис. 2. Схема процесса закупок

Верификация (процесс контроля поставок) – это стандартная процедура, устанавливающая способность поставщика выполнять условия контракта [9, с. 48]. Таким образом, на стадии верификации должны разрабатываться и применяться критерии выбора исполнителей для определения их соответствия целям инвестиционного проекта.

По мнению Йозефа М. Юрана, с помощью критериев оценки и переоценки исполнителей, установленных организацией, можно оценивать и улучшать качество их работы и на основании полученных данных применять к исполнителям управляющие воздействия [10]. Считаем, что это заключение является очень важным, поскольку устанавливает возможность управления качеством выполнения инвестиционных проектов с помощью критериев оценки исполнителей.

Устанавливая критерии оценки исполнителей, необходимо выбирать такие критерии, которые обеспечивают максимальную открытость и транспарентность процесса закупок [9, с. 95].

В соответствии с действующим законодательством в сфере закупок основным критерием для определения лучших условий исполнения государственного или муниципального контракта при конкурсных процедурах является цена. Значимость этого критерия должна быть выше значимости критерия расходов на эксплуатацию и ремонт товаров и на использование результатов работ (ч. 5 ст. 32 Федерального Закона № 44-ФЗ). Также могут применяться критерии:

- 1) расходы на эксплуатацию и ремонт товаров, использование результатов работ;
- 2) качественные, функциональные и экологические характеристики объекта закупки;
- 3) квалификация участников закупки, в том числе наличие у них финансовых ресурсов, на праве собственности или ином законном основании оборудования и других материальных ресурсов, опыта работы, связанного с предметом контракта, и деловой репутации, специалистов и иных работников определенного уровня квалификации.

Более подробно процедура оценки и выбора исполнителей регламентирована Постановлением Правительства РФ от 28.11.2013 № 1085, в котором содержатся правила оценки заявок на участие в конкурсе при осуществлении государственных или муниципальных закупок.

В сфере закупок коммерческого сектора экономики могут применяться и другие критерии. На практике оценка исполнителей проекта может производиться путем сравнения нескольких предложений по следующим критериям: цена; предоставляемая скидка; условия и сроки работ (поставки); условия и сроки оплаты; гарантийные обязательства; наличие сертифицированной системы менеджмента качества; срок существования на рынке; способность к гибкому оперативному изменению номенклатуры и объемов поставок; срок работы с данным претендентом; опыт работы; рейтинг исполнителя [9, с. 90].

Вместе с тем могут использоваться и другие разнообразные критерии выбора поставщиков (исполнителей контракта).

В процессе проведения конкурса муниципальный заказчик формирует конкурсную комиссию, которая уполномочена принимать заявки от участников [15].

Конкурсная комиссия при оценке заявок должна произвести ранжирование заявок по их предпочтительности. Для этого используется система критериев оценки заявок. При этом наиболее обоснованным является использование метода последовательной многоуровневой декомпозиции, то есть деление сложных критериев на ряд простых.

Для построения системы критериев оценки участников конкурса может быть использована модель проблемной ситуации, в которой формулируется задача принятия решения. В процессе решения задачи используются принципы оптимальности.

При построении моделей используются различные современные математические методы. Вместе с тем модель, в которой учитываются только количественные характеристики, зачастую не позволяет принять адекватное управленческое решение без использования качественных характеристик ситуации.

С учетом специфики рассматриваемой проблемы наиболее подходящим представляется метод анализа иерархий Т. Саати, который применяется для решения многокритериальных задач (МАИ, the analytic hierarchy process – АНР). Данный метод позволяет использовать не только количественную, но и качественную информацию способом последовательной многоуровневой декомпозиции критериев [12].

Для изучения процесса выбора решения заказчиком в инвестиционной деятельности нами разработана математическая модель данного процесса на основе метода анализа иерархий, как наиболее обоснованного метода решения многокритериальных задач в сложных условиях. Схема модели представлена на рис. 3 [13].

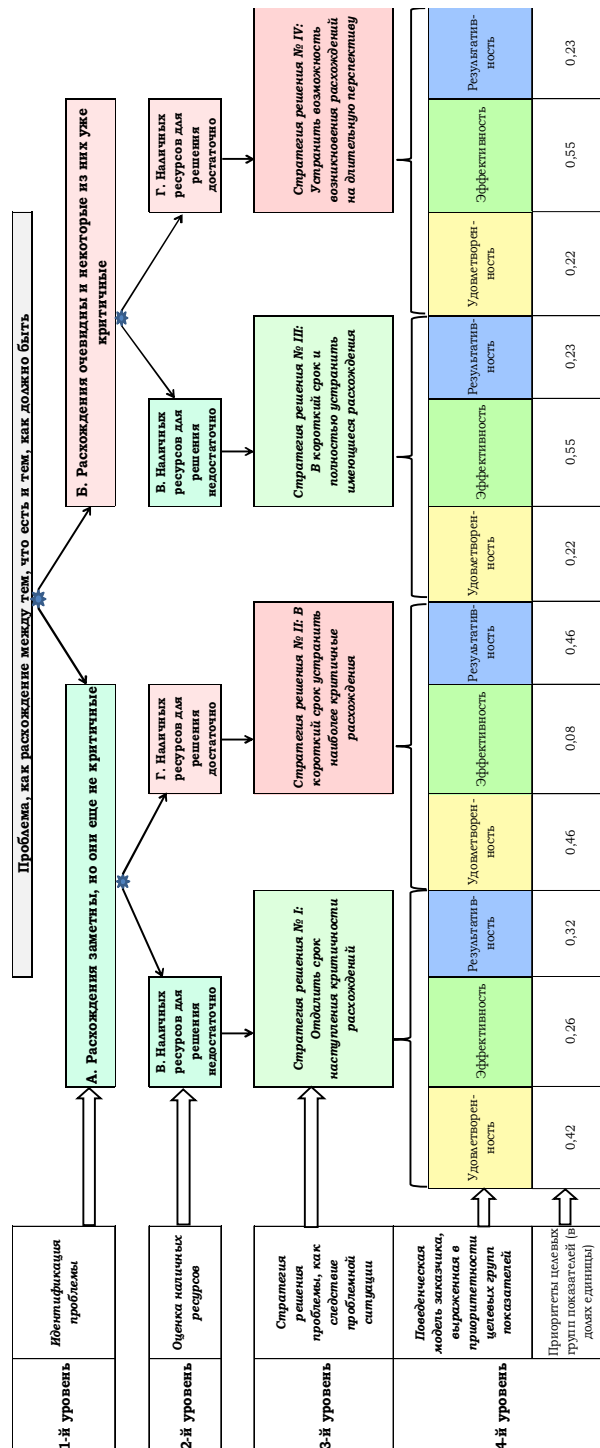
В схеме показана система критериев оценки участников конкурса, взаимосвязанная с проблемной ситуацией, которую решает заказчик. В соответствии с этой системой поведенческая модель заказчика и стратегия решения проблемы выражается в его отношении к желаемому результату, т.е. в установлении требований к уровню целевых показателей (установление желаемого результата). Целевые (стратегические) показатели делятся на три группы (в соответствии с требованиями международного стандарта ГОСТ ISO 9000–2011):

- удовлетворенность потребителей (customer satisfaction) – это восприятие потребителями степени выполнения их требований;
- эффективность (efficiency) – это связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами;
- результативность (effectiveness) – это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Для каждого вида проблемной ситуации разработаны стратегии, определены предпочтения заказчика к целевым показателям в количественном измерении (получены числовые веса, то есть значимости рассмотренных показателей, в отношении удовлетворенности, эффективности и результативности) в разных проблемных ситуациях. [13, 14].

Когда отношение заказчика к целевым показателям установлено, задача выбора сводится к определению среди множества альтернатив претендента, характеризующегося наиболее близким к предпочтениям заказчика соотношением показателей. Это позволяет определить «трафареты поведения» заказчика в той или иной проблемной ситуации, обеспечивающие транспарентность и прогнозируемость при конкурсном способе размещения заказа.

В каждой группе составляется перечень структурных показателей, по которым можно составить суждение о степени удовлетворенности ($A_1, A_2 \dots A_n$); об эффективности ($B_1, B_2 \dots B_m$); о результативности ($C_1, C_2 \dots C_p$). Каждому структурному показателю дается количественная или качественная оценка: $\alpha_1 \dots \alpha_n$; $\beta_1 \dots \beta_m$; $\gamma_1 \dots \gamma_p$.



Приоритность показателей внутри целевых групп для стратегии Структурные показатели - это, например, в стратегической группе Удовлетворенности: 4-ое урание (A1), комфорт (A2), скорость (A3), безопасность (A3), экологичность (A3), здоровье (A3), другие стратегии	Удовлетворенность			Эффективность			Результативность		
	Ук			Эк			Рк		
	группы	группы	структурных показателей	группы	группы	структурных показателей	Оценки показателей внутри стратегической группы	Матрица парных сравнений структурных показателей [1]	Собственный вектор матрицы приоритетности структурных показателей
	A1	a1	a1...an	B1	β1	β1...βm	эк1*Эк	rk1*Рк	rk2*Рк ... rkpr*Рк ∑ = Ук
	A2	a2		B2	β2		эк2*Эк		
...			...	...		...			
An	an		Bm	βm		экm*Эк			
			∑ = Ук			∑ = Эк			

Рис. 3. Иерархия обоснования стратегии и формулирования поведенческой модели заказчика по решению проблемы

Производится парное сравнение приведенных к единой шкале оценок структурных показателей. Составляются матрицы парных сравнений размерностью (n, m, p) . Для каждой матрицы определяется собственный вектор, который и определяет приоритетность структурных показателей. Матричный метод парных сравнений дает собственный вектор, равный единице. Учитывая, что в иерархии присутствует три стратегических группы показателей и каждая из них имеет свой измеренный приоритет ($Y + \Theta + P = 1$), нормированные оценки структурных показателей следует умножать на соответствующий стратегический приоритет (Y, Θ, P), чтобы их сумма по каждой стратегической группе была равной приоритету стратегической группы (Y, Θ, P), а сумма всех структурных оценок была равной единице: $y_1 + y_2 + \dots + y_n + \theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_m + p_1 + p_2 + \dots + p_p = 1$, т.е. чтобы оценки структурных показателей составляли полное (единица) представление о качествах объекта.

Перечень структурных показателей стратегической группы «удовлетворенность» индивидуален для каждого заказа (проекта) и обусловлен его спецификой. Например, при заказе проекта пассажирского транспортного средства общественного транспорта пригородного сообщения такой перечень мог бы состоять из следующих семи показателей ($A_1 \dots A_7$): безопасность, надежность в эксплуатации, объем потребностей в создании специальной инфраструктуры, всесезонная доступность (наличие сезонных ограничений), скорость, комфорт (эргономика и сервис), экологичность.

Для стратегической группы «эффективность» предлагается установить универсальный перечень из четырех структурных показателей (критериев):

- 1) B_1 – срок достижения результата (продолжительность периода инвестирования);
- 2) B_2 – стоимость инвестиций (цена, затраты на разработку, проектирование, строительство);
- 3) B_3 – продолжительность жизненного цикла решения (срок эксплуатации, амортизационный период);
- 4) B_4 – накопленный за жизненный цикл экономический эффект.

Результативность на стадии принятия решения должна определяться отношением заказчика к способностям организации-претендента достигать целей. С учетом этого для стратегической группы «результативность» предлагается установить универсальный перечень из трех структурных показателей (критериев):

- 1) C_1 – подтвержденный и признанный опыт деятельности претендента в предметной области проблемы (авторитет). По имеющемуся опыту оценивается способность организации достигать запланированных результатов;
- 2) C_2 – наличие и развитость собственных либо кооперированных производственных мощностей, технологий, трудовых ресурсов претендента;
- 3) C_3 – финансовое положение претендента.

Математическая модель позволяет описать управленческую ситуацию с помощью формул, которые отражают закономерности ее развития. Так как модель является более упрощенной, чем объект, который она представляет, это позволяет проанализировать проблемную ситуацию, определить соотношение эффекта и ресурсов, в результате чего сделать обоснованный выбор решения.

Следует отметить, что в сфере размещения инвестиционных проектов недостаточно исследованы вопросы разработки стратегии выбора. Кроме того, требуют исследования процессы назначения критериев, в отношении которых должна вырабатываться стратегия заказчика. Вместе с тем необходимо учитывать неопределенность в отношении результатов, которые могут быть получены в процессе выбора исполнителей и реализации инвестиционного проекта.

В наших исследованиях рассмотрено обоснование числовой функции предпочтений заказчика инвестиционного проекта в зависимости от проблемной ситуации и его возможностей.

Список литературы:

- [1] В 2015 году общий объем прямых иностранных инвестиций по сравнению с предыдущим годом вырос на 36 процентов // Сайт «Центр новостей ООН». URL: <http://www.un.org/russian/news/story.asp?newsID=25281#.VrDjOulQqSp> (Дата обращения 02.02.2016).
- [2] О производстве и использовании валового внутреннего продукта (ВВП) за 2015 год // Официальный сайт Росстата. URL: http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d06/20vvp1.htm http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/# (Дата обращения 06.02.2016).
- [3] Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
- [4] Катулев А.Н. Математические методы в системах поддержки принятия решений. – М.: Высш.шк., 2005. – 311 с.
- [5] Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.
- [6] Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях. – СПб.: ЮТАС, 2007. – 104 с.
- [7] Живицкая Е.Н. Системный анализ и проектирование // Виктор Сафронов. 2012. URL: <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/lectures/zhivickaya/03.html> (дата обращения: 03.02.2016).
- [8] Железнов С.В., Трухинова О.Л. Политика и предпочтения выбора в процессе конкурентного способа размещения заказа. [Текст] / С.В. Железнов, О.Л. Трухинова // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 2. – С. 269–274.
- [9] Копнов В.А., Бессонов А.И., Астафьева О.М. Стратегический подход к управлению качеством закупок машиностроительного предприятия. – Екатеринбург: Урал.гос.лесотехн. ун-т, 2012. – 142 с.
- [10] Juran J.M. Strategic Quality Management / Juran's Quality Control Handbook, chapter 6. NY: McGraw-Hill, Inc, 1992.
- [11] Жданов А.Ю., Кузнецов Д.В., Федоров А.Н. Управление закупками с использованием конкурсных процедур: технология внедрения и организации. – М.: КНОРУС, 2007. – 288 с.
- [12] Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
- [13] Железнов С.В., Трухинова О.Л. Иерархическая модель обоснования стратегии, политики и успешного выбора в процессе конкурентного способа размещения заказа. [Текст] / С.В. Железнов, О.Л. Трухинова // Экономика и предпринимательство. – 2012. – №5 (28). – С. 401–409.
- [14] Трухинова О.Л. Реализация модели конкурентного выбора исполнителя инвестиционного проекта. [Текст] / О.Л. Трухинова // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 6 (29). – С. 405–412.
- [15] Трухинова О.Л. Прокьюремент и его использование в управлении инновационными проектами. [Текст] / О.Л. Трухинова // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 1. Ч. 3 (42-3). – С. 782–786.

MAKING DECISIONS METHODS IN REALTION TO OFFERING PROJECTS IN THE CRISIS CONDITIONS

O.L. Trukhinova

Keywords: problem situation, the decisions choice, criteria, strategy, the customer behavioral model, targets, structural performance.

During the investment project realization the contractor's choice problem appears. A contractor may satisfy customer requirements and achieve the project goals. This problem is caused by taking management decisions necessity in the multicriterial problem conditions. Current studies use methods that can be implemented while a contractor is making his/her choice.

Статья поступила в редакцию 17.03.2016 г.

УДК 657.2

К.С. Шамонина, ассистент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
В.Н. Щепетова, к.э.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МАТРИЦА РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: *риск, матрица рисков, ранжирование рисков, вероятность, потери.*

В статье рассматривается порядок составления матрицы рисков; основные группы рисков Волжского пароходства; проводится составление матрицы рисков для основных групп рисков.

Оценка рисков занимает важное место в управлении предприятиями внутреннего водного транспорта, особенно значимость этого направления возрастает в условиях экономического кризиса и неопределенности будущего.

Риск представляет собой отрицательное воздействие на ресурсы или иную характеристику ценности. Такое воздействие может появиться как в период текущего процесса бизнеса, так и в перспективе развития. Вероятность потери, как правило, в повседневной жизни означает риск.

В связи с этим, риски измеряются по вероятности возникновения и масштабам влияния. Так как риски напрямую связаны с потерями, то важно их своевременно определять и оперативно нейтрализовать. Утверждение, что игнорирование рисков приводит к упадку любую компанию, является вполне очевидным [1].

Обойтись без оценки и анализа рисков могут некоторые виды деятельности предприятий внутреннего водного транспорта. Многие руководители, которые привыкли в повседневной жизни сталкиваться с рисками, зачастую игнорируют мизерные риски и реагируют только на явные. Кроме того, к большим затратам ведёт эффективное управление рисками, что, в свою очередь, ведёт к решению вопросов с клиентами о путях снижения данных затрат.

Новой наукой является возникшее понятие управления рисками. С каждым днём всё больше предприятий внутреннего водного транспорта осознают важность оценки рисков, в целях контроля и исключения возможности их возникновения. Исключение возможности возникновения рисков помогает исключить крупные потери, которые могут быть связаны с угрозами при достижении поставленных целей. Оценка и контроль возможных рисков предприятий внутреннего водного транспорта позволяют:

- 1) снизить уровень неопределённости их деятельности и возможности их будущего;
- 2) оптимизировать использование имущества, источников его финансирования и не менее важно, деятельности сотрудников;
- 3) улучшить взаимоотношения с заинтересованными контрагентами и государственными органами;
- 4) повысить качество информации для принятия управленческих решений;
- 5) выявить резервы улучшения производственных и финансовых результатов их деятельности.

В необходимости формирования системы возможных рисков, их последствий и определение наиболее важных рисков заключается задача предприятий внутреннего водного транспорта. Кроме того, важно выяснить, при наличии ограниченных ресурсов компании, какие риски должны иметь высший приоритет и как управлять ими.

Управление рисками – это комплекс разработанных и реализованных для конкретного предприятия внутреннего водного транспорта, мероприятий, которые экономически обоснованы и направлены на снижение первоначального риска до приемлемого уровня. Техничко-технологический и экономический анализ экономического потенциала и среды функционирования организации, действующую нормативную базу хозяйствования, качественное информационное обеспечение, экономико-математические методы анализа и другие исследования, опираются на результаты оценки рисков [3].

Отдельно от деятельности предприятия внутреннего водного транспорта невозможно рассматривать управление рисками. Это связано с тем, что управление рисками оказывает помощь и содействие управленческим структурам в их деятельности и достижении поставленных целей.

Управление рисками или риск-менеджмент представляет собой процесс, который осуществляется советом директоров, менеджерами и прочими сотрудниками предприятия. Данный процесс запускается в процессе разработки долгосрочной стратегии, затрагивает все области деятельности предприятия. Он направлен на выявление конкретных событий, которые оказывают влияние на процессы, происходящие во время деятельности предприятия внутреннего водного транспорта и управление рисками, которые связаны с такими процессами.

Риск-менеджмент даёт возможность систематизировать процесс анализа рисков предприятий внутреннего водного транспорта, для того, что бы получить наибольший эффект от каждого этапа и в общем от всей их деятельности.

Для формирования матрицы риска необходимо определить вероятные последствия риска с точки зрения угроз и возможностей и измерить их в определенном масштабе, который устанавливается индивидуально для каждого предприятия внутреннего водного транспорта. Кроме этого, важно проанализировать возможную вероятность появления риска. Например, вероятности возникновения, как и последствия, могут быть низкие, средние и высокие [2].

Рассмотрим составление матрицы на примере Волжского пароходства.

Ключевые показатели деятельности Волжского пароходства, с объяснением причин их изменения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ключевые показатели деятельности Волжского пароходства [5]

Наименование	Выручка	Производственные затраты на единицу продукции	Рентабельность по чистой прибыли	Чистая прибыль на акцию
Определение	Доходы Компании от реализации продукции и услуг, млн руб.	Прямые расходы Компании по перевозке одной тонны груза, руб.	Доля чистой прибыли в общем объеме выручки, %	Размер чистой прибыли на 1 акцию, руб.
2012	4 798	428	14,7	419
2013	4 080	447	10,2	247
2014	4 423	436	10,8	282
Изменение 2014 к 2013	343	-11	+0,6 п.	35
Причины отклонений	Общий объем выручки вырос в связи с изменением конъюнктуры рынка речных перевозок, структурными сдвигами грузопотоков: – снижением грузовой базы	Сокращение производственных затрат на 1 тонну груза связано с уменьшением количества рабо-	Увеличение размера чистой прибыли	За счёт роста чистой прибыли

Наименование	Выручка	Производственные затраты на единицу продукции	Рентабельность по чистой прибыли	Чистая прибыль на акцию
	по внутренним перевозкам; – ростом объема перевозок высокотарифицированных экспортных грузов; – рост ставок фрахта. Положительное влияние оказал рост курса доллара США.	тающего флота. В 2014 году количество работающего флота на перевозках грузов снизилось на 15 единиц.		

В таблице 2 представлены виды рисков и их описание. Источником данной информации является годовой отчет Волжского пароходства.

Таблица 2

Основные риски Волжского пароходства [5]

Виды рисков	Описание рисков	Комментарии	Меры по минимизации в Волжском пароходстве
Отраслевые	Ухудшение ситуации в отрасли Изменение цен на сырье, услуги, используемые Обществом в своей деятельности Изменение цен на услуги Общества	Могут привести к сокращению периода навигации или ухудшению судоходных условий, в конечном итоге, к снижению объема перевозок, росту расходов и падению прибыли.	Оперативная замена грузовых сухогрузных судов на составы (баржи с буксирами); изменение маршрутов; развитие услуг смежных направлений (хранение грузов); долгосрочное сотрудничество с надежными поставщиками сырья и материалов; повышение профессионального уровня коллектива.
Страновые	Политические и экономические риски Военные риски и риски, связанные с чрезвычайными ситуациями Климатические риски	Могут повлечь невыполнение/ненадлежащее исполнение обязательств по перевозке и обеспечению сохранности грузов, потерю судна. Особенности климата (риск падения уровня воды) могут повлиять на объем выручки и прибыли.	Сокращение расходов и инвестиционных планов; увеличение доли перевозок в регионах с благоприятной экономической и политической ситуацией; замена крупнотоннажного флота на мелкотоннажный; проведение реконструкции гидротехнических сооружений.
Финансовые	Изменение процентных ставок Инфляционные риски Валютные риски	Для развития необходимы существенные капитальные вложения в модернизацию и строительство флота. Рост инфляции может привести к увеличению расходов и, как следствие, падению прибыли. Изменение валютного курса оказывает влияние на объем выручки и прибыли.	Привлечение дополнительного финансирования; сокращение дебиторской задолженности; оперативное изменение тарифов; рассмотрение возможности расчетов с нерезидентами в российских рублях; мониторинг курсов валют.
Правовые	Изменение валютного законодательства Изменение налогового законодательства Изменение таможенного	Часть доходов и расходов, связанных с работой флота, номинирована в иностранной валюте. Несовершенство и неоднозначная интерпретация нало-	Мониторинг изменений законодательства Анализ судебной практики.

Виды рисков	Описание рисков	Комментарии	Меры по минимизации в Волжском пароходстве
	законодательства Изменение требований по лицензированию основной деятельности Общества	нового законодательства. При изменении таможенного законодательства возможно снижение грузооборота. Затруднения при получении лицензий могут препятствовать осуществлению деятельности.	

На основании данной информации можно составить матрицу рисков для предприятия – Волжского пароходства.

Матрица рисков представляет собой инструмент анализа рисков, который подразумевает определённую градацию рисков. По осям последствий и вероятностям имеет диапазон данная градация рисков. Матрица рисков демонстрирует руководителю и тому, кто принимает решения, более четкий вид того, в чем заключается риск, что в него вовлечено (относительно затрат, изменений в процедурах и т.д.) и какой объем времени может быть уделен, принимая во внимание суровость и вероятность риска. Она может помочь руководителю представить в более организованном формате риски, которые ему могут повстречаться, подготовиться и принять более верные решения в случае возникновения риска.

Типичная матрица рисков представлена сеткой из 4×4. По вертикальной оси расположены критерии вероятности (редкие, маловероятные, возможные, очень вероятные, определенные), а по горизонтальной оси – критерии последствий (незначительные, минимальные, критичные, катастрофические).

Ранжирование (сравнение) объектов является одной из процедур экспертного оценивания. Однако поскольку в данном случае речь идет об оценке рисков персоналом, целесообразно выделить ранжирование в качестве самостоятельного рискологического метода. Смысл его применения состоит в том, чтобы выявить различия между субъективным восприятием рисков персоналом и их оценкой экспертами (специалистами), определить причины этих различий, при необходимости скорректировать восприятие рисков, поведение, должностные обязанности, подобрать исполнителей и т.п. [4].

Последствия рисков, используют слова в качестве описания и ранжируются согласно суровости: незначительные, минимальные, критичные, катастрофические. Незначительные риски меньше всего вредят проекту и потому их ранг минимален. Катастрофический риск – это тот, который будет иметь наибольшее значение в ранжировании по суровости. Определите толерантность путем определения материальных значений для каждого параметра суровости, а также по каким-то качественным характеристикам описываемых последствий. К примеру, незначительные риски – это те, которые подразумевают потери в размере от 2 до 10 тыс. долларов и могут незначительно повлиять на работу предприятия, не нарушают каких-либо законов или обладают минимальным влиянием на окружающую среду. Они получают Ранг 1 в матрице. Катастрофические риски – это те, которые подразумевают потери более 1 миллиона долларов, могут привести к невосполнимому вреду окружающей среды или полному разорению предприятия. Такой риск будет иметь значение Ранга 4 в матрице.

В таблице 3 приведено ранжирование основных рисков по последствиям, с целью определить номер ранга, для последующего его внесения в матрицу рисков.

Вероятность возникновения рисков определяется такими значениями, как редкий, маловероятный, возможный, очень вероятный, определенный.

Так же, как и с последствиями, необходимо измерять критерий каким-нибудь количественным способом (к примеру, «Вероятный» означает, что риск может произойти несколько раз на протяжении года, не менее 10 и не более 100 раз) и присвоить логические ранги.

Таблица 3

Ранжирование рисков по последствиям

Ранг	Значения	Потери в у.е. (USD)	Описание потерь
4	Катастрофическое	\$1 млн <	Для развития необходимы существенные капитальные вложения в модернизацию и строительство флота. Рост инфляции может привести к увеличению расходов и, как следствие, падению прибыли. Изменение валютного курса оказывает влияние на объём выручки и прибыли.
3	Критичное	\$200,000 – \$1 млн	Могут привести к сокращению периода навигации или ухудшению судоходных условий, в конечном итоге, к снижению объема перевозок, росту расходов и падению прибыли.
2	Минимальное	\$10,000 – \$200,000	Могут повлечь невыполнение/не надлежащее исполнение обязательств по перевозке и обеспечению сохранности грузов, потерю судна. Особенности климата (риск падения уровня воды) могут повлиять на объём выручки и прибыли.
1	Незначительное	\$2,000 – \$10,000	Несовершенство и неоднозначная интерпретация налогового законодательства. При изменении таможенного законодательства возможно снижение грузооборота. Затруднения при получении лицензий могут препятствовать осуществлению деятельности.

В таблице 4 приведём ранжирование рисков по вероятности возникновения.

Таблица 4

Ранжирование рисков по вероятности возникновения

Ранг	Значения	Вероятности (на протяжении жизненного цикла бизнеса)	Описание
1	Определенный	Раз в 2 месяца	Постоянно испытывается
2	Очень вероятный	Раз в 4 месяца	Часто происходит
3	Возможный	Раз в 6 месяцев	Происходит несколько раз
4	Маловероятный	Раз в 12 месяцев	Скорее всего не произойдет, но стоит ожидать

После определения критериев влияния и вероятности можно перейти к определению конкретных инцидентов, событий или условий, которые представляют опасность для работы паромного сообщения, и назначить им клетки в матрице. Например, для паромного сообщения правовым рискам можно присвоить блок Редкий (Ранг 4 по вероятности) и Незначительный (Ранг 1) по последствиям.

Матрица должна четко показывать, какие блоки можно опустить, а какие нельзя игнорировать. К примеру, пересечение Возможного (Ранг 3 по вероятности) с Катастрофическим (Ранг 4 по последствиям) не может быть проигнорировано, учитывая

те описания, которые были представлены выше. Данный блок четко указывает на то, что этот риск следует избегать, чего не скажешь о блоке, который находится на пересечении Незначительного (Ранг 1 по последствиям) и Определенного (Ранг 1 по вероятности), и который можно решить простым изменением организационной политики.

В таблице 5 представлена обобщённая матрица рисков Волжского пароходства по основным группам рисков.

Таблица 5

Матрица рисков

Уровень вероятности	Последствия			
	4	3	2	1
1	Финансовые риски			
2		Отраслевые риски		
3			Страновые риски	
4				Правовые риски

В матрице рисков красным выделены катастрофические риски, жёлтым – критические, голубым – минимальные, зелёным – незначительные риски.

При составлении матрицы рисков необходимо аккуратно относиться к распределению значений. При разработке матрицы важно принимать более консервативные точки зрения на анализ рисков. Такой инструмент полезен при составлении стратегии развития любого предприятия внутреннего водного транспорта, следовательно, должен быть включён в бюджет, для того, что бы оно было готово не только к потенциальным, но и к катастрофическим рискам и возможности устранения их негативных последствий.

Список литературы:

- [1] Методы принятия управленческих решений: учебник для бакалавров / А.В. Тебекин. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 572 с. – Серия: Бакалавр. Валовый курс.
- [2] Инновационное предпринимательство: учебник для вузов / под ред. В.Я. Горфинкеля, Т.Г. Попадюк. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 523 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.
- [3] Социология организаций: учебник для бакалавров / С.А. Барков, В.И. Зубков. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 395 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.
- [4] Иерархия рисков: от редких до определенных, от незначительных до катастрофических. – Режим доступа: <http://www.pmtoday.ru/project-management/risks/ranking-risks.html>
- [5] Официальный сайт Волжского пароходства. – Режим доступа: <http://www.volgafлот.com>

INTERNAL WATER TRANSPORT ENTERPRISES RISK MATRIX

K.S. Shamonina, V.N. Shepetova

Key words: *risk, risk matrix, risk ranking, probability, loss.*

The article discusses the risk matrix preparation procedure; the Volga shipping company main risk groups. The risk matrix preparation for the main risk groups is carried out.

Статья поступила в редакцию 20.04.2016 г.

Раздел V

**Экономика, логистика, управление
на транспорте**



Section V

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



УДК 656.62:658.012

Е.Н. Дворникова, соискатель ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

СОСТОЯНИЕ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МОРСКОМ И РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: лицензия, лицензирование отдельных видов деятельности, водный транспорт, государственное регулирование.

В статье рассматривается государственное регулирование лицензирования отдельных видов деятельности на водном транспорте в России. Рассмотрены источники правового регулирования разрешительного порядка для осуществления предпринимательской деятельности на морском и внутреннем водном транспорте юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Деятельность транспортной системы как части отрасли народного хозяйства не может быть эффективной и безопасной без активной роли государства. В экономических отношениях государство очень часто выступает не только как их участник, но и как орган, регулирующий эти отношения, используя комплекс нормативно-правовых и организационно-экономических методов. Основные положения, касающиеся деятельности транспорта и роли государства в регулировании этой деятельности определены в Конституции РФ [1]. Тем самым подчеркивается особая важность деятельности транспорта в жизни общества. Так, статьями 8, 71 Конституции РФ закреплено свободное перемещение товаров и услуг на территории страны, а также установлено, что федеральный транспорт, защита государственной границы, воздушного пространства, территориального моря, континентального шельфа и исключительной экономической зоны находятся в ведении Российской Федерации.

Участие государства в регулировании правоотношений, связанных с оказанием транспортных услуг населению и организациям, объясняется тем, что данная сфера требует особого контроля в целях обеспечения безопасности на транспорте и исключения транспортных происшествий. Поэтому для достижения указанной цели установлен разрешительный порядок для индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, которые выполняют работы или оказывают услуги с использованием транспортных средств. Указанный порядок установлен путем выдачи специального документа – лицензии, и в законодательстве получил название «лицензирование».

Лицензирование в силу своей значимости может быть осуществлено только государственными органами, а порядок его проведения – только в соответствии с законами и подзаконными актами.

Предметом исследования является лицензирование на водном транспорте. Государственное регулирование деятельности морского и внутреннего водного транспорта осуществляется в соответствии с нормами Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации от 30.04.1999 № 81-ФЗ (далее – КТМ РФ) [2] и Кодекса внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 07.03.2001 № 24-ФЗ (далее – КВВТ РФ) соответственно [3] и рядом других документов. Отдельные статьи указанных нормативных правовых актов регламентируют осуществление государственного надзора и государственного управления в области торгового мореплавания и деятельности внутреннего водного транспорта. Так, в соответствии со статьей 4.1 КВВТ РФ функции по надзору в области внутреннего водного транспорта осуществляет уполномоченный федеральный орган исполнительной власти. Аналогичную норму содержит статья 5 КТМ РФ, которой установлено положение о том, что функции по управлению деятельностью в области торгового мореплавания принадлежат Министерству

транспорта и другим федеральным органам исполнительной власти в пределах их компетенции.

Лицензирование является не единственным, но одним из основных методов государственного контроля осуществления отдельных видов деятельности транспортного комплекса на морском и речном транспорте в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выполнению работ или оказанию услуг в данной отрасли. Российским законодательством установлено, что под лицензированием понимается особый вид функций государства (лицензирующих органов) по предоставлению, переоформлению, продлению лицензий в случаях, если ограничен срок действия лицензии. К этим функциям также относится и осуществление лицензионного контроля, в том числе и приостановление, возобновление и прекращение действия лицензии. С целью оперативного получения необходимой информации, например, о выданных лицензиях или о данных лицензиатов лицензирующие органы обязаны формировать и вести реестры лицензий [4].

Полномочиями по осуществлению лицензирования отдельных видов деятельности на транспорте наделена Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (далее – Ространснадзор)¹. Проверка хозяйствующих субъектов на предмет соблюдения ими лицензионных требований является одним из основных видов указанной службы.

Требования, предъявляемые к лицензированию, установлены в целях единого подхода к установлению разрешительного порядка со стороны государства для занятия отдельными видами деятельности и, самое главное, в целях обеспечения защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства. В результате конкуренции на рынке транспортных услуг зачастую появляются недобросовестные перевозчики, главная цель которых – получение больше прибыли, а не соблюдение норм безопасности. За небольшую плату они оказывают услуги, порой не отвечающие требованиям безопасности, ставящие под угрозу человеческие жизни и благополучие окружающей среды. Лицензирование призвано исключить таких «случайных» исполнителей, тем самым, способствуя развитию отрасли водного транспорта и формированию ее положительной репутации. Основным нормативным актом в сфере лицензирования является Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» (далее – Федеральный закон), который содержит перечень видов предпринимательской деятельности, для осуществления которых требуется специальное разрешение со стороны государства – лицензия. Федеральный закон определяет лицензию как «специальное разрешение на право осуществления юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем конкретного вида деятельности (выполнения работ, оказания услуг, составляющих лицензируемый вид деятельности), которое подтверждается документом, выданным лицензирующим органом на бумажном носителе или в форме электронного документа, подписанного электронной подписью, в случае, если в заявлении о предоставлении лицензии указывалось на необходимость выдачи такого документа в форме электронного документа» [4]. Значит, для решения вопроса о получении лицензии, сначала необходимо определить вид осуществляемой деятельности и проверить, относится ли он к лицензируемому в соответствии с Федеральным законом.

Российское законодательство содержит не только определение лицензии, но и определение лицензируемого вида деятельности, которое выглядит следующим образом: лицензируемый вид деятельности – это «вид деятельности, на осуществление которого на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права, требуется получение лицензии» [4] на основании Федерального закона, и иных федеральных законов, регулирующих отношения в соответствующих сферах деятельности (для рассматриваемой

¹ Ространснадзор создан в 2004 в соответствии с Указом Президента РФ от 09.03.2004 №314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» [5].

отрасли такими федеральными законами являются КВВТ РФ и КТМ РФ). Таким образом, устанавливается прямая зависимость между определениями данных правовых категорий, т.е. «лицензией» и «лицензируемым видом деятельности». В основе определения лицензируемого вида деятельности лежит понятие лицензии, в основе определения лицензии – лицензируемый вид деятельности. Чтобы понять, в каких же случаях необходима лицензия, рассмотрим цели и задачи лицензирования применительно к деятельности водного транспорта.

Основными целями лицензирования видов деятельности в рассматриваемой отрасли является защита интересов потребителей услуг и реализация требований безопасности судоходства и торгового мореплавания [9]. Цель лицензирования определяет и основную задачу проведения разрешительной процедуры, которая сводится, в первую очередь, к профилактике, а также к выявлению и пресечению нарушений требований хозяйствующими субъектами, которые установлены нормативными правовыми актами РФ.

В перечень лицензируемых видов деятельности на водном транспорте в соответствии с Федеральным законом вошли такие виды, как перевозка пассажиров, опасных грузов, перегрузочные работы в портах с такими грузами и буксировка морским транспортом (за исключением случаев, когда буксировка осуществляется для собственных нужд хозяйствующего субъекта).

Таким образом, как видно из содержания перечисленных видов деятельности, лицензированию подлежат те виды, при осуществлении которых существует опасность причинения огромного ущерба охраняемым законом ценностям и интересам, таким как жизнь и здоровье людей, водная и морская среда и др.

Однако из сферы лицензирования отдельных видов деятельности исключены некоторые виды деятельности, которые подлежали лицензированию в соответствии с ранее действующим Федеральным законом от 08 августа 2001 года № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», например, перевозка грузов. Но это ни в коей мере не означает, что такие виды деятельности выпали из поля зрения государственных органов и перестали быть объектом контроля и надзора за их осуществлением. Государственный контроль осуществления деятельности на морском и речном транспорте, которая в настоящее время не подлежит лицензированию, осуществляется теми государственными органами, которые наделены соответствующими полномочиями, с учетом применения принятых технических регламентов о безопасности объектов морского и внутреннего водного транспорта и иных установленных правил.

С принятием Федерального закона изменился и срок действия лицензии. В соответствии с ранее действующим законом о лицензировании срок действия лицензии был не менее пяти лет, но когда такой срок заканчивался, лицензиат имел право на продление срока действия лицензии, при условии подачи заявления в лицензирующий орган и соблюдения всех необходимых требований. Теперь Федеральный закон устанавливает, что лицензия, выданная для осуществления предпринимательской деятельности, входящей в перечень, действует бессрочно. Хотелось бы надеяться, что данное изменение не будет способствовать повышению аварийности в отрасли.

Порядок лицензирования отдельных видов деятельности на морском и внутреннем водном транспорте установлен постановлением Правительства РФ, которым утверждены отдельные положения о лицензировании, такие как положение о лицензировании деятельности по перевозкам внутренним водным транспортом, морским транспортом пассажиров; положение о лицензировании деятельности по перевозкам внутренним водным транспортом, морским транспортом опасных грузов и др. [6].

Указанные положения содержат требования, которые предъявляются к соискателю лицензии (лицензиату) при выполнении соответствующих видов предпринимательской деятельности на морском и речном транспорте. При соблюдении этих требований заявителем Ространснадзор и его территориальные органы выдают лицензию на осуществление заявленных видов деятельности.

В целях контроля соответствия лицензиата необходимым требованиям и соблюдения им российского и международного законодательства, регулирующего деятельность морского и внутреннего водного транспорта, установлено проведение проверок [7]. Законом устанавливается периодичность проведения плановых проверок: такие проверки проводятся не чаще чем один раз в три года. Цель проведения плановых проверок – установить, соответствует ли лицензиат всем необходимым требованиям и выполняет ли российское и международное законодательство в области деятельности морского и внутреннего водного транспорта.

Наряду с плановыми проверками могут быть предприняты и внеплановые проверки, которые проводятся в целях обеспечения безопасности судоходства в случаях, когда истек срок исполнения предписания об устранении выявленных нарушений требований законодательства РФ юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, выданное надзорными органами, или если в надзорные органы поступила информация о фактах нарушения требований обеспечения безопасности при эксплуатации водного транспорта, в том числе, о фактах нарушения правил перевозки пассажиров и правил перевозки грузов, если данные нарушения могут создать угрозу жизни и здоровья людей, а также нанести вред окружающей среде и безопасности государства. Для проведения внеплановой проверки необходимо распоряжение руководителя надзорного органа, в некоторых случаях данное распоряжение может быть издано в соответствии с поручением Президента РФ или Правительства РФ, а также в соответствии с требованием прокурора о внеплановой проверки хозяйствующего субъекта в рамках надзора за исполнением законов по поступившим в органы прокуратуры заявлениям.

Рассмотрим, какие меры воздействия использует государство в отношении субъектов, нарушающих лицензионное законодательство. Законодательство Российской Федерации предусматривает административную ответственность за данный вид правонарушений. Основаниями привлечения лиц, которые осуществляют лицензируемый вид деятельности, к юридической ответственности являются:

– во-первых, отсутствие разрешительных документов в случае, когда их наличие предписано Федеральным законом. Приведем пример административной ответственности за отсутствие лицензии. Так, статьей 14.1.2 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ [8] установлено, что если юридические лица и индивидуальные предприниматели осуществляют отдельные виды предпринимательской деятельности с использованием транспортных средств без специального разрешения (лицензии), то это влечет за собой наложение административного штрафа (на должностных лиц и граждан пятьдесят тысяч рублей, на индивидуальных предпринимателей сто тысяч рублей, а на юридических лиц, осуществляющих отдельные виды предпринимательской деятельности с использованием транспортных средств без разрешительных документов, накладывается штраф в размере четырехсот тысяч рублей). В случае повторного совершения данного административного правонарушения на граждан и должностных лиц накладывается административный штраф в размере пятидесяти тысяч рублей, причем для граждан законом предусмотрена и конфискация транспортного средства, для юридических лиц в случае повторного совершения административного правонарушения – в размере четырехсот тысяч рублей с конфискацией транспортного средства или приостановление данного вида деятельности сроком до девяноста суток;

– во-вторых, несоблюдение требований, которые установлены лицензией. Мерами ответственности за данный вид правонарушения являются предупреждения или наложения административного штрафа. При этом размер административного штрафа для должностных лиц и индивидуальных предпринимателей составляет двадцать тысяч рублей, для юридических лиц – сто тысяч рублей. Осуществление же предпринимательской деятельности в области транспорта с грубым нарушением условий, предусмотренных лицензией, влечет наложение административного штрафа в повышенном

размере (на должностных лиц и индивидуальных предпринимателей семидесяти пяти тысяч рублей, на юридических лиц – до двухсот тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток) [8].

Проанализировав основные аспекты лицензирования отдельных видов деятельности на морском и внутреннем водном транспорте, можно сделать вывод, что современное российское законодательство не только способствует обеспечению безопасности судоходства и защиты интересов потребителей услуг на внутреннем водном и морском транспорте, но и дает возможность пополнять бюджет Российской Федерации путем поступления налогов от юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, желающих заниматься теми видами деятельности, которые подлежат лицензированию.

Однако в данной сфере есть и ряд проблемных вопросов, связанных с отказом в выдаче лицензии, привлечением к ответственности за нарушения закона о лицензировании лицензиатами, а также существуют некоторые организационно-экономические, правовые аспекты, которые требуют дополнительного рассмотрения с учетом положительного зарубежного опыта и ранее применявшейся в России практики лицензирования деятельности на морском и внутреннем водном транспорте.

Список литературы:

- [1] Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. // Собрание законодательства РФ. – 04.08.2014. – № 31. – Ст. 4398.
- [2] Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации от 30.04.1999 № 81-ФЗ // Российская газета. – № 85-86. – 01-05.05.1999.
- [3] Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 07.03.2001 № 24-ФЗ // Российская газета. – № 50-51. – 13.03.2001.
- [4] Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» // Собрание законодательства РФ. – 09.05.2011. – № 19. – Ст. 2716.
- [5] Указ Президента РФ от 09.03.2004 № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» // Собрание законодательства РФ. – № 11. – 15.03.2004. – Ст. 945.
- [6] Постановление Правительства от 06.03.2012 №193 «О лицензировании отдельных видов деятельности на морском и внутреннем водном транспорте» // Собрание законодательства РФ, 19.03.2012. – № 12. – Ст. 1416.
- [7] Федеральный закон от 26.12.2008 № 294 «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» // Российская газета. – № 266. – 30.12.2008.
- [8] Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ // Российская газета. – № 256. – 31.12.2001.
- [9] Костров В.Н. Государственное регулирование на транспорте: учеб. пособие для вузов / В.Н. Костров, А.А. Локтев, А.И. Телегин, М.А. Государев; под общей ред. проф., д.э.н. В.Н. Кострова, проф., д.т.н. А.И. Телегина. – изд. 3-е, испр. и доп. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы, 2007. – 464 с.

SOME CERTAIN WATER AND SEA TRANSPORT ACTIVITIES TYPES STATE LICENSING

E.N. Dvornikova

Key words: license, some certain activities types licensing, water transport, government regulation

The article discusses some certain water transport activity types licensing state regulation in Russia. The main legal acts regulating licensing procedure for legal entities and individual entrepreneurs engaged in business activities in the Maritime and inland water transport are also analysed.

Статья поступила в редакцию 29.03.2016 г.

УДК 656.622:658.5

Ю.И. Платов, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.В. Никулина, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ФЛОТА

Ключевые слова: оценка эффективности, управление, работа флота, подходы, системы оценки, универсальный показатель, информатизация.

В статье предложен универсальный показатель оценки эффективности управления работой флота, указано его место в общей системе показателей оценки деятельности предприятий. Этот показатель способен оценивать работу судов и отдельных структурных подразделений, его применение позволит повысить адекватность оценки и в конечном итоге – эффективность работы флота. Освещается проблема использования этого показателя в современных условиях.

Система контроля и оценки деятельности любого предприятия в общей системе управления является необходимым элементом, от которого зависит эффективность управления, так как система контроля является по существу обратной связью в системе управления, а показатели оценки являются пассивным регулятором и основой системы стимулирования.

Выбор параметров контроля является не простой и трудоемкой задачей. В настоящее время существует четыре возможных подхода к построению систем оценки: на основе рыночных показателей, отслеживание выхода различных структурных единиц, бюрократический подход и установление норм отношений и системы ценностей в организации [1].

При первой системе измеряются цены на продукты и услуги, цены на акции предприятия и доход на инвестированный капитал. Оценка ведется в рыночном сравнении состояния этих параметров. При второй измеряется и отслеживается состояние показателей, установленных для каждой структурной единицы, то есть насколько они выполняют поставленные им задания. При бюрократическом подходе устанавливаются подробные процедуры и правила поведения и действия. При таком подходе отслеживается и контролируется не то, что получено, а то, насколько верно выполняются установленные процедуры и правила. Основой бюрократического подхода является стандартизация. Четвертый подход базируется на установлении норм отношений и системы ценностей в организации. В этом случае контроль превращается в самоконтроль. Не кто-то контролирует результаты деятельности других, а сами участники деятельности в процессе ее выполнения контролируют свою работу и свои результаты с позиций интересов организации.

На практике в той или иной мере могут сочетаться все подходы и системы оценки.

В данной статье рассматривается второй подход для оценки работы всего флота в целом, отдельных судов и структурных единиц (центров ответственности), связанных с управлением работой флота. При этом предлагается использовать для всех структурных единиц, связанных с работой флота, единый показатель, который использовался в плановой экономике. Сущность этого показателя отражает отношения плановых заданий по нормативам к фактическому времени. (Этот показатель может использоваться в совокупности с другими, например, экономией топлива). При выполнении всех нормативов отношение равно единице и провозная способность равна запланированной; при сокращении времени транспортных операций этот показатель больше единицы и наоборот. Использование этого показателя при оценке работы су-

дов, при прочих равных условиях их работы, дает оценку эффективности работы отдельных судов, но не работы флота в целом.

Этот показатель был разработан в свое время учеными ГИИВТа (ныне ВГУВТ) – В.М. Новиковым, В.И. Головниковым и др., и под разными названиями применялся для оценки работы и судов, и различных структурных подразделений (валовой измеритель обработки флота, валовой показатель оценки работы структурных подразделений). В начале 80-х годов прошлого столетия в пароходстве «Волготанкер» этот показатель для оценки работы районных управлений, связанных с обслуживанием флота в их границах, был распространен на все ходовые и стояночные операции транспортного процесса. Это стало возможным в связи с полной автоматизацией учета работы флота [2]. Распространение этого показателя на все операции транспортного процесса позволило существенно повысить достоверность информации о работе флота.

Придание этому показателю универсального характера, позволяющего оценить эффективность работы флота в целом, а с точки зрения отдельных структурных элементов и должностных лиц – эффективность работы по отдельным операциям транспортного процесса, за управление которыми они несут персональную ответственность, существенно повысит адекватность оценки, а следовательно, и эффективность работы флота.

Этот показатель позволяет задействовать применение экономических методов управления, основанных на оценке показателей по центрам ответственности и действенной системе стимулирования. При этом очень важно, что система стимулирования распространяется как на экипажи судов, так и на линейные структуры управленческого персонала, закрепленного за группой судов, и структурные подразделения, выполняющие функции централизованного обслуживания и управления работой флота. Главными источниками повышения эффективности являются: выполнение (экономия времени) нормативов грузовых работ, ходового времени и других операций обслуживания судов и, главным образом, снижение стоянок по отдельным элементам транспортного процесса. Все это, в конечном счете, ведет к сокращению расходов и повышению производительности работы флота.

Внедрение этого показателя в практику судоходных компаний, несмотря на его простоту и многолетнее использование, является непростой проблемой.

Одной из проблем является обеспечение высокой степени информатизации управления, которая определяет уровень диспетчеризации и автоматизации оценки работы судов и всех управленческих структур, участвующих в транспортном процессе. Одними из главных результатов информатизации являются всеобщий учет, нормирование ходовых и стояночных операций и расхода топлива. Более высоким уровнем информатизации является применение системы непрерывного планирования, оперативного нормирования и регулирования работы флота [3–6].

С точки зрения технических, методических, алгоритмических и технологических трудностей разработки моделей и программного обеспечения, эта проблема в настоящее время не представляет каких-либо затруднений. На сегодняшний день технические возможности позволяют внедрять универсальные модели разного назначения, включающие в себя математические модели движения судна (состава), рейса и грузовой линии для предварительного определения основных плановых показателей, оперативного нормирования операций ходового времени не только в зависимости от условий плавания, но и от эксплуатационных ситуаций. Имитационные модели работы флота позволяют уточнять решение, полученное на предварительном этапе планирования. При этом с внедрением навигационных систем появляется возможность автоматизированного съема информации о дислокации флота, что делает имитационные модели действительно полезным инструментом для отработки решений при оперативном планировании и нормировании для оценки результатов деятельности различных управленческих структур и судов.

Проблема находится в другой плоскости. В настоящее время на предприятиях речного транспорта такие технологии практически используются только в единичных эк-

землярах, скорее, как редчайшее исключение, чем правило, а разработка таких информационных технологий (ИТ) не ведется. Это обстоятельство можно считать, по нашему мнению, проявлением общей проблемы российского общества, которая состоит в низком сегодняшнем (*рыночном*) интеллектуальном уровне принимаемых решений из-за низкой квалификации управленцев, хорошо знающих предметную область, но не способных эти аналитические ИТ с толком применять и оценивать с точки зрения затрат и выгод.

Для иллюстрации этих слов можно сказать, что управленческий аппарат пароходства «Волготанкер» в конце 80-х гг. насчитывал порядка 200 чел., и почти все они имели специальное образование. В конце 90-х гг. аппарат ОАО «Волготанкер» насчитывал уже около 500 чел., а специальное образование имели только единицы. В результате это крупнейшее пароходство, будучи к началу 90-х гг. самым передовым в смысле использования ИТ, на сегодняшний день применяет управленческие методы 30-х гг. прошлого века с некоторыми поправками на использование современных компьютеров.

Однако в рыночных условиях предложение определяется спросом. И если число квалифицированных управленцев уменьшается, то это всего лишь означает, что они не востребованы на рынке труда. То же самое относится и к информационным технологиям. Таким образом, можно констатировать, что в течение уже почти двух последних десятилетий, несмотря на колоссальный прогресс вычислительной техники, рыночный механизм вовсе не стремится к совершенствованию управления. Внедрение таких систем, по нашему мнению, возможно лишь через законодательное принуждение со стороны государства или изменение экономических условий в нашей стране.

Список литературы:

- [1] Черемных О.С., Черемных С.В. Стратегический корпоративный реинжиниринг; процессно-стоимостной подход к управлению бизнесом: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 36 с.
- [2] Платов Ю.И. Первая очередь АСУ пароходства «Волготанкер» // Передовой опыт и новая техника: сб. ЦБНТИ Минречфлота. Вып. 3 (27). – 1976. – С. 3–7.
- [3] Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота на основе оптимального нормирования ходовой операции: монография / А.Ю. Платов. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 156 с.
- [4] Альпидовский А.Д., Лисин А.А., Никулина М.В., Платов Ю.И., Платов А.Ю. Концептуальные требования к автоматизированной системе непрерывного планирования работы флота // Вестник ВГАВТ. – Вып. 11. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2004. – С. 21–25.
- [5] Платов А.Ю., Платов Ю.И. Эффективность оптимизирующих методов при оперативном планировании работы флота // Вестник ВГАВТ. – № 37. – Н. Новгород, 2013. – С. 109–112.
- [6] Платов А.Ю., Платов Ю.И., Молькин В.Н. О целесообразности использования на речном транспорте отраслевой методики нормирования энергоэффективности // Речной транспорт (XXI век). – № 5. – 2015. – С. 47–50.

TRANSPORT SHIPPING MANAGEMENT EFFICIENCY ESTIMATION

Yu.I. Platov, M.V. Nikulina

Keywords: efficiency estimation, management, transport shipping work, approaches, estimation systems, a universal indicator, management informatization

This article offers a transport shipping management universal efficiency indicator and its place in other enterprises management efficiency indicators system. This indicator can estimate the ships and some particular departments work. Its use may increase the transport shipping efficiency estimation adequacy, and afterwards- the transport shipping work efficiency. The problem concerning this indicator use in the modern world today is also described.

Статья поступила в редакцию 30.06.2016 г.

Раздел VI

**Эксплуатация водного транспорта,
судовождение
и безопасность судоходства**



Section VI

***Operation of water transport, navigation
and safety of navigation***



УДК 629.12

Ю.В. Ведерников, аспирант Морского государственного университета
им. адм. Г.И. Невельского

г. Владивосток, ул. Верхне-Портовая, 50а.

Д.Ю. Ведерников, военнослужащий научной роты Военной академии
материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева,

г. Санкт-Петербург, Набережная Макарова, 8.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА ПОД ФЛАГОМ РОССИИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Ключевые слова: морской транспортный флот, численность судов, грузовые, размерные и возрастные показатели состояния флота.

Содержание статьи направлено на исследование современного состояния морского флота, плавающего под флагом России на Дальнем Востоке. В статье сформирована структура грузового, пассажирского и технического флота по количественным, размерным (дедвейт, водоизмещение) и возрастным показателям. Работа построена на данных Российского морского регистра судоходства.

Морской транспортный флот – важная и составная часть экономики Дальнего Востока России. По мере возможностей, российский дальневосточный морской флот участвует в международных перевозках, благодаря его работе выполняется «Северный завоз» – каботажные грузоперевозки, обеспечивающие жизнедеятельность северо-восточных регионов Дальнего Востока и Восточного сектора Арктики Российской Федерации. И если обеспечение экспортно-импортных грузоперевозок может быть выполнено судами, плавающими под иностранным флагом (что по факту и осуществляется в доминирующем большинстве случаев), то реализация «Северного завоза» в северо-восточном и восточно-арктическом регионах – это задача национального флота, решаемая с целью поддержания единого экономического пространства, как базиса национальной безопасности Российской Федерации.

Именно в такой постановке вопроса, оценка фактического состояния дальневосточного морского флота России является исключительно актуальной, поскольку позволяет рассмотреть транспортную составляющую обеспечения единого экономического пространства России на Северо-Востоке и в Восточной Арктике.

Между тем, в современности, оценка состояния дальневосточного морского флота России практически не получила освещения на страницах профильных, научно-исследовательских и профессионально-прикладных изданий. Данное заключение основано на результатах тщательного обзора различных ресурсных баз – российской «eLIBRARY.RU» [3], зарубежных и международных – «ScienceDirect» [7] и «Scopus» [8], изучения публикаций российских «Центрального научно-исследовательского института морского флота» [5] и «Дальневосточного научно-исследовательского института морского флота» [2] и международного издания «Review of Maritime Transport».

Полагаем, что обзор и оценка состояния дальневосточного морского флота России могут быть выполнены с использованием данных «Регистровой книги» Российского морского регистра судоходства, размещенной на сайте данной организации [4].

Думаем, что для решения данной задачи допустимо использовать метод статистического учета, направленный на формирование структуры дальневосточного морского флота России, по следующим укрупненным признакам:

– тип судна, выделяя грузовые суда различного назначения, пассажирские суда и суда вспомогательного (технического) флота;

– количественные, размерные (дедвейт, водоизмещение) и возрастные показатели.

Такой подход требует кропотливой систематизации сведений «Регистровой книги» по судовому составу, приписанному к дальневосточным портам, с последующим созданием базы данных по указанным признакам.

Несомненно, данный подход во многом является упрощенным, раскрывающим ситуацию «в первом приближении». Это объективно обусловлено ограниченностью сведений, размещенных в «Регистровой книге», практическим отсутствием данных по грузоперевозкам «Северного завоза» с точки зрения «флага судна». В тоже время полагаем это достаточным для оценки сложившейся ситуации в целом – рассмотрения потенциала морского транспортного флота России для обеспечения каботажных перевозок на Дальнем Востоке.

Рассмотрим полученные результаты.

Так, показатели состояния грузового флота плавающего под флагом России на Дальнем Востоке представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели состояния морского грузового флота

Тип судна	Количество судов		Совокупный дедвейт,		Осредненный дедвейт, тыс. т.	Средний возраст, лет
	ед.	проц.	тыс. т.	проц.		
Грузовые суда, всего:	332	100,0	1257,5	100,0	3,8	29,0
– в т.ч. нефтеналивные суда	143	43,1	555,1	44,1	3,9	28,5
– в т.ч. водоналивные суда	6	1,8	3,8	0,4	0,6	32,7
– в т.ч. суда для перевозки генерального груза	159	47,9	590,2	46,9	3,7	28,1
– в т.ч. суда для перевозки навалочных грузов	1	0,3	30,0	2,4	30,0	27,0
– в т.ч. суда для перевозки накатных грузов	19	5,7	52,0	4,1	2,7	25,6
– в т.ч. суда - контейнеровозы	4	1,2	26,4	2,1	6,6	32,2

Примечание: здесь и ниже расчетные данные округлены; в списке судовладельцев грузового флота, использующих российский флаг, числилось 173 организации, из них 23 иностранных.

Как видно из приведенных данных, всего по состоянию на 01.09.2015 г. в составе грузового флота под флагом России на Дальнем Востоке числилось 332 судна совокупным дедвейтом 1 275,5 тыс. т. Из них большая часть (46,9% дедвейта) приходилось на суда для перевозки генерального груза, сопоставимая часть (44,1% дедвейта) – на нефтеналивные суда. Количество специализированных судов (контейнеровозов, навалочников, паромов) было не существенным. Грузовой флот состоит из небольших и старых судов: осредненный дедвейт составляет 3,8 тыс. тонн, осредненный возраст – 29 лет. Обратим внимание на соотношение величин количества судов и численности судовладельцев, в итоге составляющее величину «1,9». То есть, грубо говоря, на одного судовладельца приходится 1,9 судна, что ставит под вопрос их технически безопасную эксплуатацию.

В свою очередь, показатели состояния пассажирского флота, плавающего под флагом России на Дальнем Востоке, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели состояния морского пассажирского флота

Тип судна	Количество судов		Совокупное водоизмещение		Осредненное водоизмещение, тыс. т.	Средний возраст, лет
	ед.	проц.	тыс. т.	проц.		
Пассажирские суда, всего:	22	100,0	9,9	100,0	0,45	27,0
– в т.ч. водоизмещением до 100 т.	8	36,4	0,6	6,1	0,07	24,0
– в т.ч. водоизмещением от 100 до 500 т.	11	50,0	2,1	21,2	0,19	29,0
– в т.ч. водоизмещением от 500 до 1000 т.	-	-	-	-	-	-
– в т.ч. водоизмещением свыше 1000 т.	3	13,6	7,2	72,7	2,4	32,0

Примечание: в списке судовладельцев пассажирского флота, использующих российский флаг, числилось 18 российских организаций.

Приведенные данные наглядно свидетельствуют, что морской пассажирский флот под флагом России на Дальнем Востоке количественно небольшой – всего 22 судна и в основном состоит из старых судов прибрежного (внутрипортового) плавания: осредненное водоизмещение одного судна составляет 0,45 тыс. т, средний возраст – 27 лет. Соотношение величин количества судов и численности судовладельцев – «1,2».

Современное состояние вспомогательного (технического) флота, плавающего под флагом России на Дальнем Востоке, представлено в таблице 3.

Таблица 3

Показатели состояния морского вспомогательного (технического) флота

Тип судна	Кол-во судов		Совокупное водоизмещение		Осредненное водоизмещение, тыс. т.	Средний возраст, лет
	ед.	проц.	тыс. т.	проц.		
Суда вспомогательного флота всего:	150	100,0	274,2	100,0	1,8	29,0
– в т.ч. ледоколы	5	3,3	71,5	26,1	14,3	32,0
– в т.ч. буксиры	107	71,3	109,0	39,7	1,0	30,0
– в т.ч. плавучие краны	12	8,0	16,4	6,0	1,4	38,0
– в т.ч. земснаряды, грунтово-тозовы	6	4,0	11,3	4,1	1,9	30,0
– в т.ч. водолазные суда, спасатели	7	4,7	7,9	2,9	1,1	15,0
– в т.ч. технически суда иного назначения	13	8,7	58,1	21,2	4,5	22,0

Примечание: в списке судовладельцев вспомогательного (технического) флота использующих российский флаг, числилось 77 организаций, из них 15 иностранных.

Дальневосточный вспомогательный (технический) флот, равно как и рассмотренные выше грузовой и пассажирский флоты, является старым – средний возраст судов составляет 29 лет. Количественный состав дальневосточного вспомогательного флота достаточно существенный – 150 судов. При этом доминирующую часть (в судовом отношении – 71,3%, по водоизмещению – 39,7%) составляют буксирные суда, как

основа портфлота. Прочие типы судов вспомогательного флота сравнительно не значительны в количественном отношении. Соотношение величин количества судов и численности судовладельцев – «1,9».

Полезно сравнить возрастные показатели дальневосточного морского транспортного флота России с мировыми тенденциями. Так, по данным международного обзора «Review of Maritime Transport» средний возраст сухогрузного судна составляет - 25 лет, контейнеровоза – 10,8 года, танкера – 16,7 лет, балкера – 9,9 года [6, с. 40].

Отметим, что по советским нормам амортизационных отчислений на полное восстановление предельно-допустимый возраст морских судов составлял:

- пассажирские и грузопассажирские суда водоизмещением до 10 тыс. т – 27 лет (т.е. при норме амортизации на полное восстановление 3,7% в год);

- сухогрузные суда универсального назначения – 25 лет (норма амортизации – 4,0% в год);

- танкеры водоизмещением до 10 тыс. т – 18,9 лет (норма амортизации – 5,3% в год);

- буксиры морские – 25 лет (норма амортизации – 4,0% в год) [1, с. 65].

В итоге выполненные расчеты и проведенные сравнения позволяют утверждать, что в современности дальневосточный морской транспортный флот России находится в критичном состоянии. Допускаем, что морской транспортный флот не в состоянии самостоятельно обеспечить своевременную реализацию программ «Северного завоза», что формирует угрозу национальной безопасности северо-восточных регионов Российской Федерации.

С одной стороны, это обусловлено продолжительным забвением программ обновления морского транспортного флота, а с другой стороны – актуализирует важность формирования программ обновления морского транспортного флота Дальнего Востока России.

Список литературы:

- [1] Гулев Я.Ф., Лебединский П.К. Основные показатели и измерители работы транспорта: справочник / Я.Ф. Гулев, П.К. Лебединский. – М.: Транспорт, 1980. – 216 с.
- [2] Дальневосточный научно-исследовательский институт морского флота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dniimf.ru/>
- [3] Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>
- [4] Регистровая книга / Российский морской регистр судоходства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-class.org/ru/>
- [5] Центральный научно-исследовательский институт морского флота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cniimf.ru/>
- [6] Review of Maritime Transport. Report by the UNCTAD secretariat. New York and Geneva, 2014. – 187 p.
- [7] ScienceDirect. База данных научных периодических изданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/>
- [8] Scopus. База данных научных периодических изданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scopus.com/>

THE RUSSIAN MARITIME TRANSPORT SHIPPING CURRENT STATE IN THE FAR EAST

Y.V. Vedernikov, D.Y. Vedernikov

Keywords: maritime transport shipping, the vessels, number, loading, dimensional and age transport shipping status indicators.

The article deals with the Russian maritime transport shipping current state in the Far East. In the article the cargo, the passenger and the auxiliary transport shipping structure accord-

ing to the quantitative, size (deadweight, displacement) and age indicators. The work is based on the data provided by the Russian Maritime Shipping Register.

Статья поступила в редакцию 23.03.2016 г.

УДК 659.62.052.4:[629.12:532.5]

А.Н. Клементьев, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛОСКОГО ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПРИ ЗАХОДЕ В КАМЕРУ ШЛЮЗА ПРЕДЕЛЬНО МАЛОЙ ШИРИНЫ

Ключевые слова: судно, шлюз, процесс захода в камеру шлюза

В статье отмечены гидродинамические особенности, возникающие в процессе захода судна в камеру шлюза. Изложена математическая модель движения судна при заходе в камеру шлюза предельно малой ширины.

При заходе судна в камеру шлюза, где имеют место большие ограничения по ширине и глубине, гидродинамические явления отличаются от явлений, наблюдаемых при движении на мелководье или в судоходном канале. Эти явления характеризуются:

- большими скоростями в потоке, обтекающем судно, которые возникают вследствие большого стеснения камеры корпусом судна;
- повышением уровня воды перед носовой частью судна при заходе в камеру шлюза;
- движение в камере шлюза осуществляется с переменным по времени дифферен- том.

Вследствие этого увеличивается сопротивление трения (за счет увеличения скорости обтекания) и волновое сопротивление (за счет трансформации волн). Экспериментальные исследования [1] показали, что волновое сопротивление является доминирующим при заходе судна в камеру шлюза.

Режим в потоке обтекания можно считать турбулентным [2] из-за наличия больших местных возмущений и нестационарного движения судна. Отмеченные гидравлические явления влияют на дополнительную осадку судна.

Натурные наблюдения [4, 5] показали, что крупнотоннажные суда движутся при заходе в шлюз с первой критической скоростью. Это объясняется тем, что к силе упора движителей прибавляется сила инерции судна, а значение первой критической скорости на коротком участке движения падает в 4–7 раз по сравнению с ее значением в подходном канале вследствие резкого увеличения степени стеснения живого сечения потока и увеличения скорости обтекания корпуса судна.

Из теории гидравлики известно [3], что критическая скорость потока определяется для прямоугольных сечений по выражению:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{g(F_k - \Omega_c)}{B_k}}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

F_k – площадь водного сечения камеры шлюза, м^2 ;

Ω_c – площадь погруженной части судна, м²;
 B_k – ширина камеры шлюза, м.

Несложные расчеты показывают, что, например, для т/х «Волго-Дон» при заходе в шлюзы Волго-Донского и Волго-Балтийского судоходных каналов (шириной 18 м) при статическом запасе воды под днищем судна 30 см значение критической скорости имеет значение 2,4 м/с.

Таким образом, отличие математической модели процесса захода в камеру шлюза отличается от традиционной модели управляемости и состоит в том, что гидродинамические характеристики как инерционного (присоединенные массы), так и неинерционного происхождения зависят дополнительно от расположения судна по отношению к шлюзу (т.е. от мгновенных координат системы).

Положение судна в процессе захода в любой момент времени определяется обобщенными координатами центра масс (G): $q_1 = x_0$; $q_2 = y_0$ и углом курса $q_3 = \Theta$.

Рассмотрим процесс захода судна в камеру шлюза при минимальных запасах по ширине (т.е. $B_c / B_k = 0,9$). В этом случае из рассмотрения можно исключить поперечные смещения судна в камере и изменения курса.

Тогда положение судна в камере шлюза будет определяться только обобщенной координатой $q_1 = x_0$. А обобщенная скорость (в неподвижной системе координат X_0OY_0) может быть представлена в виде:

$$q_1 = v_x = \frac{dx_0}{dt}. \quad (2)$$

Представим суммарные силы, действующие на судно шлюзе в виде:

$$X = T_E - X_\infty - X_{\text{шл}}, \quad (3)$$

где X_∞ – корпусное усилие на глубокой воде;

$X_{\text{шл}}$ – дополнительное усилие на корпусе, возникающее в шлюзе. (Оно зависит не только от скорости, но и от положения судна в камере шлюза в каждый момент времени.)

Таким образом, $X_{\text{шл}} = f(v_x, x_0)$.

Для получения уравнения движения воспользуемся известным из аналитической механики уравнением Лагранжа II рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_c}{\partial q_1} \right) - \frac{\partial T_c}{\partial q_1} = \bar{Q}_1. \quad (4)$$

Будем считать, что кинематическая энергия системы судно – жидкость в этом случае определяется выражением:

$$T_c = T_{c_\infty} + T_{\text{шл}}, \quad (5)$$

где $T_{c_\infty} = f(v_x)$;

$T_{\text{шл}} = f(v_x, x_0)$.

Производная кинетической энергии по скорости имеет вид:

$$\frac{\partial T_c}{\partial v_x} = (m + \lambda_{11\infty})v_x + \lambda_{11\text{шл}}v_x. \quad (6)$$

Производная кинетической энергии, обусловленной влиянием шлюза, по обобщенной координате имеет вид:

$$\frac{dT_{\text{шл}}}{dx_0} = 0,5\lambda_{11\text{шл}}^{(x_0)}v_x^2. \quad (7)$$

Поскольку $\lambda_{11\text{шл}}$ зависит от времени t через посредство координаты x_0 , то выражение для кинетической энергии (5) можно представить в виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_c}{\partial v_x} \right) = (m + \lambda_{11\infty}) \frac{dv_x}{dt} + \lambda_{11\text{шл}} \frac{dv_x}{dt} + 0,5\lambda_{11\text{шл}}^{(x_0)}v_x^2. \quad (8)$$

Подставляя (8) в (4) и выполнив необходимые преобразования, получим уравнение плоского движения судна при заходе в камеру шлюза с предельно малыми запасами по ширине:

$$(m + \lambda_{11\infty}) \frac{dv_x}{dt} + \lambda_{11\text{шл}} \frac{dv_x}{dt} + 0,5v_x^2\lambda_{11\text{шл}}^{(x_0)} = T_E - X_\infty - X_{\text{шл}}. \quad (9)$$

В силу специфики определения добавочных усилий уравнение движения нельзя решать как в традиционной модели относительно скорости без учета уравнения траектории. Для замыкания математической модели (10) необходимо добавить кинематическое уравнение в виде:

$$\frac{dx_0}{dt} = v_x. \quad (10)$$

Кроме того, в связи с отмеченными выше гидродинамическими особенностями, сопровождающими процесс захода судна в шлюз, уравнения движения (9) и (10) необходимо дополнить уравнениями, характеризующими состояние потока обтекания, что также определяет кинематику маневра.

Поскольку в условиях, когда поперечные размеры судна и камеры шлюза малы в сравнении с продольными, а поперечные возмущения предельно незначительны, будем рассматривать движение в направлении продольной оси камеры. В этом случае можно применить «теорию мелкой воды» [6], считая, что все величины, определяющие движение воды, зависят лишь от координаты (x) и времени (t). В качестве таких расчетных величин можно принять расход жидкости $Q(x, t)$ и ординату ее свободной поверхности $\xi(x, t)$. Обе эти функции будем считать непрерывными и дифференцируемыми.

При наличии расхода жидкости динамический эффект выражается в появлении дополнительного перепада уровня воды. Уравнение неразрывности в этом случае можно записать в виде [7]:

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q. \quad (11)$$

где $Q = u_x \Omega_c$;

u_x – продольная скорость обтекания;

Ω – площадь поперечного течения воды на рассматриваемом участке;

$\Omega = f(x, \xi, z_0)$ – площадь на свободном участке камеры;

$\Omega = F_k - \Omega_c + B(x_0 - \Delta\xi)$ – площадь на участке, занятом судном

q – расход воды при обтекании корпуса судна в процессе захода в шлюз.

Динамическое уравнение движения воды в камере для выделенного объема может быть представлено в виде [8]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{\Omega} \right) + g\Omega \frac{\partial \xi}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

Данное уравнение представляет собой уравнение длинных волн в камере шлюза с оттоком по длине.

Таким образом, уравнения (9) – (12) представляют собой математическую модель движения судна при заходе в камеру шлюза. Незвестными в этой математической модели являются величины: x_0 , v_x , Q , ξ .

Для однозначного решения задачи основные неизвестные должны удовлетворять дополнительным условиям:

– начальным (при $t = 0$);

– граничным (при $x = 0$ и $x = l$).

Здесь l – длина рассматриваемого участка шлюза.

Данная задача в полной ее постановке может быть решена только численно. Однако, основные закономерности с достаточной для практики точностью можно получить при помощи ряда упрощающих допущений, позволяющих найти и аналитическое решение.

Список литературы:

- [1] Дорофеев В.В. Гидравлическое исследование процесса ввода судна в камеру шлюза / Г.И. Мелконян В.В. Дорофеев // Тр. ЛИВТ. – 1971. – Ч. 1. – С. 33–43.
- [2] Кирьяков С.С. Современное состояние теории расчета дополнительной осадки судов при движении в шлюзах / С.С. Кирьяков // Тр. ЛИВТ. – 1972. – Вып. 132 – С. 144–154.
- [3] Михайлов, А.В. Водные пути и порты: учебник / А.В. Михайлов, С.Н. Левачев. – М.: Высш. школа, 1982.
- [4] Зернов Д.А. Определение глубины на порогах шлюзов / Д.А. Зернов, С.В. Кирьяков // «Речной транспорт». – 1967. – № 11. – С. 36–37.
- [5] Клементьев А.Н. Результаты натурных наблюдений по определению скоростей захода (выхода) судов в шлюзы Горьковского гидроузла / А.Н. Клементьев, П.Н. Токарев // Деп. в ЦБНТИ Минречфлота РСФСР № 229-РФ.
- [6] Коротков С.Н. Анализ и метод определения характеристик движения речных судов в каналах: Автореферат дисс. на соискание степ. к.т.н. – Л.: 1985. – С. 18.
- [7] Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебник. Т. 1 / Л.И. Седов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1976. – 536 с.
- [8] Васильев О.Ф. Присоединенная масса жидкости для судна в камере судоходного сооружения. / О.Ф. Васильев // Прикладная механика и теоретическая физика. – 1961. – № 2. – С. 61–71.

THE PLANE SHIP MOVEMENT MATHEMATICAL MODEL WHILE ENTERING AN EXTREMELY SMALL WIDTH LOCK-CHAMBER

A.N. Klementiev

Keywords: *ship, lock, entering the lock process*

In the article some hydrodynamic features while the ship's entering a lock chamber are noted. The plane ship movement mathematical model while entering an extremely small width lock-chamber is presented.

Статья поступила в редакцию 27.04.2016 г.

УДК 656.6.052.4:629.5.015.26

А.С. Криницын, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

В.И. Тихонов, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Р.С. Хвостов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОРПУСНЫХ УСИЛИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОВОДЬЯ

Ключевые слова: судно, мелководье, гидродинамические характеристики, корпус судна.

В статье проанализированы существующие методы определения гидродинамических характеристик в условиях мелководья. Предложена усовершенствованная методика расчета поперечных составляющих корпусных усилий, действующих на судно в зависимости от уменьшения глубины судового хода. Определены пути дальнейшего исследования вопроса расчета гидродинамических характеристик в условиях мелководья.

На основании циркуляционно-отрывной теории крыла предельно малого удлинения, разработанной К. К. Федяевским [6] и Г. В. Соболевым [4], определены зависимости величин C_{y_T} и C_{m_T} от кинематических характеристик криволинейного движения судна [1]:

$$C_{y_T} = c_1\beta + c_2\bar{\omega} + c_3\beta|\beta| + c_4\beta|\bar{\omega}| + c_5\bar{\omega}|\bar{\omega}|; \quad (1)$$

$$C_{m_T} = m_1\beta + m_2\bar{\omega} + m_3\beta|\beta| + m_4\beta|\bar{\omega}| + m_5\bar{\omega}|\bar{\omega}|. \quad (2)$$

Методика определения коэффициентов поперечной силы и ее момента применительно к грузовым судам, с учетом влияния ограниченной глубины на параметры установившегося циркуляционного движения судна, разработанная Павленко В.Г. и Вьюговым В.В. имеет следующий вид [2]:

$$C_{y_T} = c_1\beta + c_2\bar{\omega} + c_3\beta|\beta| + c_4\beta|\bar{\omega}|; \quad (3)$$

$$C_m = m_1\beta + m_2\bar{\omega}, \quad (4)$$

Однако данный способ не учитывает увеличения скорости обтекания погруженной части судового корпуса вследствие уменьшения глубины судового хода. В этой связи предлагается ввести коэффициент, учитывающий данное влияние:

$$C_{f(T/H)} = [1 + \bar{\delta}_i f(T/H)]^2, \quad (5)$$

где $\bar{\delta}_i$ – соотношение коэффициентов полноты водоизмещения составных частей корпуса, а именно:

$$\bar{\delta}_n = \delta_n / \delta_u; \quad (6)$$

$$\bar{\delta}_k = \delta_k / \delta_u; \quad (7)$$

$$\bar{\delta}_u = \delta_u / \delta_u = 1. \quad (8)$$

Здесь $\delta_n, \delta_k, \delta_u$ – коэффициенты полноты водоизмещения соответственно носовой, кормовой частей корпуса и цилиндрической вставки.

Для определения функциональной зависимости $F = f(T/H)$ за основу берется методика подсчета коэффициентов ГДХ, полученная В.И. Тихоновым, которая учитывает индивидуальные геометрические характеристики погруженной части судна на глубокой воде [5]:

$$C_{x_F} = (\bar{m}A_{x_0} + C_{V_x} + Fr^2 A_{W_x} \cos^2 \beta) \cos^2 \beta + \bar{m}^2 A_{x_1} |\sin \beta| \cos \beta + \bar{m} A_{x_3} \sin^2 \beta - \bar{m} k'_{22} |\bar{\omega} \sin \beta|; \quad (9)$$

$$C_{y_F} = C_{y_{цир}} + C_{y_{омп}} + C_{y_V} + C_{y_W} + C_{y_0} = \\ = (A_1 + A_{1_0}) \sin \beta \cos \beta - (A_2 + A_{2_0} - A'_2 - A''_2) \bar{\omega} \cos \beta + \\ + (A_3 + A_{3_V} + A_{3_W}) \sin^2 \beta - (A_4 + A_{4_V} + A_{4_W}) \bar{\omega} \sin \beta + \\ + (A_5 + A_{5_V} + A_{5_W}) \bar{\omega}^2; \quad (10)$$

$$C_{m_F} = C_{m_{цир}} + C_{m_{омп}} + C_{m_V} + C_{m_W} + C_{m_0} = \\ = (B_1 + B_{1_0}) \sin \beta \cos \beta - (B_2 + B_{2_0} + B'_2 - B''_2) \bar{\omega} \cos \beta + \\ + (B_3 + B_{3_V} + B_{3_W}) \sin^2 \beta - (B_4 + B_{4_V} + B_{4_W}) \bar{\omega} \sin \beta + \\ + (B_5 + B_{5_V} + B_{5_W}) \bar{\omega}^2. \quad (11)$$

В ходе исследования по определению вязкостного сопротивления воды поперечному движению судна Хвостовым Р.С., была предложена следующая структурная зависимость коэффициентов C_{y_F} и C_{m_F} [7]:

$$C_{y_F} + 2,1 C_{m_F} = \bar{m} \bar{\omega} \cos \beta. \quad (12)$$

Руководствуясь предложенными Тихоновым В.И. формулами [5] для расчета коэффициентов $A_1, A_{1_0}, A_2, A_{2_0}, A'_2, A''_2, A_3, A_{3_V}, A_{3_W}, A_4, A_{4_V}, A_{4_W}, A_5, A_{5_V}, A_{5_W}, B_1, B_{1_0}, B_2, B_{2_0}, B'_2, B''_2, B_3, B_{3_V}, B_{3_W}, B_4, B_{4_V}, B_{4_W}, B_5, B_{5_V}, B_{5_W}$ и задаваясь условиями $F = f(T/H)$ и $F = 0$ на глубокой воде, принимая во внимание коэффициент $C_{f(T/H)}$ влияния мелководья в зависимости от типа погруженной части судового корпуса, вышеупомянутые формулы примут следующий вид:

$$A_{1_m} = 2(\bar{l}_n \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - \bar{l}_k \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2); \quad (13)$$

$$A_{1_{0_m}} = \frac{2B\theta}{T} (\bar{\delta}_n \bar{l}_n \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{\delta}_k \bar{l}_k \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2); \quad (14)$$

$$A_{2_m} = (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{yn}^2) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{yk}^2) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2; \quad (15)$$

$$A_{2_{0_m}} = \frac{B\theta}{T} \left[\bar{\delta}_n (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{yn}^2) \sin \bar{q}_n \cos \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - \bar{\delta}_k (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{yk}^2) \sin \bar{q}_k \cos \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 \right]; \quad (16)$$

$$A_{2'_m} = \frac{B}{L} \left(\bar{\delta}_n \bar{l}_n \cos^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{\delta}_k \bar{l}_k \cos^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 \right); \quad (17)$$

$$A_{2''_m} = \frac{B}{L} \left(\bar{\delta}_n \bar{l}_n A_{yn} \cos^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - \bar{\delta}_k \bar{l}_k A_{yk} \cos^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 \right); \quad (18)$$

$$A_{3_m} = \bar{l}_n A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{l}_k A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + \bar{l}_y A_{ly} (1 + F)^2; \quad (19)$$

$$A_{3_{V_y}} = C_{V_y} \frac{\delta B}{T} = C_{V_y} \frac{B}{T} \left(\bar{l}_n \bar{\delta}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{l}_y \beta_y (1 + F)^2 + \bar{l}_k \bar{\delta}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 \right); \quad (20)$$

$$A_{3_{W_m}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} A_{3_m} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} \left(\bar{l}_n A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{l}_k A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + \bar{l}_y A_{ly} (1 + F)^2 \right); \quad (21)$$

$$A_{4_m} = (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{yn}^2) A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{yk}^2) A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + (\bar{l}_{yn}^2 - \bar{l}_{yk}^2) A_{ly} (1 + F)^2; \quad (22)$$

$$A_{4_{V_y}} = C_{V_y} \frac{B}{T} \left[\bar{\delta}_n (0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{yn}^2) (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - \bar{\delta}_k (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{yk}^2) (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + \beta_y (\bar{l}_{yn}^2 - \bar{l}_{yk}^2) (1 + F)^2 \right]; \quad (23)$$

$$A_{4_{W_m}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} A_{4_m} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} \left[(0,25\sigma_n^2 - \bar{l}_{yn}^2) A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 - (0,25\sigma_k^2 - \bar{l}_{yk}^2) A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + (\bar{l}_{yn}^2 - \bar{l}_{yk}^2) A_{ly} (1 + F)^2 \right]; \quad (24)$$

$$A_{5_m} = \frac{1}{3} \left[(0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{yn}^3) A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + (0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{yk}^3) A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + (\bar{l}_{yn}^3 + \bar{l}_{yk}^3) A_{ly} (1 + F)^2 \right]; \quad (25)$$

$$A_{5_{V_y}} = C_{V_y} \frac{B}{3T} \left[\bar{\delta}_n (0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{yn}^3) (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + \bar{\delta}_k (0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{yk}^3) (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + \beta_y (\bar{l}_{yn}^3 + \bar{l}_{yk}^3) (1 + F)^2 \right]; \quad (26)$$

$$A_{5_{W_m}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} A_{5_m} = Fr_0^2 \frac{L}{300T} \left[(0,125\sigma_n^3 - \bar{l}_{yn}^3) A_{yn} \sin^2 \bar{q}_n (1 + \bar{\delta}_n F)^2 + (0,125\sigma_k^3 - \bar{l}_{yk}^3) A_{yk} \sin^2 \bar{q}_k (1 + \bar{\delta}_k F)^2 + (\bar{l}_{yn}^3 + \bar{l}_{yk}^3) A_{ly} (1 + F)^2 \right]; \quad (27)$$

$$B_{1_{\text{м}}} = A_{2_{\text{м}}} = (0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) \sin \bar{q}_{\text{н}} \cos \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) \sin \bar{q}_{\text{к}} \cos \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2; \quad (28)$$

$$B_{1_{\theta_{\text{м}}}} = A_{2_{\theta_{\text{м}}}} = \frac{B\theta}{T} \left[\delta_{\text{н}} (0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) \sin \bar{q}_{\text{н}} \cos \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 - \delta_{\text{к}} (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) \sin \bar{q}_{\text{к}} \cos \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 \right]; \quad (29)$$

$$B_{2_{\text{м}}} = \frac{2}{3} \left[(0,125\sigma_{\text{н}}^3 - \bar{l}_{\text{нн}}^3) \sin \bar{q}_{\text{н}} \cos \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 - (0,125\sigma_{\text{к}}^3 - \bar{l}_{\text{нк}}^3) \sin \bar{q}_{\text{к}} \cos \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 \right]; \quad (30)$$

$$B_{2_{\theta_{\text{м}}}} = \frac{2B\theta}{3T} \left[\delta_{\text{н}} (0,125\sigma_{\text{н}}^3 - \bar{l}_{\text{нн}}^3) \sin \bar{q}_{\text{н}} \cos \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + \delta_{\text{к}} (0,125\sigma_{\text{к}}^3 - \bar{l}_{\text{нк}}^3) \sin \bar{q}_{\text{к}} \cos \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 \right]; \quad (31)$$

$$B'_{2_{\text{м}}} = \frac{B}{2L} \left[\delta_{\text{к}} (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) \cos^2 \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 - \delta_{\text{н}} (0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) \cos^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 \right]; \quad (32)$$

$$B''_{2_{\text{м}}} = \frac{B}{2L} \left[\delta_{\text{н}} (0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) A_{\gamma_{\text{н}}} \cos^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + \delta_{\text{к}} (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) A_{\gamma_{\text{к}}} \cos^2 \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 \right]; \quad (33)$$

$$B_{3_{\text{м}}} = 0,5 A_{4_{\text{м}}} = 0,5 \left[(0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) A_{\gamma_{\text{н}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 - (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) A_{\gamma_{\text{к}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 + (\bar{l}_{\text{нн}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) A_{\gamma_{\text{н}}} (1 + F)^2 \right]; \quad (34)$$

$$B_{3_{\gamma_{\text{м}}}} = 0,5 A_{4_{\gamma_{\text{м}}}} = 0,5 C_{\gamma_{\text{м}}} \frac{B}{T} \left[\delta_{\text{н}} (0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 - \delta_{\text{к}} (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 + \beta_{\text{м}} (\bar{l}_{\text{нн}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) (1 + F)^2 \right]; \quad (35)$$

$$B_{3_{\text{м}}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_{3_{\text{м}}} = 0,5 Fr_0^2 \frac{L}{100T} \left[(0,25\sigma_{\text{н}}^2 - \bar{l}_{\text{нн}}^2) A_{\gamma_{\text{н}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 - (0,25\sigma_{\text{к}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) A_{\gamma_{\text{к}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 + (\bar{l}_{\text{нн}}^2 - \bar{l}_{\text{нк}}^2) A_{\gamma_{\text{н}}} (1 + F)^2 \right]; \quad (36)$$

$$B_{4_{\text{м}}} = 2 A_{5_{\text{м}}} = \frac{2}{3} \left[(0,125\sigma_{\text{н}}^3 - \bar{l}_{\text{нн}}^3) A_{\gamma_{\text{н}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + (0,125\sigma_{\text{к}}^3 - \bar{l}_{\text{нк}}^3) A_{\gamma_{\text{к}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{к}} (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 + (\bar{l}_{\text{нн}}^3 + \bar{l}_{\text{нк}}^3) A_{\gamma_{\text{н}}} (1 + F)^2 \right]; \quad (37)$$

$$B_{4_{\gamma_{\text{м}}}} = 2 A_{5_{\gamma_{\text{м}}}} = 2 C_{\gamma_{\text{м}}} \frac{B}{3T} \left[\delta_{\text{н}} (0,125\sigma_{\text{н}}^3 - \bar{l}_{\text{нн}}^3) (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + \delta_{\text{к}} (0,125\sigma_{\text{к}}^3 - \bar{l}_{\text{нк}}^3) (1 + \bar{\delta}_{\text{к}} F)^2 + \beta_{\text{м}} (\bar{l}_{\text{нн}}^3 + \bar{l}_{\text{нк}}^3) (1 + F)^2 \right]; \quad (38)$$

$$B_{4_{\text{м}}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_{4_{\text{м}}} = \frac{2}{3} Fr_0^2 \frac{L}{100T} \left[(0,125\sigma_{\text{н}}^3 - \bar{l}_{\text{нн}}^3) A_{\gamma_{\text{н}}} \sin^2 \bar{q}_{\text{н}} (1 + \bar{\delta}_{\text{н}} F)^2 + \right. \quad (39)$$

$$+ \left(0,125\sigma_{\kappa}^3 - \bar{l}_{\kappa}^3 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \sin^2 \bar{q}_{\kappa} \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 + \left(\bar{l}_{\kappa}^3 + \bar{l}_{\kappa}^3 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \left(1 + F \right)^2 \Bigg];$$

$$B_{5_M} = \frac{1}{4} \left[\left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \sin^2 \bar{q}_{\kappa} \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 + \right. \quad (40)$$

$$\left. + \left(\bar{l}_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \left(1 + F \right)^2 - \left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \sin^2 \bar{q}_{\kappa} \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 \right];$$

$$B_{5_{V_M}} = C_{V_y} \frac{B}{4T} \left[\delta_{\kappa} \left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 - \right. \quad (41)$$

$$\left. - \delta_{\kappa} \left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 + \beta_M \left(\bar{l}_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) \left(1 + F \right)^2 \right];$$

$$B_{5_{W_M}} = Fr_0^2 \frac{L}{100T} B_{5_M} = Fr_0^2 \frac{L}{400T} \left[\left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \sin^2 \bar{q}_{\kappa} \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 + \right. \quad (42)$$

$$\left. + \left(\bar{l}_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \left(1 + F \right)^2 - \left(0,0625\sigma_{\kappa}^4 - \bar{l}_{\kappa}^4 \right) A_{\gamma_{\kappa}} \sin^2 \bar{q}_{\kappa} \left(1 + \bar{\delta}_{\kappa} F \right)^2 \right].$$

С помощью уравнений (10–42) находим искомую зависимость $F = f(T/H)$. При этом используем подсчитанные ранее по методике Павленко-Вьюгова [2, 3] углы дрейфа судна на установившейся циркуляции в зависимости от соотношения осадки судна к глубине судового хода (T/H) в пределах $0 \leq (T/H \leq 0,7)$ для 8 судов различных проектов.

На основании выполненных расчётов были построены графики зависимости соотношения осадки судна к глубине судового хода (T/H) от искомой безразмерной величины $F = f(T/H)$, а также ее среднего значения.

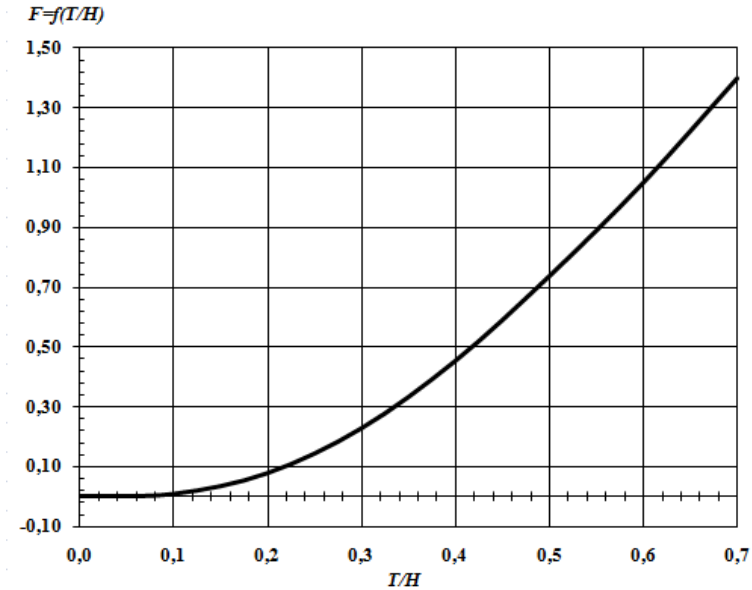


Рис. 1. Зависимость среднего значения $F = f(T/H)$ от соотношения осадки судна к глубине судового хода (T/H)

По результатам аппроксимации среднее значение зависимости $F = f(T/H)$ принимает следующий вид:

$$F = -2,648 \left(\frac{T}{H} \right)^4 + 1,9448 \left(\frac{T}{H} \right)^3 + 3,2176 \left(\frac{T}{H} \right)^2 - 0,2996 \left(\frac{T}{H} \right). \quad (43)$$

Таким образом, была выражена функциональная зависимость влияния мелководья при определении поперечных составляющих корпусных усилий, действующих на судно.

В качестве проверки эффективности данной методики, используя выражение (43), а также формулы (10–42), рассчитаны углы дрейфа судна на установившейся циркуляции в зависимости от соотношения осадки судна к глубине судового хода (T/H) в пределах $0 \leq (T/H \leq 0,7)$ на примере судна типа Волго-Дон (проект 507Б). На основании полученных данных построен график зависимости угла дрейфа β от безразмерной угловой скорости $\bar{\omega}$.

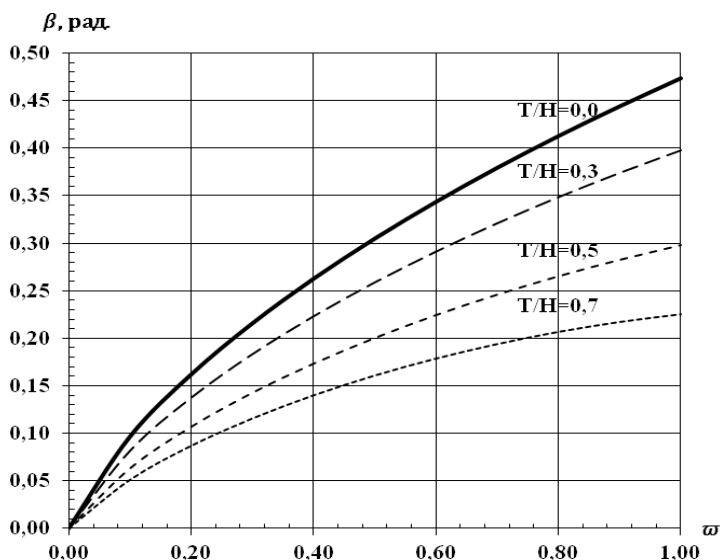


Рис. 2. Зависимость угла дрейфа β от безразмерной угловой скорости $\bar{\omega}$ т/х проекта 507Б

Результаты исследования позволяют сделать предположение, что данная методика расчета поперечных составляющих корпусных усилий с учетом влияния мелководья будет работать и при определении продольных составляющих корпусных усилий, а также масс и моментов присоединенной воды, что в дальнейшем позволит нам использовать методику Тихонова В.И. [5] для подсчета коэффициентов ГДХ на участках с ограниченной глубиной.

Список литературы:

- [1] Басин А.М. Гидродинамика судов на мелководье / А.М. Басин, И.О. Веледницкий, А.Г. Ляховицкий. – Л.: Судостроение, 1976. – 320 с.
- [2] Вьюгов В.В. Управляемость водоизмещающих речных судов / В.В. Вьюгов. – Новосибирск: НГАВТ, 1999. – 262 с.
- [3] Павленко В.Г. Маневренные качества речных судов (Управляемость судов и составов) / В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1979. – 184 с.
- [4] Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения / Г.В. Соболев. – Л.: Судостроение, 1976. – 478 с.

[5] Тихонов В.И. Основы теории динамической системы судно–жидкость / В.И. Тихонов. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2007. – 262 с.

[6] Федяевский К.К. Управляемость корабля / К.К. Федяевский, Г.В. Соболев. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 376 с.

[7] Хвостов Р.С. Метод адекватного моделирования гидродинамических усилий, действующих на корпус маневрирующего судна: дис. ... канд. ист. наук: 05.22.19: защищена 06.03.12: утв. 15.07.02 / Хвостов Роман Сергеевич. – Н. Новгород, 2012. – 157 с.

THE TRANSVERSE COMPONENTS HULL EFFORTS DETERMINATION CONSIDERING THE SHALLOW WATER IMPACT

A.S. Krinitsin, V.I. Tikhonov, R.S. Khvostov

Keywords: vessel, shallow water, hydrodynamic characteristics, hull.

The article analyzes the existing methods for determining the hydrodynamic characteristics in shallow water. The authors offer a new method for calculating hull transverse components for the forces acting on the vessel, depending on the fairway depth reduction. Some methods for the future research concerning the hydrodynamic characteristics determining in the shallow water are noted.

Статья поступила в редакцию 16.05.2016 г.

УДК 659.62.052.4:[629.12:532.5]

В.А. Лобанов, профессор, д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Р.С. Хвостов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О САЕ-СИСТЕМАХ. ОСОБЕННОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ЛЕДОТЕХНИКИ

Ключевые слова: судно, ледовые условия, ледотехника, САЕ-системы, конечноэлементное моделирование.

В работе сделан краткий обзор применения САЕ-технологий для оценок ледовых качеств флота и прогноза ледового воздействия на гидротехнические сооружения. Даны общие сведения о САЕ-системах, особенностях их использования в решениях задач морской и речной ледотехники. Проиллюстрированы конкретными примерами САЕ-решения ледовых задач специального рассмотрения. Подчёркнута особая значимость САЕ-экспериментов для теории морской и речной ледотехники. Приведены некоторые результаты, которые можно использовать в качестве справочных.

САЕ-система (англ.: Computer Aided Engineering) – это компьютерная технология, моделирующая и визуализирующая пространственно-временное развитие исследуемого процесса. В настоящее время подобные технологии находят свое применение в различных областях знания: механика, гидро-, газо- и термодинамика, строительство, обработка материалов, медицина, ядерная физика, гидрометеорология, микро- и макромир и др.

Основой CAE-системы является численный решатель систем дифференциальных уравнений, описывающих поведение предварительно дискретизированной (обычно в конечноэлементной формулировке) области пространства (среды, тела). При этом необходимо отметить, что сходимость решения здесь обеспечивается не только отработанными численными методами, но и специальными «искусственными» программными процедурами, алгоритмами и приёмами, также обеспечивающими адекватность результата.

CAE-система объединяет в себе три автономные структурные единицы: препроцессор, процессор и постпроцессор [8]. Препроцессинг включает в свой состав процедуры формирования геометрии модели, её конечноэлементного разбиения, выбора типов и формулировок конечных элементов, задания моделей материалов и их физико-механических свойств, определения алгоритмов контактного взаимодействия, установки начальных и граничных условий, а также вывода содержания и объёмов информации для последующей постпроцессорной обработки.

Начальный этап процессинга связан с устранением синтаксических и процедурных ошибок сформированной исходной модели. После отладки выполняется наиболее ресурсопотребляемый этап – непосредственно расчёт.

Постпроцессинг подразумевает анализ результатов моделирования как в традиционном виде (пространственно-временные функции), так и средствами научной визуализации (трёхмерная графика и анимация).

Весь комплекс задач морской и речной ледотехники относится к обширному классу проблем механики деформируемых сред. Именно в этой области моделирования появились первые коммерческие CAE-системы и в настоящее время остаются наиболее надёжными и потому востребованными. Принципиальная научная новизна CAE-технологий при рассмотрении проблем механики заключается в *моделировании взаимодействия объектов* в отличие от *моделирования нагрузок*, что предлагают традиционные полуэмпирические и большинство численных методов. В задачах оценки и прогнозирования ледовых качеств флота это позволяет перейти к реализации *неавтономных* моделей взаимодействия корпуса судна и его движительно-рулевого комплекса (ДПК) с водоледающей средой. В отличие от классических *автономных* решений, учитывающих влияние только количественно статичной изотропной *среды на судно*, CAE-модели описывают *взаимовлияние* судна и среды с учётом *стохастичности* этого процесса в пространстве и времени. Также важным достоинством CAE-анализа следует признать возможность разделения гидродинамических и ледовых нагрузок, что недоступно модельному эксперименту и натурным испытаниям.

Основным условием корректности последующих CAE-решений в задачах морской и речной ледотехники стала предварительная отработка адекватной реологической модели льда и алгоритмов его контакта в триаде «судно (в том числе и ДПК)-ледяная среда-вода». К настоящему времени эти проблемы успешно решены в рамках применения универсальной CAE-системы LS-DYNA [19]. Так, в отношении льда предпочтение отдано изотропному материалу, который описывается упругопластической средой с условием текучести Мизеса (*MAT_ISOTROPIC_ELASTIC_FAILURE_TITLE). Особенностью его использования является реализация гидродинамической конечноэлементной модели разрушения льда. При этом по достижении любого из критериев разрушения (предельные напряжения или деформации) элемент сохраняется в матрице жёсткости некоторое время, но компоненты девиатора напряжений обнуляются, элемент теряет способность противостоять растягивающим нагрузкам, т.е. ведёт себя подобно жидкости. Период его «гидродинамической жизни» определяется предельным шагом интегрирования, по достижении которого элемент, приобретая «нефизические деформации», удаляется [8, 6].

В современных CAE-системах, претендующих на универсальность, имеется богатая «библиотека» отлаженных алгоритмов поведения контактных границ тел. Всю совокупность методов принято делить на две группы: несимметричные и симметрич-

ные. Несимметричные подразумевают деление контактных поверхностей на главную и подчинённую (master – slave), в симметричных такое подразделение отсутствует. Кроме этого в каждой группе предусмотрены модели с условием разрушения одной или нескольких поверхностей (eroding) или без такого условия. В наиболее усовершенствованных пакетах предложены возможности корректировки имеющихся моделей или создания авторских.

Корректность применения алгоритма контактного взаимодействия определяется, в первую очередь, знанием физики моделируемого процесса. Для обоснования выбора и отработки опций контактных алгоритмов была поставлена серия экспериментов по взаимодействию льда с различными конструкциями и средами. Эти опыты затем были реализованы средствами САЕ-системы LS-DYNA на базе нескольких десятков первоначально «качественно приемлемых» моделей контактов. САЕ-решения многократно сократили набор исходных моделей, показав удовлетворительное соответствие результатов расчётов (количественных и качественных) и обработки натурных наблюдений при использовании алгоритмов, показанных в табл. 1 [8, 4].

При этом необходимо особо подчеркнуть, что в рамках отработки алгоритма № 2 (табл. 1) осуществлено взаимодействие фрагментированных частей ледяного покрова (самоконтакт льда при его дроблении), что является принципиально важным условием адекватности САЕ-моделей в задачах морской и речной ледотехники.

Таблица 1

Модели контактных алгоритмов в триаде «судно-ледяная среда-вода»

№	Модель контакта в LS-DYNA	Контактирующая пара	Характеристика контакта
	*CONTACT_AUTOMATIC_NODES_TO_SURFACE_ID	лёд – стальная конструкция оболочечного типа	Несимметричный «узлы-поверхность» без разрушения
	*CONTACT_ERODING_SINGLE_SURFACE_ID	лёд – лёд	Симметричный «поверхность-поверхность» с разрушением
	*CONTACT_ERODING_SURFACE_TO_SURFACE_ID	лёд – стальная конструкция объёмного типа	Несимметричный «поверхность-поверхность» с разрушением
	*RIGIDWALL_GEOMETRIC_FLAT_ID	лёд – недеформируемая среда	Несимметричный «узлы-недеформируемая поверхность»
	*CONSTRAINED_LAGRANGE_IN_SOLID_TITLE	лёд – вода, конструкция – вода	Несимметричный «связывание вида лагранжево тело-эйлерова жидкость»

Помимо выбранных моделей материалов и контактных алгоритмов, значимым условием корректности САЕ-решений ледовых задач выступает степень детализации и дискретизации при описании взаимодействующих тел и сред. Погоня за *точным* решением проблемы порождает гиперресурсопотребляемые модели, обработка которых «под силу» только суперпроизводительным ресурсоёмким вычислительным комплексам (задача, распараллеленная на сотни подзадач). Как правило, ледовые эксперты не располагают таковыми возможностями. В лучшем случае, вычислительная система поддерживает несколько десятков параллельных процессоров (допустима мультитя-

дерность и гипертрейдинг) с оперативной памятью в несколько Гб. Поэтому решение осуществляется в рамках разумного соотношения между временными затратами на расчёт модели и её соответствием с натурой. Опыт показал, что этот компромисс вполне достижим даже при использовании современных *персональных компьютеров*.

В качестве показательного примера такого компромисса следует отметить отработанные САЕ-решения задач ледовой ходкости и управляемости судов. Учитывая, что гидродинамические корпусные нагрузки многократно меньше ледовых, первые в подобных задачах допустимо задавать приближённо. Для этого воздействие воды заменяется назначением узловых сил на корпусе судна и ледяном покрове. При этом исключение воды как *контактной среды* из процесса симуляции почти на порядок снижает ресурсопотребление модели, сохраняя практически приемлемую точность решения.

В общем случае при использовании приближённых методов оценки гидродинамического воздействия на корпус судна во льдах требуется корректировка значений гидродинамических нагрузок, полученных для чистой воды. Для условий ледового канала можно рекомендовать использование поправочного коэффициента (рис. 1). При отсутствии натуральных данных кривые гидродинамического сопротивления судна в чистой воде предпочтительно определять численными методами, но допустимо рассчитывать с использованием традиционных методик [18].

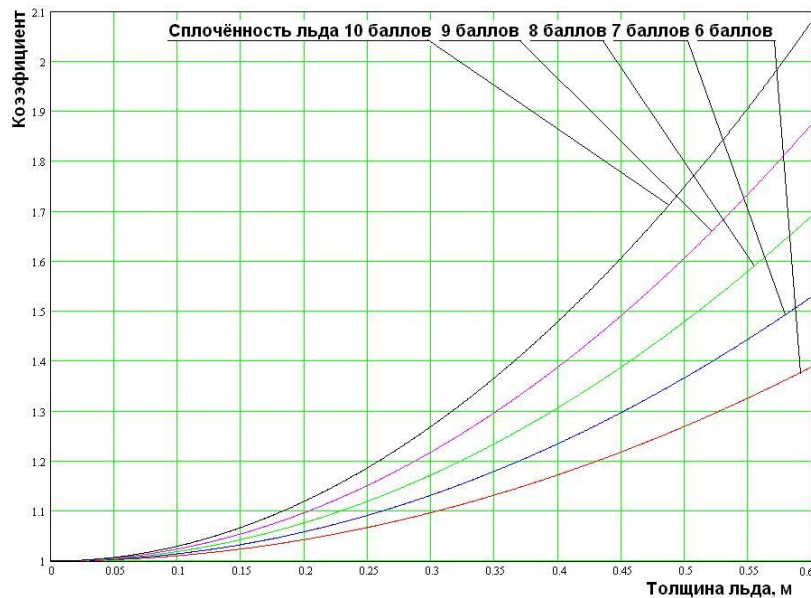


Рис. 1. Коэффициент увеличения корпусных гидродинамических нагрузок в ледовых условиях

Для судов внутреннего и смешанного плавания с традиционной формой обводов корпуса и открытыми гребными винтами приближённую оценку потерь упора движителей в мелкобитых и тёртых льдах допустимо производить по графикам рис. 2.

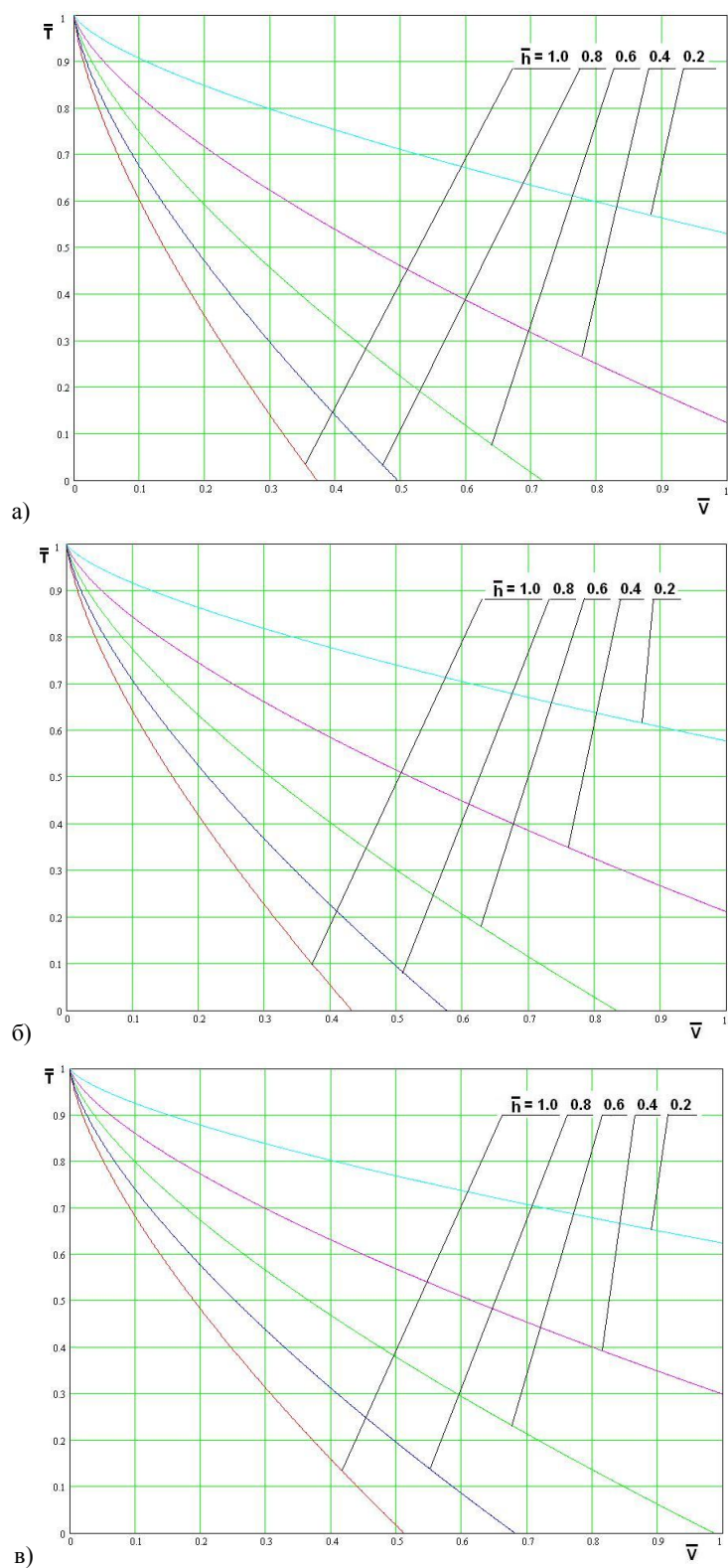


Рис. 2. Потери упора двигателей в мелкобитых и тёртых льдах
(а – сплочённость льдов 9–10 баллов; б – 8 баллов; в – 6 баллов)

На рис. 2 приняты следующие обозначения.

$\bar{T}$ – относительный упор движителей:

$$\bar{T} = \frac{T_{ice}}{T_{rf}}, \quad (1)$$

где T_{ice} – упор движителей в ледовых условиях;

T_{rf} – упор движителей в чистой воде в режиме «на швартовах переднего хода».

$\bar{V}$ – относительная скорость движения судна:

$$\bar{V} = \frac{V_{ice}}{V_{cw}}, \quad (2)$$

где V_{ice} – скорость хода судна в ледовых условиях;

V_{cw} – скорость полного хода судна в чистой воде.

$\bar{h}$ – относительная толщина льда:

$$\bar{h} = \frac{h}{h_{max}}, \quad (3)$$

где h – толщина льда;

h_{max} – ледопроходимость судна, см:

$$h_{max} = \sqrt{P_{eng}}, \quad (4)$$

где P_{eng} – суммарная мощность ГД, л.с.

САЕ-решения ледовых задач специального рассмотрения

Потребность применения САЕ-технологий в сфере морской и речной ледотехники, в первую очередь, связана с решением ледовых проблем, требующих *специального рассмотрения*. Под специальным рассмотрением понимается процедура принятия *экспертного решения* в условиях недостаточности репрезентативной информации об исследуемом ледовом процессе, сопровождающаяся, как правило, либо значительной ограниченностью, либо неадекватностью (отсутствием) традиционных методик, описывающих подобные процессы. Следует отметить, что при существующей в настоящее время многочисленности подобных полуэмпирических методик по оценкам ледового воздействия на гидротехнические сооружения, суда и их ДРК *сохраняется* достаточный круг задач, требующих специального рассмотрения.

При невозможности осуществления натурального эксперимента приемлемые для практики решения ледовых проблем может обеспечить только их моделирование. При этом подразумеваются как реальные, так и виртуальные модели (САЕ-модели). Степень точности реализации условий процесса определяет уровень адекватности модели. Следует отметить, что оба способа моделирования несовершенны.

Принципиальными недостатками реального моделирования являются невозможность разделения гидродинамических и ледовых нагрузок на корпусе судна и его ДРК, несовершенство модельного ледяного покрова, необеспеченность полного физического подобия и необходимость пересчёта результатов с модели на натуру. Всё это вносит погрешности в модель, ограничивающие применение данного метода. Сюда же можно отнести высокую ежеразовую материальную затратность, сложность

подготовки и выполнения полномасштабного опыта, а в ряде случаев – его неосуществимость (например, постановку процесса сжатия судна льдами с анализом поведения корпусных конструкций).

Формирование новой детальной виртуальной модели также трудоёмкий процесс, но он существенно облегчается и ускоряется при поддержании библиотек «элементов моделей», созданных в предыдущих сеансах (и особенно, если вновь моделируемая ситуация близка к прототипу). Другим существенным ограничением САЕ-моделирования следует признать его высокую вычислительную ресурсозатратность. Однако реализация виртуальной модели позволяет имитировать, практически любой процесс взаимодействия конструкции (тела) с ледяным покровом. Поэтому виртуальная модель является не только альтернативой реальной модели, но и в ряде случаев – единственным средством получения достоверных данных. Ниже это проиллюстрировано кратким перечнем задач, требующих специального рассмотрения и успешно решаемых с применением виртуального моделирования.

В данную группу, безусловно, входят все задачи, связанные с оценками безопасных условий ледового судоходства и предсказаниями последствий воздействия льда на гидротехнические сооружения. Так анализ зависимостей, входящих в состав полуаналитических методик прогноза ходкости, инерционных характеристик и поворотливости, указывает на наличие в них большого количества корректирующих эмпирических коэффициентов [1, 2, 16–18]. При отсутствии надёжных натурных данных для их определения ледовые эксперты вынуждены были неоднократно прибегать к численному эксперименту (рис. 3–5).

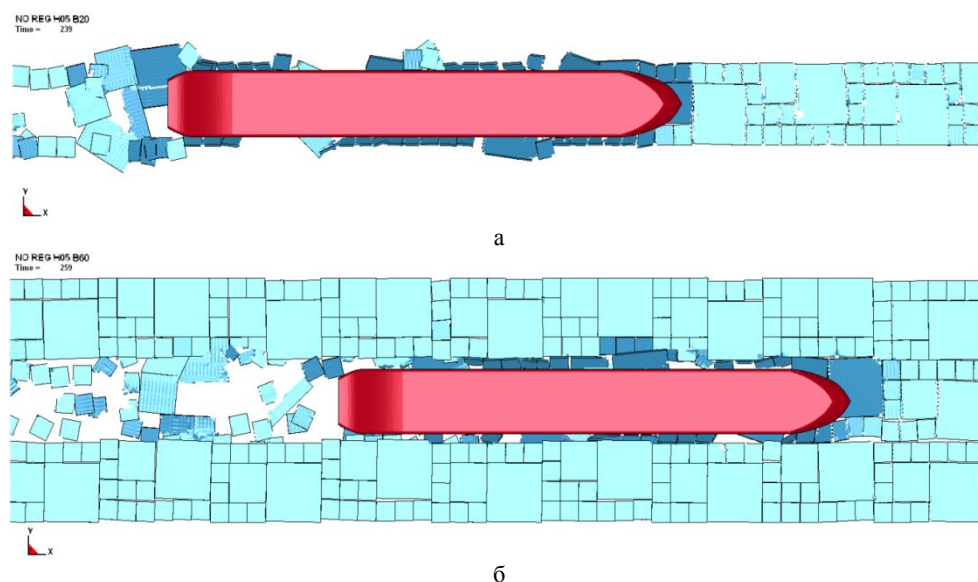


Рис. 3. Влияние ширины ледового канала на ходкость судна
(а – ширина канала 20 м; б – ширина канала 60 м)

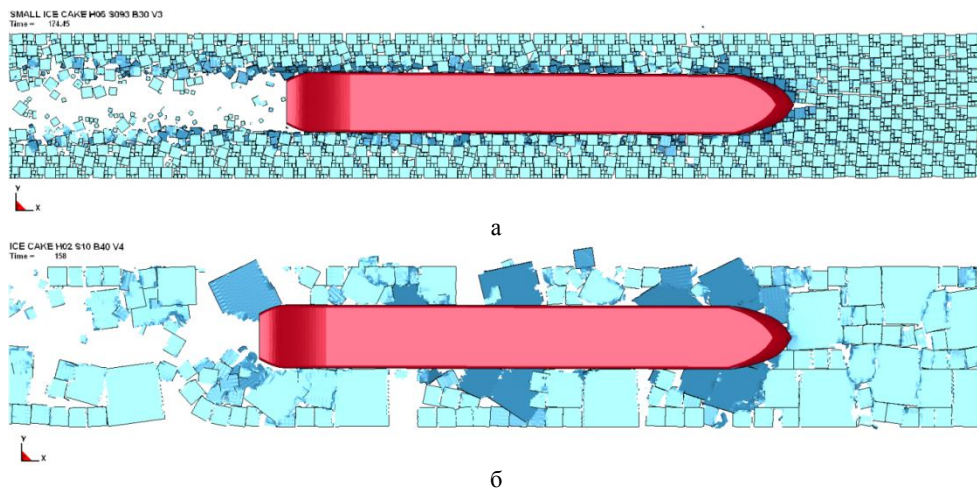


Рис. 4. Влияние раздробленности льдов на ходкость судна
(а – трёхлетний лёд; б – мелкобитый лёд)

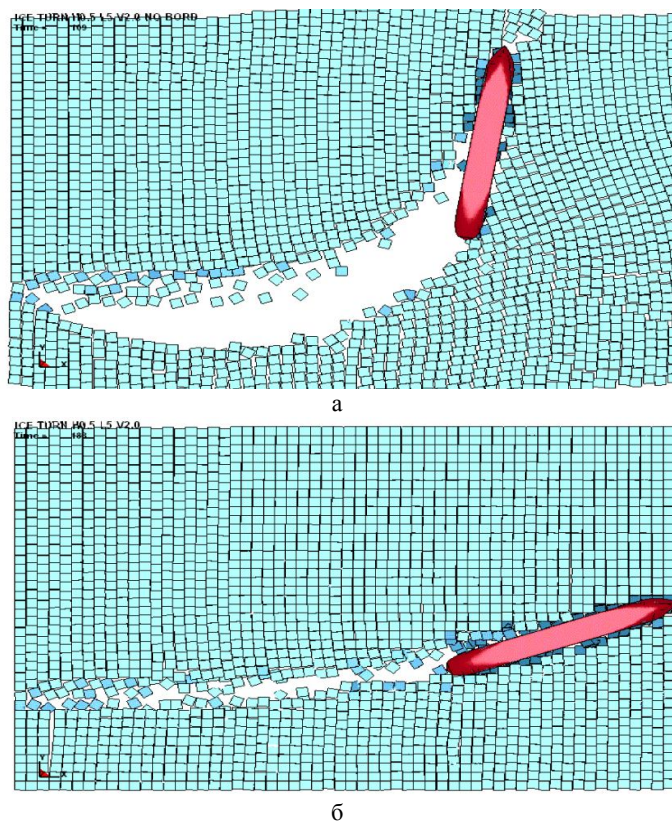


Рис. 5. Влияние граничных условий на поворотливость судна во льдах
(а – свободное поле; б – стеснённый ледовый канал)

При невозможности проведения полномасштабных натурных испытаний альтернативным путём надёжного прогнозирования взаимодействия нескольких судов во льдах также зарекомендовал себя САЕ-эксперимент (рис. 6–8) [13].

PASS DEVIATION V5
Time = 60

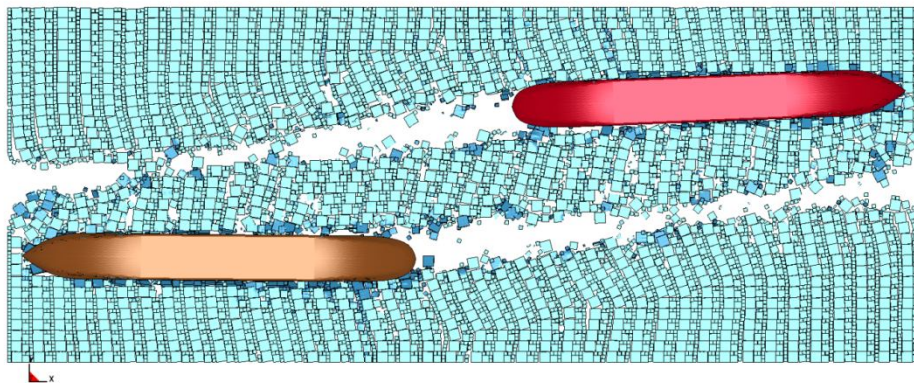
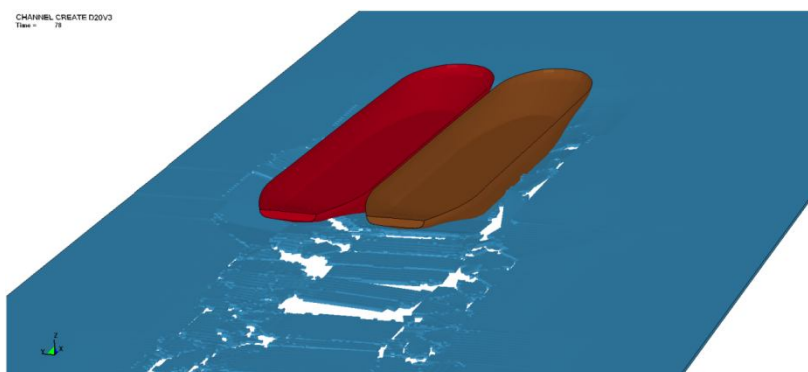


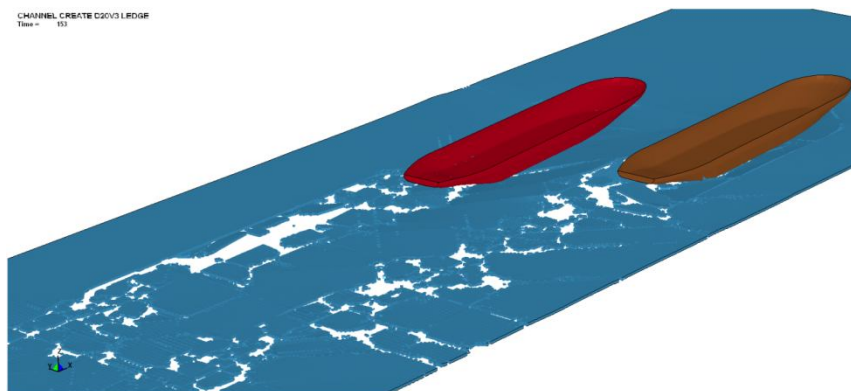
Рис. 6. Расхождение судов в тёртых льдах выполнением маневра «уклонение»

CHANNEL CREATE 020V3
Time = 75



а

CHANNEL CREATE 020V3 LEDGE
Time = 153



б

Рис. 7. Совместная прокладка канала в сплошных льдах двумя ледоколами
(а – способом «борт к борту»; б – способом «куступ»)

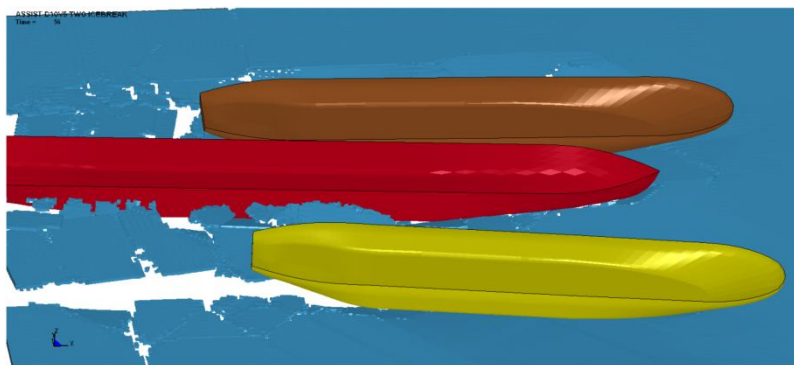


Рис. 8. Околка грузового судна в сплошных льдах двумя ледоколами

Для флота, эксплуатируемого во льдах, согласно требований классификационных обществ предусмотрена обязательная процедура оценки его ледовых качеств. Для современного судовладельца процедура получения экспертного заключения о ледовых качествах судна на основе натурных или модельных экспериментов, как правило, неприемлема по причинам экономического характера. Поэтому анализ ледовых качеств в настоящее время сведён к расчётам по фактическому состоянию судна с использованием эмпирических, полуаналитических или численных методик, обоснованное предпочтение которым отдают лицензированные эксперты. За последнее десятилетие отечественный флот пополнился новыми грузовыми судами смешанного река-море плавания. При этом некоторые серии имеют в обозначении класса символ ледовой категории. Новизной конструктивных решений применительно к флоту смешанного плавания является применение в ряде проектов увеличенной ширины (до 17 м) и длины цилиндрических вставок (до 75% расчётной длины), полных носовых обводов с коэффициентом полноты водоизмещения более 0,92 (например, проекты 19614, RSD44, RST27), бульбообразных носовых оконечностей (проекты RST07, RST22, RST27). Такие формы признаны нетрадиционными. Нетрадиционная форма корпуса (и особенно носовой части) предполагает особенности взаимодействия битых льдов с ним. Эти особенности не учитываются нормативными и классическими полуэмпирическими методиками при расчётах кривых ледового сопротивления подобных судов. Согласно правилам Российских Регистров оценки их ледовых качеств безоговорочно являются предметом специального рассмотрения. Поэтому при разработке ледовых паспортов, например, таких проектов как 19614, RSD44, RST27 оценки ходкости и поворотливости во льдах производилась только по результатам CAE-моделирования (рис. 9, 10) [11].

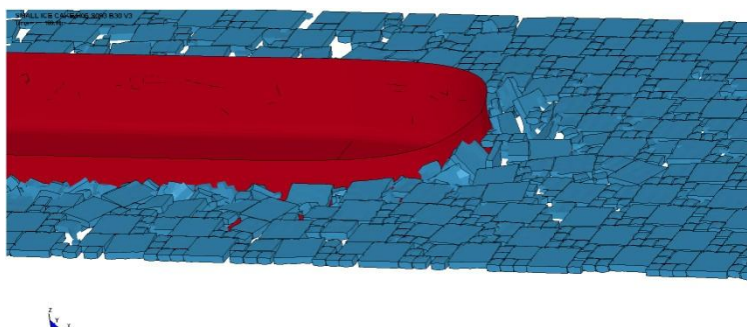


Рис. 9. Характер контакта носовой оконечности танкера проекта RST27 с тёртыми льдами

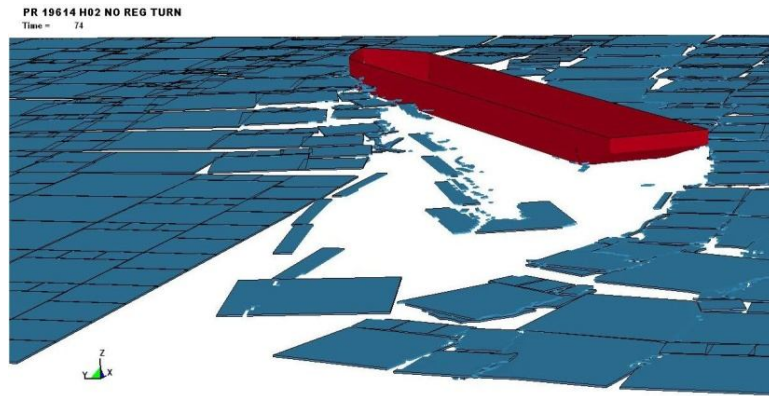


Рис. 10. Отворот танкера проекта 19614 в мелкобитых льдах

Хорошо поддаются САЕ-решениям задачи ледовой прочности судов. Так для обоснования допустимых условий эксплуатации при ледовых сжатиях достаточно смоделировать ледовое воздействие на одно бортовое перекрытие цилиндрической вставки судна с жёстко закреплёнными узлами по периметру конструкции (рис. 11). А вот оценки последствий сильных сжатий или ударного взаимодействия с ледяными образованиями с целью выбора безопасных скоростей движения в ледовом канале и разреженных битых льдах требуют реализации уже более сложных моделей (рис. 12, 13) [8, 11].

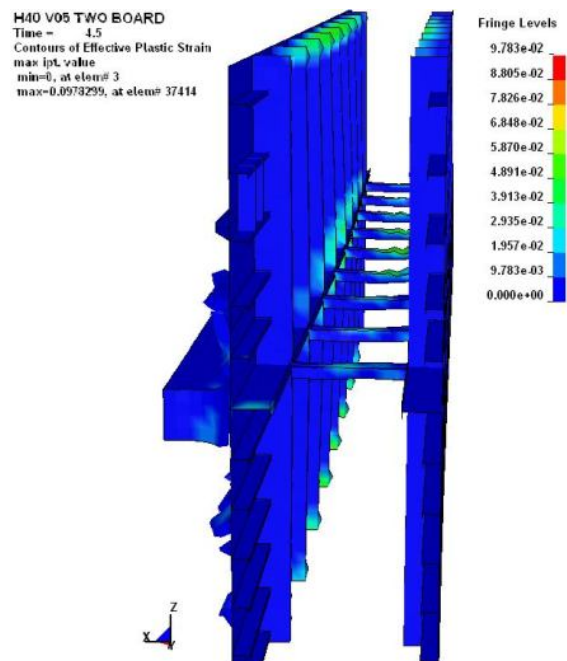


Рис. 11. Характер повреждений бортового перекрытия танкера проекта 19614 при допустимом ледовом сжатии

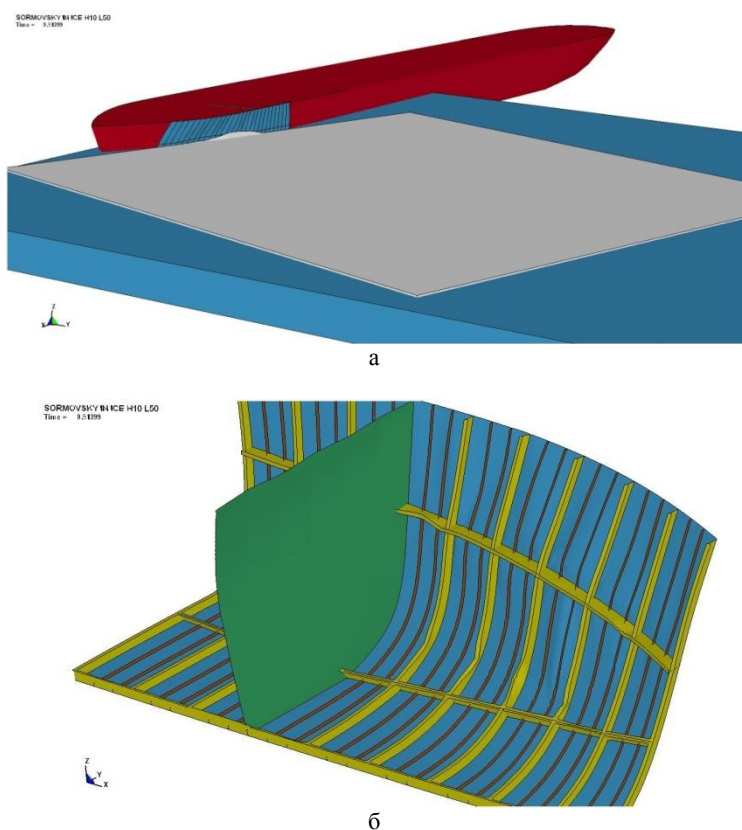


Рис. 12. Общий (а) и детализированный (б) характер повреждения носовой части судна ледового класса «Исе-1» при ударе о плавающую льдину

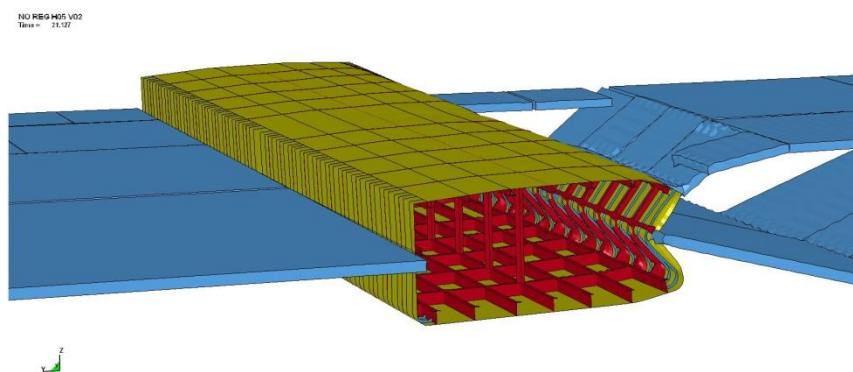


Рис. 13. Характер повреждений цилиндрической вставки судна ледовой категории «лёд-40» при сильном сжатии льдами

В составе ледовых качеств ДРК судна с помощью традиционных полуэмпирических методик корректно определяется несущая способность лопастей гребного винта, прочность валопровода, руля и его баллера при нормируемых ледовых нагрузках. А вот достоверная оценка местной ледовой прочности кромок лопастей винта пока доступна только численным методам. При этом кроме расчётного режима «фрезерова-

ние», обязательному анализу подвергается и режим «навала» неработающего винта на припайный лёд (рис. 14, 15) [8].

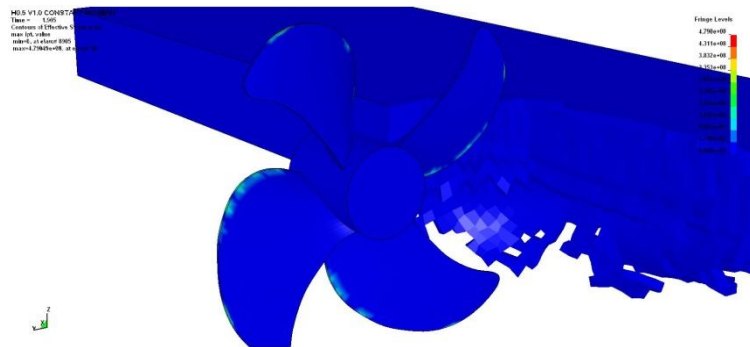


Рис. 14. Оценка прочности гребного винта в режиме «фрезерование» льда

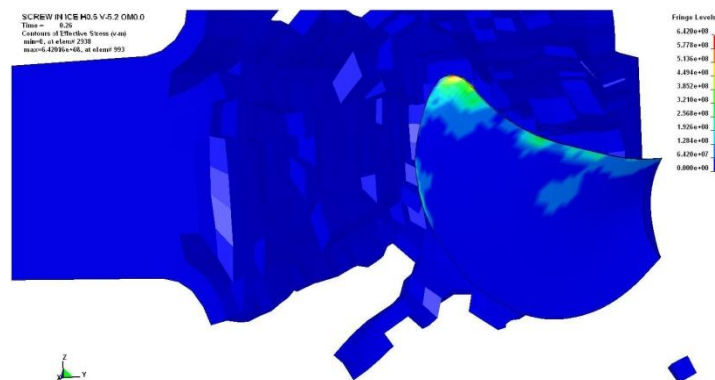


Рис. 15. Оценка прочности лопасти в режиме «навала» неработающего винта на неподвижный лёд

Не менее важным ледовым качеством ДРК являются его пропульсивные характеристики. В классических методиках расчёта достижимых режимов движения судна во льдах они априорно отождествляются с условиями чистой воды при прочих одинаковых параметрах работы двигателей. САЕ-симуляция работы ДРК позволяет обоснованно скорректировать их тяговые и рулевые характеристики в ледовых условиях (рис. 16) [8, 10, 12].

Решения частных задач ледовой безопасности гидротехнических объектов, в основном, связаны с расчётом нагрузок от воздействия подвижных льдов на счалы ошвартованных стоечных судов, причалы, стенки, откосы, жёсткие и податливые опоры различной формы. Необходимо отметить, что эти нагрузки имеют переменный не только пространственный, но и временной уровень. Для податливых конструкций (в том числе и швартов) динамические нагрузки в начальные моменты навала льдов многократно превосходят их последующую величину, что неоднократно приводило к разрыву швартовных канатов и навалу на нижестоящие по течению сооружения. Прогноз временного развития подобных явлений, недоступный для классических методов, вполне осуществим с применением конечноэлементного моделирования (рис. 17) [9].

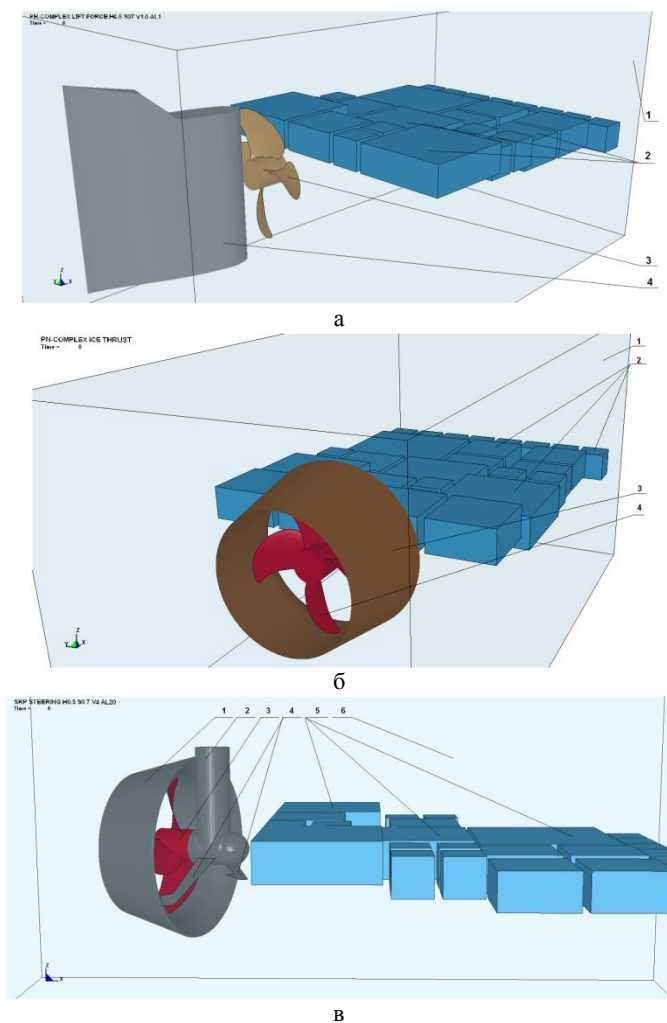


Рис. 16. Исследование пропульсивных качеств различных ДРК во льдах
(а – ДРК «винт-руль»; б – ДРК «винт-поворотная насадка»;
в – ДРК «винторулевая колонка»)

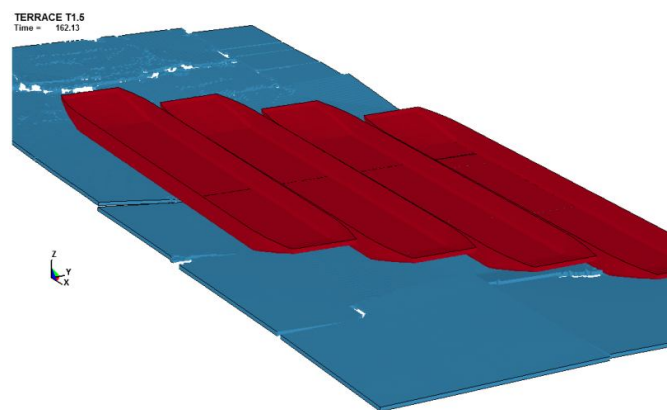


Рис. 17. Исследование навала дрейфующих льдов на суда защитного ограждения

САЕ-эксперименты в теории ледотехники

Справедливость классических расчётных методов рассматриваемой области ледотехники ограничена кругом *проектно-эксплуатационных* проблем, когда воздействие ледовых нагрузок рассматривается на значительном временном интервале, исчисляемом десятками часов. Сказывающийся в этом случае «эффект сглаживания» даёт вполне корректный результат для практического использования, несмотря на введение в полуэмпирические зависимости различных допущений. Между тем, существует достаточный ряд частных *задач безопасности*. В основном они связаны с оптимизацией маневрирования судов (в том числе и совместного) в различных конкретных ледовых условиях или воздействия льдов на объекты в краткосрочный период времени (в пределах от нескольких минут до нескольких десятков минут). Опыт показал, что в таких случаях прогноз безопасных условий с позиций усреднения влияния набора ледовых аргументов (что и предлагают традиционные решения) будет иметь низкую оправдываемость. При решении подобных проблем процесс ледового контакта или движения судна следует рассматривать с позиций обязательного учёта пространственно-временной неустойчивости всего комплекса факторов: раздробленности льдов, их сплочённости и толщины, ширины и формы ледового канала, распределения суммарных нагрузок на корпусе со стороны льдов (а, возможно, и навалившегося соманеврирующего судна), скорости движения, закона управления судном и пр.

Преимущества неавтономности САЕ-моделей в сочетании с отдельным учётом составляющих ледовогидродинамического воздействия позволяют оценить справедливость введения некоторых утверждений, априорно принимаемых гипотез, условий, оговорок, упрощений, допущений в аналитических или полуэмпирических методиках расчёта ледовой прочности, ходкости и маневренности судов. Поэтому особую актуальность САЕ-подходы приобретают в решениях *краткосрочных* задач ледовой безопасности флота, прогноза допустимых условий ледовой эксплуатации судна, его комплексов и систем. Ниже это продемонстрировано рядом теоретических положений морской и речной ледотехники, которые подвергнуты сомнению результатами численных экспериментов.

Классические методики расчёта ледовой ходкости и маневренности базируются на прогнозе «чистых» ледовых нагрузок, априорно принимая *гипотезу о независимости* ледового и гидродинамического воздействия на корпус и ДРК судна. Согласно этой гипотезе гидродинамические нагрузки во льдах и на чистой воде эквивалентны при одинаковых режимах эксплуатации судна (скорости движения, частоте вращения движителей, угле перекладки рулевого комплекса) [1, 2, 16–18]. Однако данная гипотеза не проверена экспериментально из-за отсутствия каких-либо технических средств, реализующих отдельное измерение ледовых и гидродинамических сил на корпусе судна и элементах его ДРК. Результаты численного моделирования, в общем случае, *не подтвердили* этот базовый постулат полуаналитических методик (рис. 18, 19) [8, 5].

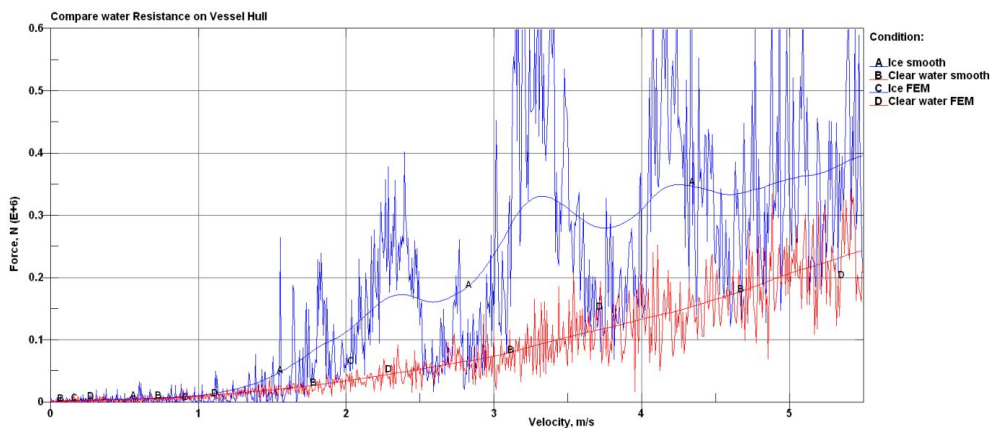


Рис. 18. Гидродинамическое сопротивление сухогруза проекта RSD44 в различных условиях (B, D – чистая вода; A, C – мелкобитый сплочённый лёд в канале)

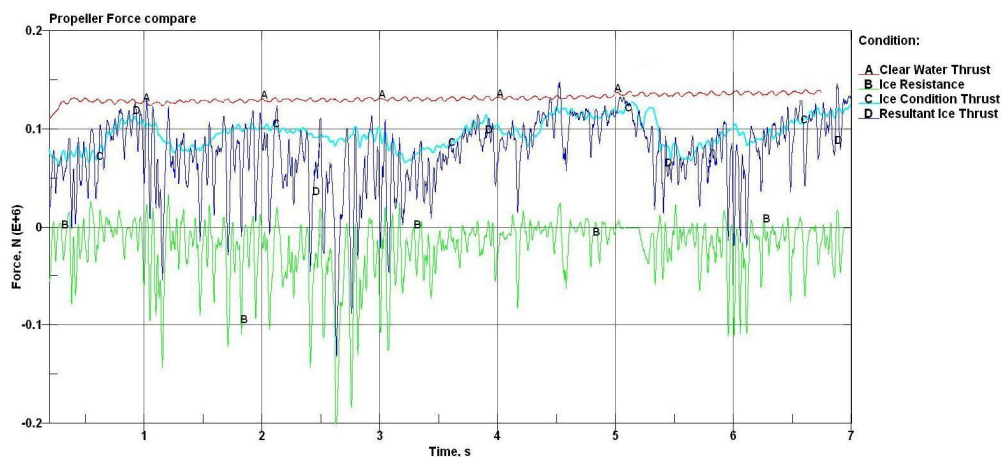


Рис. 19. Сравнение ледовых и гидродинамических нагрузок, действующих на винт танкера проекта 19614 при постоянной частоте вращения (A – упор в чистой воде; B – ледовое сопротивление; C – «чистый» упор во льдах; D – результирующий упор во льдах)

Все полуаналитические зависимости, описывающие процесс движения судна в битых льдах, получены в предположении свойств однородности, изотропности ледяной среды и сплошности её контакта с корпусом судна. Однако на практике эти условия чаще не выполняются, что приводит к эффектам противоположным прогнозу традиционных методик. Так, в краткосрочных задачах безопасности это, как правило, проявляется в *нарушении* теоретического баланса скорости судна и его ледового сопротивления, согласно которому ледовые усилия находятся в *квадратичной зависимости* от скорости движения. Фактически при возмущении ледяной среды подвижным судном образуются локальные зоны её торошений и наслоений, чередующиеся с разводьями. Сплочённость, а частично и толщина льда постоянно перераспределяются, приводятся в движение его большие массы, что порождает немонотонный и неквадратичный прирост ледового сопротивления при увеличении скорости хода судна. Следует также отметить, что САЕ-эксперименты многократно фиксировали рост ледового сопротивления при устойчивом снижении скорости хода судна (рис. 20) [8, 5].

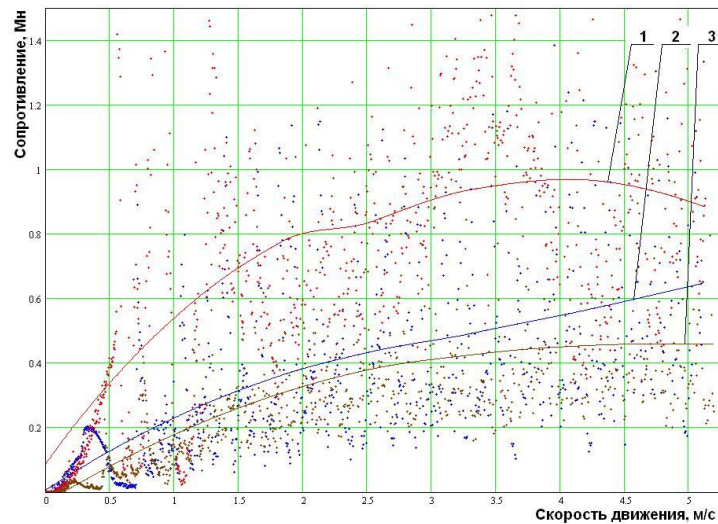


Рис. 20. Чистое ледовое сопротивление судов в канале, заполненном сильносплочёнными мелкобитыми льдами толщиной 0,5 м
(1 – танкер проекта RST27; 2 – танкер проекта 19614; 3 – сухогруз проекта RSD44)

Сведение интегральными методами реального воздействия ледяной среды на корпус судна к сплошной нагрузке, распределённой в плоскости конструктивной ватерлинии, также не подтверждено САЕ-экспериментами. В естественных условиях льдины контактируют с обшивкой в нескольких локальных зонах, чаще находящихся вне уровня рабочей ватерлинии. Следует признать, что имеет место перераспределение ледовых нагрузок по корпусу, но характер этого перераспределения в границах ледового пояса судна несопоставим с его интегральным описанием (рис. 21).

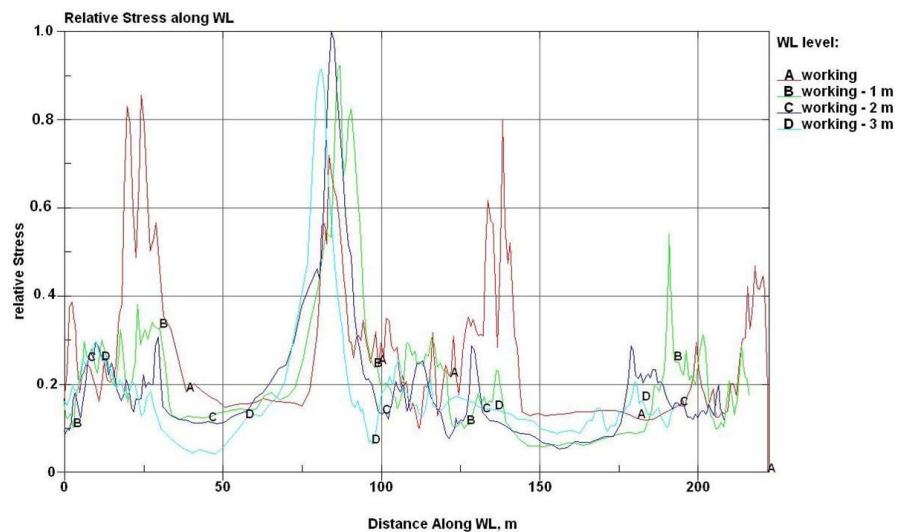


Рис. 21. Распределение ледовых напряжений в корпусе по периметру ватерлиний
(А – рабочая; В – уровень 1 м ниже рабочей; С – уровень 2 м ниже рабочей;
D – уровень 3 м ниже рабочей)

Интегральный подход вынуждает авторов уточнять аналитические зависимости набором коэффициентов, справедливых только в пределах использованного эмпири-

ческого материала. Их экстраполяция на другие условия (или суда) снижает степень адекватности методик вплоть до их неприемлемости.

Принципиально важный теоретический результат численных экспериментов по ледовой ходкости и управляемости – это отрицание постоянной составляющей (не зависящей от скорости движения) в сопротивлении битых льдов для подвижного судна. Последняя присутствует в структуре всех полуэмпирических зависимостей [1, 2, 17, 18]. Конечноеэлементное моделирование показало, что эту составляющую следует толковать только как *потенциальную сопротивляемость ледяного покрова для неподвижного судна*, подобную статическому трению в механике, ибо степень подвижности судна сказывается на свойствах ледяной среды (рис. 22) [8].

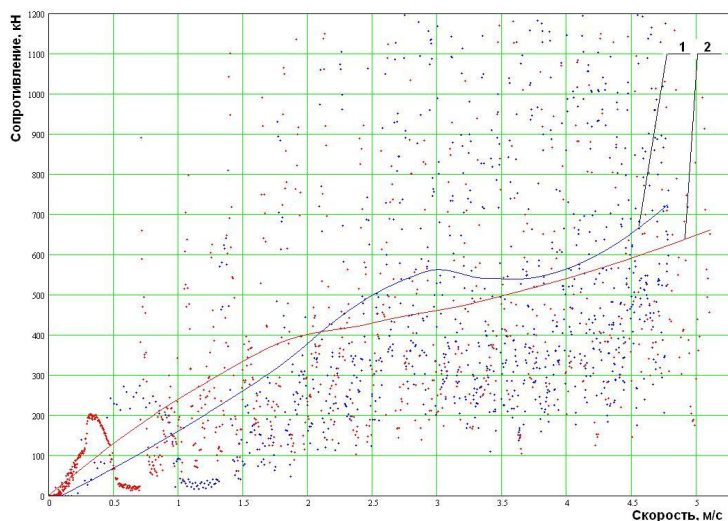


Рис. 22. Ледовое сопротивление танкера проекта 19614 при различных режимах разгона

В классических методиках по оценкам местной ледовой прочности судна при описании процесса его соударения с ледяными образованиями корректно решена задача определения только суммарного контактного усилия в пределах упругих деформаций борта [3, 15]. С ростом пластических деформаций накапливается ошибка расчёта.

В традиционных методиках основным аргументом при расчёте таких параметров соударения как сила, глубина смятия кромки льда, время соударения, прогиб льдины является форма контактной зоны. В зависимости от вида контактной кромки льда (угловой, закруглённой, протяжённой) эта зона сведена к примитиву треугольника или эллиптического сегмента.

На практике контактное пятно имеет произвольную форму, так как льдина прогибается, раздробленная часть льда вытесняется и распространяется вдоль борта, продолжая взаимодействовать с обшивкой. Это пятно перемещается вдоль судна, оставляя на корпусе деформационный след сложной формы (рис. 23) [8, 7, 14].

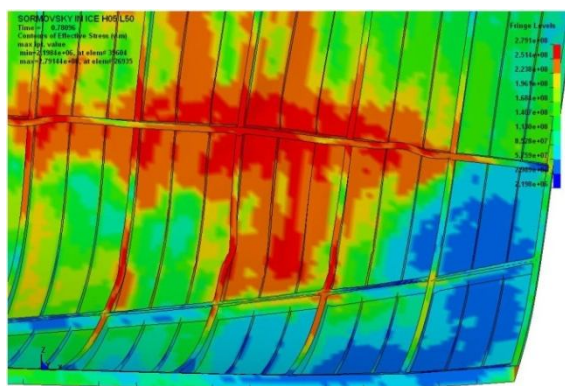


Рис. 23. Характер деформационного следа в носовой части судна ледового класса «Ice-1» при ударе о плавающую льдину

Необходимо отметить, что в ряде расчётных вариантов были отмечены большие пластические деформации у элементов, находящихся на значительном удалении от непосредственной контактной зоны. Если дополнительно учесть, что в процессе удара судно получает крен и дифферент, то адекватное *аналитическое описание* конфигурации этого следа пока *не достигнуто*. Поэтому для сложных в конструктивном исполнении частей корпуса (например, носовая или кормовая оконечности, наиболее подверженные ударному воздействию со стороны льда) эти решения нельзя назвать адекватными.

Список литературы:

- [1] Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов; 2 издание, исправленное. – СПб.: Судостроение, 2014. – 504 с.
- [2] Каштелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. – Л.: Судостроение, 1968. – 238 с.
- [3] Курдюмов В.А. Расчётные методы определения ледовой нагрузки на корпус судна // Перспективные типы морских транспортных судов, их мореходные и ледовые качества. Транспорт. 1990. – С. 116–127.
- [4] Лобанов В.А. Алгоритм контактного взаимодействия тел со льдом в задачах с конечноэлементной постановкой. Дифференциальные уравнения и процессы управления, № 3, 2009. Электронный журнал, рег. № П2375 от 07.03.97 ISSN 1817-2172, <http://www.neva.ru/journal/j/pdf/lobanov2.pdf>
- [5] Лобанов В.А. Ледовая ходкость сухогруза смешанного плавания // Интернет-журнал «Науковедение». 2013 №4 (17) [Электронный ресурс]. – М., 2013. – С. 1–12. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/72tvn413.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
- [6] Лобанов В.А. Моделирование льда в задачах с конечноэлементной постановкой. Дифференциальные уравнения и процессы управления, № 4, 2008. Электронный журнал, рег. № П2375 от 07.03.97 ISSN 1817-2172, <http://www.neva.ru/journal/j/RU/numbers/2008.4/issue.html>
- [7] Лобанов В.А. Оценка местной ледовой прочности корпуса судна численными методами. Дифференциальные уравнения и процессы управления, № 3, 2010. Электронный журнал, рег. №ФС77-39410 от 15.04.2010 ISSN 1817-2172, <http://www.neva.ru/journal/j/pdf/lobanov4.pdf>
- [8] Лобанов В.А. Оценки ледовых качеств судов с применением САЕ-систем: монография / В.А. Лобанов. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – 296 с.
- [9] Лобанов В.А. Прогноз ледового воздействия на суда Пермского портового флота при планировании его зимнего отстоя // Интернет-журнал «Науковедение». 2014 №1 (20) [Электронный ресурс]. – М. 2014. – С. 1–13. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/34tvn114.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
- [10] Лобанов В.А. Пропульсивные качества комплекса винт-насадка во льдах // Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, №1 (2015). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/36TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/36TVN115

- [11] Лобанов В.А. Разработка с применением САЕ-систем нормативных документов по безопасности ледового плавания судна // Интернет-журнал «Науковедение». 2013 №4 (17) [Электронный ресурс]. – М. 2013. – С. 1-14. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/71tvn413.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
- [12] Лобанов В.А. Рулевая сила комплекса винт-руль во льдах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/189TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/189TVN515
- [13] Лобанов В.А. Совместное маневрирование судов во льдах на малых расстояниях // Интернет-журнал «Науковедение» 2014. № 6. – С. 1–29. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/104TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/104TVN614
- [14] Лобанов В.А. Численная оценка ледовых качеств судна. Прочность. Вестник научно-технического развития, №12, 2011. Электронный журнал, № гос. рег. 0421200120, ISSN 2070-6847, <http://www.vntr.ru/ftpgetfile.php?id=563>
- [15] Прочность судов, плавающих во льдах / Ю.Н. Попов, О.В. Фаддеев, Д.Е. Хейсин, А.Я. Яковлев. – Л.: Судостроение, 1967. – 224 с.
- [16] Сазонов К. Е. Управляемость судов во льдах: методы определения ледовых сил, действующих на движущийся по криволинейной траектории корпус, и зависимости показателей поворотливости судов от характеристик корпуса и внешних условий : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук : Специальность 05.08.01 – теория корабля и строительная механика / Гос. науч. центр РФ.- Санкт-Петербург, 2004.- 285 с.
- [17] Сандаков Ю.А. Об определении полного ледового сопротивления речных судов в битых льдах // Тр. ГИИВТА. Судовождение на внутренних водных путях. – Горький, 1971. Вып. 116. Ч. 2. – С. 85 – 89.
- [18] Тронин В.А. Повышение безопасности и эффективности ледового плавания судов на внутренних водных путях : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук : специальность 05.22.16 – Судовождение / Горький, 1990. – 414 с.
- [19] Hallquist J.O. LS-DYNA 950. Theoretical Manual. Livermore Software Technology Corporation. LSTC Report 1018. Rev. 2. USA, 2001. – 498 p.

COMPUTER-AIDED TECHNOLOGIES APPLICATION FOR THE SEA AND RIVER ICE TECHNOLOGY PROBLEMS SOLUTION

V.A. Lobanov, R.S. Khvostov

Keywords: vessel, ice conditions, ice technology, computer-aided systems, finite element modeling

In the article a short review on the computer-aided technologies application for the shipping transport ice characteristics and the ice impact forecast on hydroengineering constructions is made. Some general information about computer-aided systems, their use peculiarities in the sea and river ice technology problems solution is given. Some particular examples concerning the special consideration ice problems solution with the help of computer-aided technologies are illustrated. The computer-aided experiments importance for the sea and river ice technology is emphasized. Some results which can be used as the help are given.

Статья поступила в редакцию 29.03.2016 г.

УДК 656.61.052

М.В. Осокин, зав. кафедрой СБС, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕЙСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТ ПОГОДЫ

Ключевые слова: продолжительность рейса, безопасность плавания, ожидаемое время прибытия, затраты времени на переход, скорость судна в условиях ветра и волнения.

В статье рассматривается алгоритм использования прогностических карт погоды для учёта потерь скорости судна в условиях ветра и волнения при расчёте продолжительности морского перехода.

Немаловажной составляющей экономической эффективности и безопасности работы флота является учёт потерь скорости судна из-за неблагоприятной погоды. Так, для большинства судов сегодня весьма важен возможно более точный расчёт ожидаемого времени прихода в порт или ко входу в узкость в целях оптимизации планирования их лоцманской проводки, постановки к причалам, работы докеров, снабжения и ремонта и т.д. Для судов, имеющих погодные ограничения для работы, может быть очень важно понимание, успеет ли судно пройти открытый район моря или дойти до очередного места убежища при ухудшении погоды до того момента, когда волнение в данном районе в процессе своего развития превысит эти ограничения. Значение скорости судна при тех или иных погодных условиях влияет также на выбор маршрута на отдельных участках перехода из нескольких вариантов (если такой выбор возможен). Прогнозирование погоды сегодня осуществляется в основном синоптическим (по картам погоды) и гидродинамическим (с помощью решения математических моделей атмосферы и моделей взаимодействия океана и атмосферы) методами. В обоих случаях используемые в мореплавании результаты этого прогнозирования могут быть выданы пользователям, как в виде словесной характеристики, так и в виде карт приземного прогноза (полей атмосферного давления и атмосферных фронтов), а также карт прогноза полей ветра и волнения. Для передачи прогнозов на суда используются различные средства, в том числе радиостанции, факсимильная аппаратура, спутниковые терминалы связи. В настоящее время в этих целях очень широкое применение находит также Интернет, реализуемый на судне посредством модемов, обеспечивающих удалённый доступ к сети через спутниковый терминал, систему обычной мобильной телефонной связи или ПВ/КВ радиостанцию. На многих судах сегодня устанавливаются электронно-картографические навигационно-информационные системы, позволяющие выводить полученные через Интернет прогнозируемые поля ветра и волнения прямо на электронную навигационную карту. Иногда они совмещаются с программами расчёта поведения судна (скорость, прочность корпуса, режим качки) в данном состоянии загрузки в тех или иных прогнозируемых погодных условиях, позволяющими автоматически оценить время прибытия судна в расчётную точку или выбрать оптимальный с точки зрения погоды маршрут. К наиболее известным таким программам относится, например «Bon voyage» производства компании «Applied Weather Technologies». Однако многие судовладельцы в целях экономии средств выполняют только самые необходимые требования международных и национальных руководящих документов по безопасности мореплавания, вследствие чего даже при наличии электронных картографических систем они поставляются на суда в минимальной конфигурации, когда некоторые функции системы отключены, либо эти функции не используются вследствие необходимости оплаты используемых системой

специальных прогнозов. В частности это может касаться небольших судов, работающих в закрытых морях и в океанской прибрежной зоне. Тем не менее, у судоводителей остаётся возможность использования бесплатных карт погоды, полученных тем или иным способом. В качестве примера рассмотрим карты полей волнения, которые можно получить на судне практически для любого района мирового океана с электронного ресурса [2]. Карты прогнозируемых полей ветра, атмосферного давления и волнения, используемые на данном ресурсе, рассчитываются гидродинамическим методом и представляются на 7 суток вперёд с шагом в 3 часа в течение первых 2 суток, шагом в 6 часов в течение последующей половины суток и шагом в 12 часов в течение последних 4,5 суток. Вероятность того, что прогноз оправдается, естественно, уменьшается с течением времени. Однако, поскольку прогноз на сайте обычно обновляется не реже двух раз в сутки, судоводитель практически постоянно имеет актуальную информацию. Ожидаемое время прибытия к лоцманской станции для входа в узкость, канал или порт назначения корректируется и передаётся судном агенту и (или) лоцманской службе ежедневно. Таким образом, для решения поставленной задачи достаточно рассмотреть поля метеорологических элементов максимум на первые двое суток перехода с шагом в 3 часа и в дальнейшем корректировать расчёты, производя их по рассмотренной ниже схеме, по мере получения свежих прогнозов. Поля волнения на рассматриваемых картах представлены заливкой разного цвета. Цвет каждой «зоны» заливки соответствует определённому интервалу высот волн. Направление распространения волнения показано стрелками. «Зоны» непрерывно с различной скоростью перемещаются по карте вместе с перемещением барических образований (циклонов и антициклонов) и одновременно, так же с разной скоростью, меняют свою конфигурацию при усилении и ослаблении ветра вследствие углубления или заполнения циклонов, развития или разрушения антициклонов. При этом на конфигурацию «зон» влияют стадия развития, направление и скорость перемещения и эволюции барического образования (т.е. сила ветра и время его воздействия на водную поверхность), разгон ветра при данном его направлении, направления и скорости течений и глубина моря в данном месте. Поскольку для расчёта потерь ходового времени из-за волнения нам важно знать время пребывания судна в пределах той или иной «зоны» волнения определённой высоты, рассматриваемая задача фактически сводится к расчёту скорости сближения судна с границей очередной «зоны», в которой оно в данный момент находится. Для этого необходимо перенести на карту волнения приблизительные место и курс судна с навигационной карты на момент начала расчёта и рассчитать скорость судна и скорость перемещения границы зоны навстречу судну или от него за ближайшие 3 часа. В рассматриваемом случае достаточно приблизительных данных, так как, во-первых, в реальности не существует таких чётких границ «зон» высот волны, какие обозначаются на карте. Во-вторых, при этом, как показывает практика, точность расчёта времени прибытия судна в определённую точку в пределах одного часа при небольшом (продолжительностью до 3–5 суток) переходе является достаточной и она обеспечивается данным алгоритмом расчётов. Рассмотрим решение поставленной задачи на примере перехода судна типа «коастер» в Северном море от побережья Норвегии в точку входа в систему разделения движения «Off Flieland» в районе Фризских островов и далее в сторону пролива Ла-Манш. Маршрут перехода с координатами путевых точек, взятыми с электронной навигационной карты, изображён на рис. 1. Разработку алгоритма решения задачи будем проводить на примере участка данного перехода от путевой точки 1 до путевой точки 2. Расстояние между точками 1 и 2, как видно из рис. 1, составляет 111,3 морских миль. При средней скорости судна на спокойной воде в 11 узлов (скорость экономичного хода для данного судна) оно было бы пройдено за время чуть более 10 часов. Поэтому в расчётах будем использовать прогностические карты волнения с шагом в 3 часа. Как показывает практика, изменение курсового угла волнения в пределах 20 градусов мало влияет на изменения скорости судна, поэтому курсовой угол волнения на этом участ-

ке в пределах одной карты с достаточной для практики точностью можно считать неизменным. Используемые в расчётах карты волнения представлены на рисунках 2–5. Перенесём на них линию пути судна с навигационной карты. Из рисунков видно, что в момент начала расчёта, на 12:00 UTC 31.12.2015, судно находится в пределах «зоны» волнения, залитой зелёным цветом, соответствующей высоте волны 3–4 м. В пределах двух трёхчасовых промежутков 12:00-15:00 и 15:00-18:00 граница между «зонами», залитыми зелёным и синим цветами, движется навстречу судну.

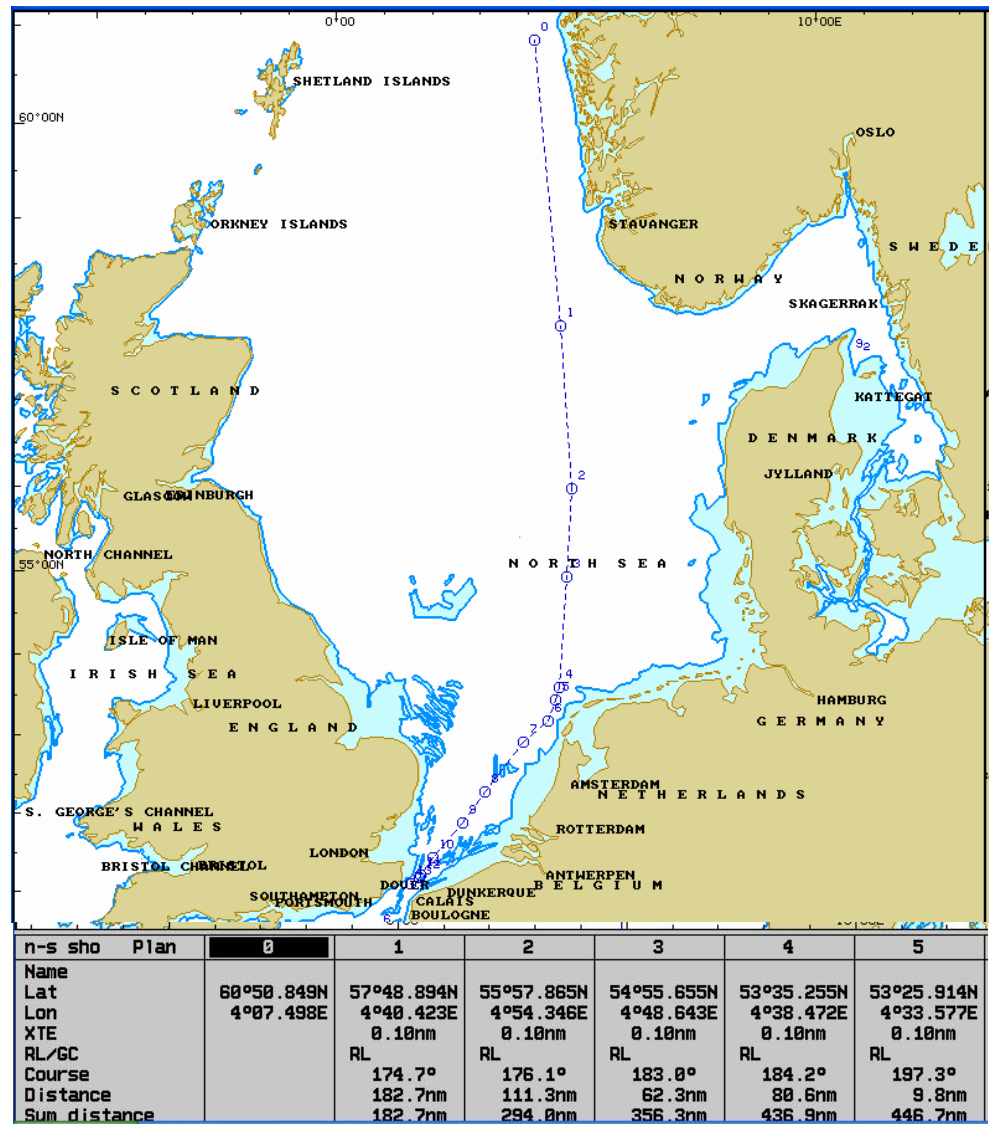


Рис. 1. Схема маршрута перехода

В пределах следующих двух временных промежутков 18:00-21:00 и 21:00-00:00 вследствие развития волнения при усилении ветра эта граница смещается на юг, в попутном судну направлении. Начиная с 00:00 UTC 01.01.2016 при ослаблении ветра над данным районом граница между «зонами» волнения 2–3 м и 3–4 м вновь начинает смещаться к северу, навстречу судну. На рис. 4 изображения рис. 2 и 3 для наглядности наложены одно на другое в программе «Adobe Photoshop» с увеличением про-

зрачности верхнего слоя. На этом рисунке видно изменение конфигурации «зон» волнения за 3 часа вследствие изменения ветровых условий. Обозначим расстояние от путевой точки 1 до границы между «зонами» разных цветов, расположенной вперёд по линии пути судна, как S_1 (см. рис. 2 и 4). Как видно из рис. 4 за 3 часа, прошедшие между моментами прогнозирования, граница этой «зоны» сдвигается навстречу судну на расстояние s_1 . Таким образом, скорость перемещения v_1 границы «зоны» навстречу судну в узлах составляет:

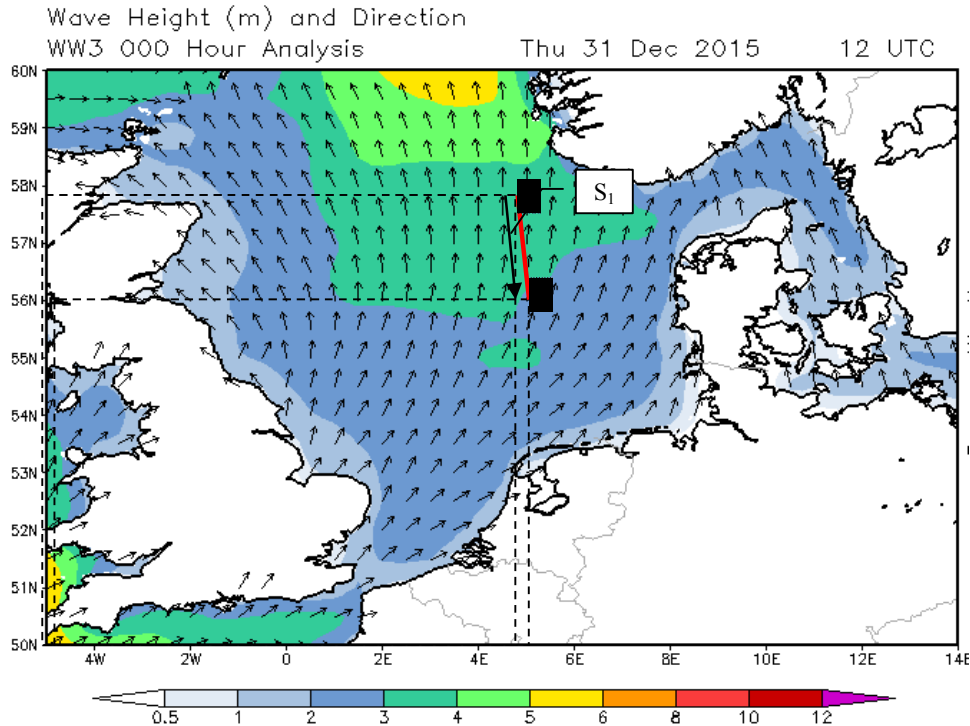


Рис. 2. Пример переноса линии пути судна на карту погоды от 31.12.2015 на 12:00 по Гринвичу

$$v_1 = \frac{s_1}{3}. \quad (1)$$

Скорость судна в условиях волнения можно находить различными методами, рассмотрение которых не является целью данной работы. Например, для рассматриваемого типа судна можно использовать формулу Хохлова [1]:

$$V_1 = V_0 - (0.745 \times h_{3\%} - 0.275 \times q \times h_{3\%}) \times (1 - 1.35 \times 10^{-6} \times \Delta \times V_0), \quad (2)$$

где V_0 – скорость судна на тихой воде в узлах;

q – курсовой угол волны в радианах;

$h_{3\%}$ – высота волны 3% обеспеченности в метрах;

Δ – весовое водоизмещение судна в тоннах.

Получаем, что в прогнозируемых погодных условиях судно и граница «зоны» волнения, в которой оно находится в данный момент, сближаются со скоростью, равной $V_1 + v_1$.

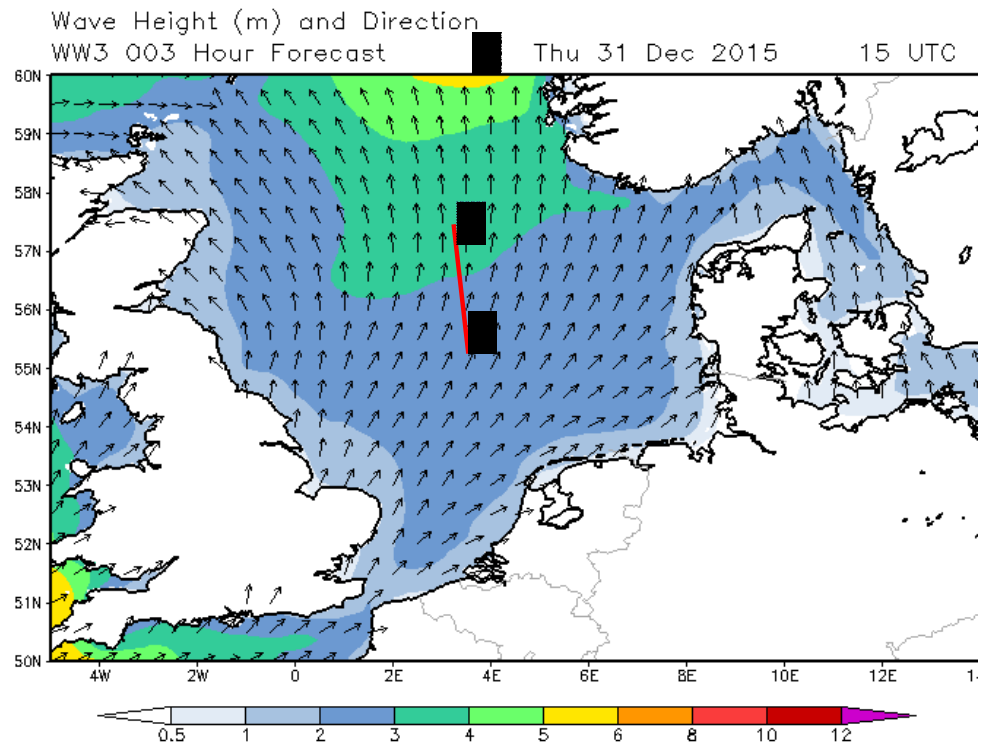


Рис. 3. Пример переноса линии пути судна на карту погоды от 31.12.2015 на 15:00 по Гринвичу

Через 3 часа судно выйдет на границу или за пределы данной зоны волнения, если выполняется условие:

$$S_1 \leq 3(V_1 + v_1) \quad (3)$$

Время, затрачиваемое судном на прохождение данной «зоны» волнения в этом случае можно найти по формуле:

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1 + v_1} \quad (4)$$

В случае невыполнения условия (3) берётся следующая карта прогноза волнения (на 18:00 UTC, см. рис. 5), по которой прогнозируется новое перемещение той же границы между «зонами» волнения за следующие 3 часа s_2 , подставляется в формулу (1) вместо s_1 и вычисляется новая скорость перемещения границы v_2 и далее расчёт вероятности выхода судна на границу между «зонами» производится по формуле (5). Судно выйдет на эту границу в пределах рассматриваемого трёхчасового промежутка, если:

$$S_1 \leq 6V_1 + 3(v_1 + v_2) \quad (5)$$

Время, затрачиваемое судном на прохождение данной «зоны» волнения в этом случае можно найти по формуле:

$$t_1 = 3 + \frac{S_1 - 3(V_1 + v_1)}{V_1 + v_2} \quad (6)$$

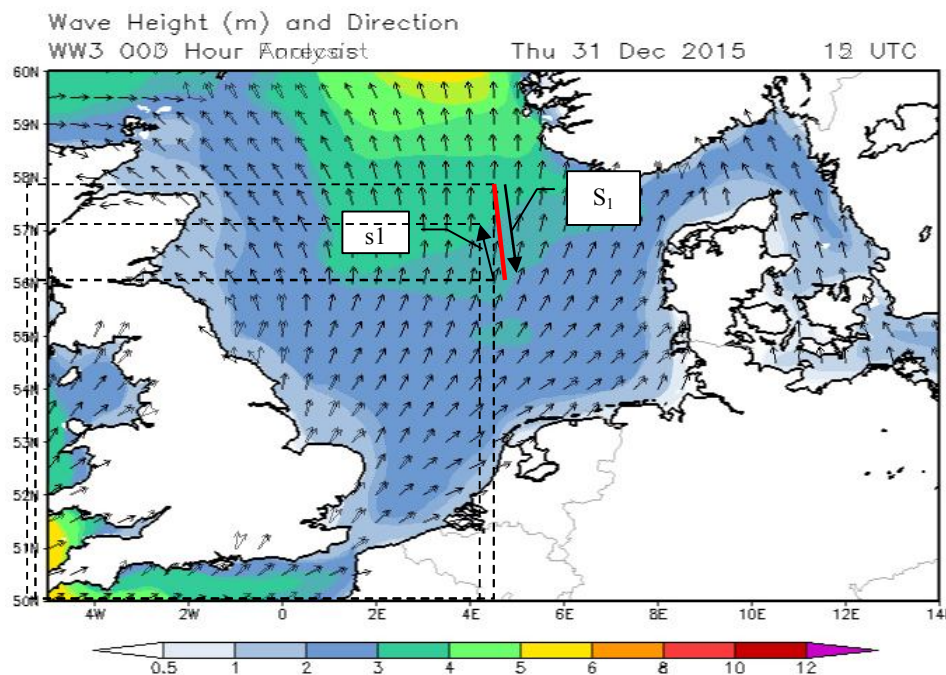


Рис. 4. Пример наложения карт волнения друг на друга

Далее расчёт повторяется по аналогичной схеме до тех пор, пока судно не выйдет на границу между «зонами». Например, если судно выйдет на эту границу во временном промежутке 6–9 часов от начала расчёта, время пребывания судна в «зоне» волнения данной высоты вычисляется по формуле:

$$t1 = 6 + \frac{S_1 - 6V_1 - 3(v1 + v2)}{V_1 + v3}, \quad (7)$$

где $v3$ – скорость перемещения границы между «зонами» во временном промежутке 6–9 часов от начала расчёта.

После выхода судна на границу между «зонами» по очередной карте необходимо замерить расстояние от неё до границы следующей по ходу судна «зоны» волнения большей или меньшей высоты. Например, на приведённых выше рисунках 2 и 3 такая «зона», соответствующая высоте волны 2–3 метра, залита тёмно-синим цветом. Расчёты повторяются по формулам, аналогичным формулам (1) – (7) для n-го количества «зон» до тех пор, пока сумма проходимых судном расстояний в границах всех «зон» не будет равна длине интересующего нас участка перехода. При этом скорость судна в каждой «зоне» рассчитывается по формуле (2) с учётом соответствующей высоты и курсового угла волнения. Если выполняется условие:

$$(111,3 - V_1 \cdot t1 + V_2 \cdot t2 + \dots + V_{n-1} \cdot t_{n-1}) \leq 0 \quad (8)$$

то расстояние S_n находится, как расстояние от последней проходимой судном границы между «зонами» волнения до точки 2 маршрута (рис. 2, 3). Время, затрачиваемое на прохождение этого расстояния, можно найти по формуле:

$$t_n = \frac{S_n}{V_n} \quad (9)$$

Общее время t , затрачиваемое на переход по всему маршруту (в данном случае от точки 1 до точки 2), рассчитывается, как сумма периодов $t_1, t_2, \dots, t_n$. Расчёт по такой схеме производится лишь в случае, когда границы «зон» постоянно перемещаются навстречу судну. В нашем примере после выхода из «зоны» волнения высотой 3–4 м, по прошествии промежутка времени t_1 , судно оказывается в «зоне» волнения высотой 2–3 м, обозначаемой на картах заливкой синего цвета. Как говорилось выше, начиная с 18:00 31.12.2015, судно и граница между «зонами» зелёной и синей заливки смещаются в одном направлении. Но с момента прохождения судном границы между «зонами» до 18:00 эта граница успевает продвинуться в северном направлении на расстояние $v_2(6 - t_1)$, а судно в противоположном направлении – расстояние $V_2(6 - t_1)$. Здесь V_2 – скорость судна, рассчитанная по формуле (2) с учётом высоты волны 2–3 м (синяя «зона» заливки) и соответствующего курсового угла. После начала смещения границы между «зонами» заливки синего и зелёного цветов на юг, скорость этого смещения составит $v_3 = s_3/3$, где s_3 – снимаемое с карты расстояние, проходимое границей в промежутке времени от 18:00 до 21:00. Аналогично находится скорость смещения этой границы в промежутке времени от 21:00 31.12.2015 до 00:00 01.01.2016: $v_4 = s_4/3$, где s_4 – снимаемое с карты расстояние, проходимое границей в указанном промежутке времени. Если $V_2 \geq v_3$, то судно в дальнейшем будет оставаться в пределах «синей зоны», двигаясь со скоростью V_2 до конечной точки рассматриваемого участка перехода. В противном случае через некоторый промежуток времени x граница между «зонами» догонит судно. Это произойдёт в период с 18:00 до 21:00 UTC, если соблюдается условие: $V_2(6 - t_1) + 3V_2 \leq 3v_3 - v_2(6 - t_1)$ или

$$V_2(9 - t_1) \leq 3v_3 - v_2(6 - t_1) \quad (10)$$

В этом случае временной промежуток x находится из равенства:

$$V_2(6 - t_1 + x) = xv_3 - v_2(6 - t_1) \quad (11)$$

откуда

$$x = \frac{(6 - t_1)(V_2 + v_2)}{v_3 - V_2} \quad (12)$$

Если условие (9) не соблюдается, то граница между «зонами» догонит судно в период с 21:00 31.12.2015 до 00:00 01.01.2016. При этом x находится из равенства

$$V_2(6 - t_1) + 3V_2 + xV_2 = 3v_3 + xv_4 - v_2(6 - t_1)$$

по формуле:

$$x = \frac{(6 - t_1)(V_2 + v_2) + 3(V_2 - v_3)}{v_4 - V_2} + 3 \quad (13)$$

Общее время пребывания судна в пределах «синей зоны» волнения высотой 2–3 м можно найти по формуле: $t_2 = 6 - t_1 + x$ или

$$t_2 = 9 - t_1 + \frac{(6 - t_1)(V_2 + v_2) + 3(V_2 - v_3)}{v_4 - V_2} \quad (14)$$

При этом, по прошествии промежутка времени $t_1 + t_2$ с начала расчёта, судно вновь окажется в «зоне» волнения высотой 3–4 м и будет следовать со скоростью V_2 , рассчитанной по формуле (2) с учётом указанной высоты и актуального на данный момент курсового угла волны по отношению к судну. За время с 21:00 31.12.2015 до

00:00 01.01.2016 граница «зоны» сдвигается в южном направлении на расстояние s_4 со скоростью $v_4 = s_4/3$. Граница «зоны» движется в попутном с судном направлении до 00:00 01.01.2016. За время t_3 от момента, когда граница «зоны» догонит судно до 00:00 01.01.2016, оно, находясь в пределах «зелёной зоны», проходит расстояние $V_3 \times t_3$.

$$t_3 = 12 - t_1 - t_2 \quad (15)$$

Если $V_1 t_1 + V_2 t_2 + V_3 t_3 < 111.3$, то после 00:00 01.01.2016 судно будет продолжать движение в течение периода времени t_4 в «зоне» волнения высотой 3–4 м со скоростью V_3 . В период с 00:00 до 03:00 01.01.2016 граница «зоны» вновь смещается навстречу судну со скоростью $v_5 = s_5/3$. Здесь s_5 – расстояние, на которое смещается граница «зоны» в северном направлении в течение указанного периода.

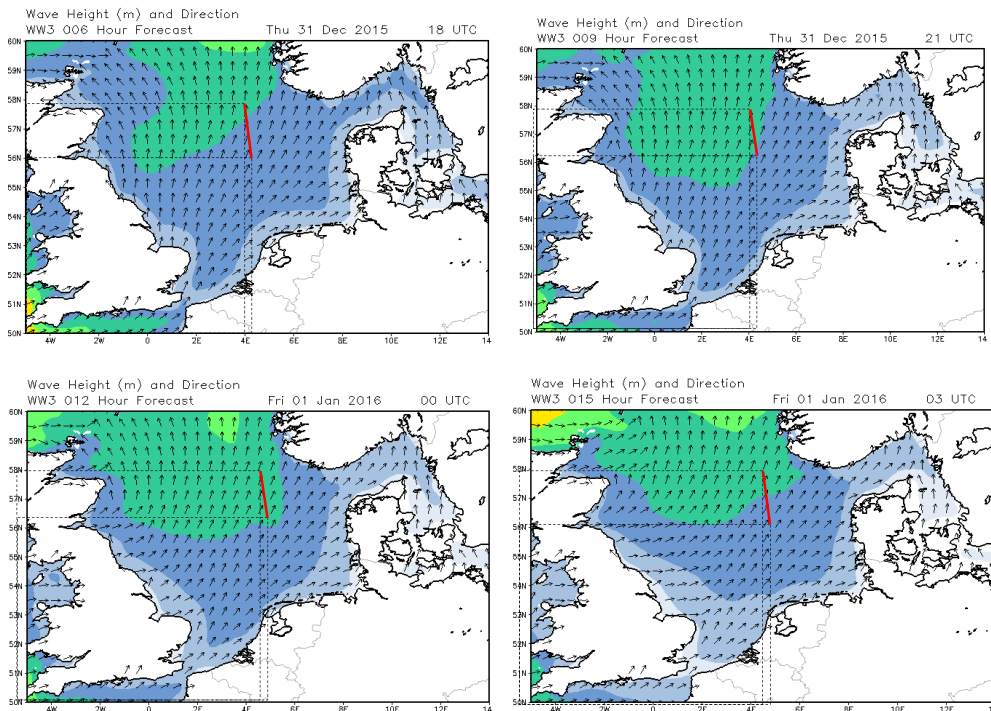


Рис. 5. Карты волнения, по которым производится расчёт в приведённом примере

$$t_4 = \frac{s_3 + s_4 - xv_4 - V_3 t_3}{V_3 + v_5} \quad (16)$$

Оставшуюся часть маршрута судно проходит со скоростью V_4 , рассчитываемой по формуле (2) с учётом высоты волны 2–3 м и соответствующего курсового угла волны по отношению к судну в период с 00:00 до 03:00 за время t_5 .

$$t_5 = \frac{111.3 - V_1 t_1 - V_2 t_2 - V_3 t_3 - V_4 t_4}{V_4} \quad (17)$$

Для автоматизации расчётов можно применить программу Mathcad. Пример такого расчёта для рассматриваемой ситуации приведён на рис. 6.

$$\begin{aligned}
 S1 &:= 110 & s1 &:= 70 & q1 &:= 0 & h01 &:= 3.5 & \Delta &:= 5000 & V0 &:= 11 & h1 &:= 1.32h01 \\
 & & s2 &:= 30 & q2 &:= 10 & h02 &:= 2.5 & & & & & h2 &:= 1.32h02 \\
 & & s3 &:= 50 & q3 &:= 30 & & & q01 &:= \frac{q1}{57.3} & & & & \\
 & & s4 &:= 50 & q4 &:= 0 & & & q02 &:= \frac{q2}{57.3} & q03 &:= \frac{q3}{57.3} & & \\
 & & s5 &:= 60 & q5 &:= 0 & & & & & & & & \\
 v1 &:= \frac{s1}{3} & v2 &:= \frac{s2}{3} & v3 &:= \frac{s3}{3} & v4 &:= \frac{s4}{3} & v5 &:= \frac{s5}{3} & & & v1 &= 23.333 \\
 V1 &:= V0 - (0.745h1 - 0.275q01 \cdot h1) \cdot \left(1 - 1.35 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta \cdot V0\right) & & & V1 &= 7.814 & v2 &= 10 \\
 V2 &:= V0 - (0.745h2 - 0.275q03 \cdot h2) \cdot \left(1 - 1.35 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta \cdot V0\right) & & & V2 &= 9.164 & v3 &= 16.667 \\
 V3 &:= V0 - (0.745h1 - 0.275q03 \cdot h1) \cdot \left(1 - 1.35 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta \cdot V0\right) & & & V3 &= 8.429 & v4 &= 16.667 \\
 V4 &:= V0 - (0.745h2 - 0.275q03 \cdot h2) \cdot \left(1 - 1.35 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta \cdot V0\right) & & & V4 &= 9.164 & v5 &= 20 \\
 t1 &:= \begin{cases} \frac{S1}{V1 + v1} & \text{if } S1 \leq 3 \cdot (V1 + v1) \\ \left[3 + \frac{S1 - 3 \cdot (V1 + v1)}{V1 + v2} \right] & \text{if } S1 \leq [6 \cdot V1 + 3 \cdot (v1 + v2)] \end{cases} & & & & & & t1 &= 3.93 \\
 t2 &:= \begin{cases} \frac{111.3 - V1 \cdot t1}{V2} & \text{if } V2 \geq v3 \\ \left[6 - t1 + \frac{(6 - t1) \cdot (V2 + v2)}{v3 - V2} \right] & \text{if } V2(9 - t1) \leq 3 \cdot v3 - v2 \cdot (6 - t1) \\ \left[9 - t1 + \frac{(6 - t1) \cdot (V2 + v2) + 3 \cdot (V2 - v3)}{v4 - V2} \right] & \text{otherwise} \end{cases} & & & & & & t2 &= 7.359 \\
 t3 &:= 12 - t1 - t2 & & & & & & t3 &= 0.712 \\
 x &:= 3 + \frac{(6 - t1) \cdot (V2 + v2) + 3 \cdot (V2 - v3)}{v4 - V2} & & & & & & x &= 5.288 \\
 t4 &:= \frac{s3 + s4 - x \cdot v4 - V3 \cdot t3}{V3 + v5} & & & & & & t4 &= 0.206 \\
 t5 &:= \frac{111.3 - V1 \cdot t1 - V2 \cdot t2 - V3 \cdot t3 - V3 \cdot t4}{V4} & & & & & & t5 &= 0.592 \\
 & & & & & & & & & & & & t1 + t2 + t3 + t4 + t5 &= 12.798
 \end{aligned}$$

Рис. 6. Пример расчёта времени, затрачиваемого на переход, в программе Mathcad

Список литературы:

- [1] Справочник капитана дальнего плавания / Л.Р. Аксютин, В.М. Бондарь, Г.Г. Ермолаев [и др.]; Под ред. Г.Г. Ермолаева. – М.: Транспорт, 1988. – 248 с.
 [2] Сетевой ресурс <http://passageweather.com/>

VOYAGE DURATION CALCULATION ALGORITHM USING THE WEATHER CHARTS

M.V. Osokin

Keywords: *voyage duration, navigation safety, time needed for the passage, the vessel speed in the windy conditions*

The article deals with the forecast weather charts use to consider the ship speed losses in the windy and stormy conditions while calculating the sea passage duration.

Статья поступила в редакцию 08.04.2016 г.

Раздел VII

Эксплуатация судового энергетического оборудования



Section VII

Operation of ship power equipment

УДК 629.113

О.К. Безюков, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ГУМРФ
им. адмирала С.О. Макарова»

А.А. Денисова, соискатель ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

ВЫБОР ЭТАЛОНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СУДОВЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ключевые слова: эталон, весовые коэффициенты, единичные показатели качества, аналитические методы, экспертные методы, судовые контрольно-измерительные приборы

В статье проведён анализ существующих методов выбора эталонов и нахождения весовых коэффициентов единичных показателей качества судовых контрольно-измерительных приборов (КИП). Предложен новый алгоритм выбора эталонов КИП на основе оценки их технического уровня, а также рекомендовано использование аналитического способа оценки значений весовых коэффициентов единичных показателей качества КИП.

Увеличение степени форсированности судовых дизельных двигателей и другого теплоэнергетического оборудования, необходимость обеспечения их высокой эффективности и безотказности предъявляют повышенные требования к количеству и качеству измерительной информации о режимах их работы и техническом состоянии, что невозможно обеспечить без комплектования судовой энергетической установки (СЭУ) контрольно-измерительными приборами, обладающими высокими техническим уровнем, качеством и конкурентоспособностью.

Известно, что для оценки КИП используют методы квалиметрии, которые устанавливают относительную меру качества объекта, определенную на основе соотношения его показателей со значениями таких же показателей базового образца (эталона) [1].

Согласно ГОСТ 2.116–84 базовым называется образец продукции, соответствующий передовым научно-техническим достижениям в установленном периоде как в нашей стране, так и в других промышленно развитых странах. Перспективный образец продукции характеризуется прогнозируемой совокупностью реально достижимых значений показателей качества и соответствует передовым научно-техническим достижениям на установленный будущий период.

Классификация методов определения эталонов качества была выполнена во ВНИИС и ВНИИмаш в 1970 г. и приведена в Методических указаниях по определению уровня качества промышленной продукции серийного производства. В соответствии с этой классификацией предлагается различать эталоны по назначению и способу их представления [1].

По назначению эталоны делятся на три группы:

- эталоны, отражающие достигнутый уровень качества (народнохозяйственный, мировой, высший достигнутый народнохозяйственный или мировой) – оценка качества серийной продукции при присвоении ей классов и знаков качества;
- эталоны, отражающие перспективный народнохозяйственный, или мировой уровень качества – оценка качества проектируемой продукции с целью наилучшего (или оптимального) варианта;
- специальные эталоны – анализ при определении динамики качества, получение комплексных и интегральных показателей качества и т. д.

По способу представления эталоны делятся на реальные и условные. Реальные эталоны могут задаваться как конкретными продуктами, так и стандартами, или полями значений показателей качества. Условные эталоны задаются идеальным, планируемым или максимально (минимально) допустимыми значениями показателей. Эти эталоны создаются путем анализа информации о динамике качества, требованиях потребителей, возможностей производства и т. д. [1].

Так в работе [2] рассматривается проблема выбора эталона для судовых дизелей. Рассматриваются два основных подхода к определению эталонных значений показателей. В первом случае за эталон принимаются показатели реальной, серийно выпускаемой машины, которые в определенной мере отражают современный мировой уровень [3].

При другом подходе к выбору эталонных значений за базовый принимается условная гипотетическая машина, обладающая такой совокупностью показателей, которую в действительности не имеет ни один из существующих аналогов. Одна из возможностей создания искусственного эталона заключается в том, что по каждому единичному показателю качества берется среднее для всей группы аналогов значение. При этом, в зависимости от цели оценки, сравнивать можно со средним мировым уровнем, средним уровнем по стране, по отрасли и т. п.

Авторами работы [3] сделан вывод, что наиболее приемлемым для оценки качества машин представляется применение гипотетического эталона, сочетающего в себе наилучшие значения по каждому из показателей.

В литературе предлагаются и другие способы выбора эталонных показателей. Они могут браться из действующих стандартов и нормативных документов, а в зарубежной практике чаще всего назначаются лицом, проводящем оценку.

Целесообразность выбора в качестве эталона гипотетического объекта критически оценивается в работе [4], в которой показано, что за эталон должно быть принято лучшее на момент оценивания качества значение соответствующего показателя.

Как показано в работах [1–7], эта задача на практике обычно решается экспертным путём.

После выбора эталона исследователь определяет номенклатуру показателей качества, в числе которых могут быть:

- единичные – относящиеся только к одному свойству прибора (например, масса, рабочая температура, габаритные размеры, относительная погрешность и др.);
- комплексные – относящиеся к нескольким ее свойствам;
- интегральные – комплексные показатели качества продукции, отражающие отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию.

Единичные абсолютные показатели качества, чаще всего, могут быть измерены и, как правило, содержатся в технической документации исследуемого объекта [8].

Единичные относительные показатели качества определяют как отношение значений одних и тех же показателей исследуемого объекта и эталона.

При вычислении комплексных показателей в квалиметрии в подавляющем числе случаев применяют одну из средневзвешенных формул (арифметическую, геометрическую, гармоническую). При этом считается, что любое свойство качества может быть определено двумя числовыми параметрами: единичным относительным показателем качества, умноженным на его коэффициент относительной важности (весовой коэффициент).

По источнику информации о значениях коэффициентов относительной важности методы квалиметрии классифицируются на следующие три группы методов:

- *экспертные* – это методы, в рамках которых для определения значений большинства числовых характеристик используют знания экспертов;
- *неэкспертные* (аналитические) – методы, в которых для определения этих значений обходятся без использования экспертов (но и в этом методе экспертов все-таки

приходится привлекать для выполнения одной из операций оценивания качества – построения дерева свойств объекта);

– *смешанные* – это методы, в которых значение некоторой (но не большей) части числовых характеристик объекта определяется экспертным методом, а остальные из них – неэкспертным.

Как показано в работе [7], преимуществами смешанных методов оценки качества являются: малая трудоемкость, связанная с отсутствием необходимости привлечения в качестве экспертов многих квалифицированных специалистов, относительно малая погрешность и большая надежность итоговых результатов, а недостатками – относительная технологическая сложность и большие затраты времени на разработку методики оценивания качества.

Таким образом, в настоящее время наиболее распространенным является метод экспертной оценки качества, алгоритм которого представлен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм квалиметрической оценки качества объекта

Если для уникальных, например строительных, объектов такие методы могут быть успешно применены [9], то для оценки контрольно-измерительных приборов они крайне непрактичны, так как обладают следующими недостатками:

– субъективностью выбора эталона исследуемого объекта и весовых коэффициентов;

– большими затратами времени и финансовых ресурсов.

Так, только в России зарегистрировано свыше 4500 предприятий, имеющих права на производство КИП, которые могут быть использованы при комплектации СЭУ. Они выпускают сотни, а иногда тысячи типов КИП с постоянно меняющимися техническими характеристиками.

С целью повышения объективности и снижения трудоемкости оценки качества КИП их показатели, приведенные в ГОСТ (4.135–85, 4.136–85, 4.156–85, 4.158–85, 4.179–85, 21339–82 и 24907–93), были разделены на три иерархических уровня, определяющих:

- технический уровень;
- качество (технический уровень + ряд дополнительных технических показателей);
- конкурентоспособность (качество + ряд дополнительных технико-экономических, патентно-правовых и организационно-управленческих показателей).

Так, иерархия показателей судового топливного расходомера включает:

- группу показателей, характеризующих технический уровень прибора (минимальный предел расхода, максимальный предел расхода, наработку на отказ и масса);
- группу дополнительных показателей, характеризующих качество с соответствующими весовыми коэффициентами (максимальная вязкость измеряемой жидкости, максимальное рабочее давление, температура измеряемой жидкости, температура окружающей среды, устойчивость к воздействию внешнего магнитного поля, габаритные размеры, условный предел прохода, гарантийный срок).
- группу показателей конкурентоспособности (цена, показатели унификации, эргономичности, эстетические и патентно-правовые показатели и др.) являются основополагающими при принятии решения о выборе наилучшего прибора.

Такой подход дополняет классификацию показателей, предложенных документами по стандартизации (ГОСТ 4.135–85, 4.136–85, 4.156–85, 4.158–85, 4.179–85, 21339–82 и 24907–93), разделяющими показатели качества на группы: 1) назначения (характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции); 2) надежности; 3) эргономические; 4) эстетические; 5) экологические; 6) технологичности; 7) стандартизации и унификации; 8) безопасности; 9) экономические; 10) транспортабельности; 11) патентно-правовые, что значительно упрощает процесс оценки технического уровня и качества многочисленной номенклатуры судовых приборов.

Получив иерархическую структуру показателей судовых приборов, необходимо сформировать критерии для оценки их технического уровня.

Для оценки технического уровня был использован метод, предложенный в работах [10, 11], в которых для оценки качества судового дизеля Q было использовано произведение критериального уравнения технического уровня, учитывающего коэффициент полезного действия, степень форсировки, массу, показатели безотказности и ресурса, умноженного на сумму показателей, характеризующих его дополнительные свойства с учетом их весовых коэффициентов (использование различных видов ресурсов, технологичности, транспортабельности и др.).

Построение критериального уравнения технического уровня судового топливного расходомера реализовано в следующей последовательности [12]:

- определение основных физических параметров, характеризующих функционирование прибора;
- составление формул размерностей физических параметров в выбранной системе измерения;
- построение матрицы размерности основных физических параметров;
- построение степенного одночлена, составленного из произведения первичных размерностей;
- составление системы уравнений для нахождения значений степеней физических параметров;

– получение безразмерного комплекса, характеризующего технический уровень прибора.

Под критериальным уравнением понимается совокупность зависимостей, позволяющих в обобщённой форме оценить наиболее существенные свойства прибора и протекающие в нём процессы. Для судового расходомера критериальное уравнение технического уровня имеет следующий вид:

$$L = \left[\frac{1}{\delta} \right] \cdot \left[\frac{\Delta G}{M} \cdot \Delta T \right], \quad (1)$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности, %;

ΔG – диапазон измерения расхода ΔG , кг/с;

M – масса первичного прибора (датчика, измерительной ячейки без вторичного показывающего прибора), кг;

ΔT – наработка на отказ, с (час).

Расчёт критериального уравнения технического уровня по аналитической зависимости (1) без привлечения экспертной оценки позволяет предложить новый алгоритм выбора эталона:

- формирование базы данных технических характеристик судовых приборов;
- получение безразмерного комплекса, характеризующего технический уровень прибора;
- расчёт технического уровня с помощью критериального уравнения по формуле (1) для группы приборов, отобранных из базы данных;
- принятие за объект – эталон прибор, имеющий наибольшее значение критерия (критериального уравнения) технического уровня;
- принятие за объекты исследования – аналоги приборы, имеющие второе, третье и т.д. значения критерия технического уровня.

Такой подход позволяет перейти от экспертного, субъективного выбора эталона и приборов-аналогов к объективному, что позволяет сократить время оценки и повысить достоверность результатов.

Второй этап оценки приборов проводится с помощью вычисления комплексного показателя качества по формуле (2).

$$Q = L \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot P_i, \quad (2)$$

где L – критериальное уравнение оценки технического уровня судового прибора;

P_i – показатель i -го свойства оцениваемого прибора;

m_i – коэффициент весомости показателя P_i ;

n – число учитываемых свойств;

Q – комплексный показатель качества.

Согласно формуле (2) показатели P_i входят в состав комплексного показателя качества с весовыми коэффициентами m_i [13].

Под весовым коэффициентом понимается числовой коэффициент, отражающий относительную важность данного единичного показателя в сравнении с другими, оказывающими влияние на качество прибора.

Таким образом, важнейшим этапом процедуры оценки качества КИП, проводимой в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2, является определение весовых коэффициентов его единичных показателей.



Рис. 2. Алгоритм комплектования КИП СЭУ с учётом их технического уровня, качества и конкурентоспособности

В работе [13] перечислены возможные подходы к определению показателей весомости:

- директивный;
- статистический (вероятностный);
- стоимостной;
- эвристический (экспертный);
- аналитический.

В директивном подходе весовые коэффициенты назначаются заказчиком, вышестоящей организацией и т.п.

Статистические методы могут быть применены при большом опыте разработки приборов аналогичного назначения. Пример применения представлен в работе [14].

При применении стоимостного метода считается, что весовые коэффициенты являются монотонно возрастающей функцией от затрат, необходимых на обеспечение существования i -го свойства. Однако существуют трудности в объективном и обоснованном дифференцировании затрат на каждый показатель. Пример применения представлен в работе [15].

Наибольшее распространение нашли эвристические методы, к которым относятся все методы, связанные с учётом мнений группы специалистов (экспертов). Так, в работе [16] экспертный метод применялся для формирования дерева технических свойств и вычисления коэффициента технического уровня, учитывающего число компонентов на каждом уровне дерева. Вес компонента для каждого уровня определялся по максимальному и минимальному значениям компонентов, вычисленных экспертами.

ГОСТ 23554.2–81 определяет экспертные методы оценки качества продукции на всех стадиях её жизненного цикла. Эксперты производят ранжирование и присвоение значений коэффициентам весомости, исходя из значимости показателей, при этом предлагается метод «главных точек», где эксперт графическим методом определяет вид зависимости между значениями показателей и их оценками.

При экспертном определении весовых коэффициентов показателей качества, как и многих других задач по управлению качеством, наибольшее распространение получили методы предпочтения (рангов), оценивания и сопоставления. Применение экспертных методов для определения параметров (коэффициентов) весомости показате-

лей требует, в основном, соблюдения правил и выполнения тех же экспертных процедур, что и применительно к общему случаю использования экспертных методов.

В связи с существенным влиянием весовых коэффициентов единичных показателей на результаты оценки, по возможности их определение следует проводить аналитическими методами, что увеличит объективность выводов.

Достоинством аналитических методов определения весовых коэффициентов является отсутствие необходимости в дополнительной информации кроме той, что содержится в самих значениях показателей и допустимых областях их значений.

В работе [13] представлена следующая классификация аналитических методов, применяемых для расчёта весовых коэффициентов единичных показателей при оценке интегральных показателей качества:

1) метод эквивалентных соотношений – основан на определении изменения обобщённого показателя качества оцениваемого прибора (выраженного в процентах) в зависимости от увеличения единичных показателей качества на один процент;

2) метод, где значения коэффициентов обратно пропорциональны разностям соответствующих номинальных и предельно допустимых значений показателей качества, или величине колебаний показателя в области определения и не зависят от текущего значения показателя.

Рассмотрим подробнее второй метод. Систему единичных показателей качества прибора $x_j (j = \overline{1, n})$ логично представить в виде m -мерного пространства, а задание ограничений – как выделение в этом пространстве некоторой области, которая является областью показателей x_j .

$$\begin{aligned} x_1^{**} &\leq x_{r1} \leq x_1^{**}; \\ &\dots \\ x_j &\leq x_{rj} \leq x_j^{**} \\ &\dots \\ x_n &\leq x_{rn} \leq x_n^{**} \end{aligned} \quad (3)$$

где r – номер аналога прибора;

x_j – нижняя допустимая граница показателя;

x_j^{**} – верхняя технически реализуемая граница показателя.

При этом весовые коэффициенты могут быть вычислены с помощью выражения:

$$m_j = \frac{\frac{1}{x_j^0 - x_j}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{x_j^0 - x_j}} \quad (4)$$

– для тех показателей, увеличение которых соответствует улучшению качества прибора и выражением вида:

$$m_j = \frac{\frac{1}{x_j^{**} - x_j^0}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{x_j^{**} - x_j^0}} \quad (5)$$

– для тех показателей, уменьшение которых соответствует улучшению качества прибора.

Здесь x_j^0 – среднее значение x_j .

Алгоритм оценки весовых коэффициентов рассмотренным методом применительно к судовым приборам содержит следующие этапы:

1) определение нижних и верхних допустимых границ значений показателей качества в соответствии с требованиями потребителя, нормативно-технической документации;

2) нахождение средних значений единичных показателей;

3) нахождение весовых коэффициентов единичных показателей с помощью аналитических зависимостей (4) и (5).

Авторами проводился сравнительный расчёт весовых коэффициентов для судовых расходомеров, на примере приборов, производимых заводами ОАО «Промприбор», ЗАО «Взлёт», ГК ЭМИС, ОАО «Завод «СТАРОРУСПРИБОР».

Технические характеристики оцениваемых расходомеров представлены в таблице 1.

Сравнительный анализ расходомеров проводился путём расчёта и анализа следующих показателей:

1) безразмерного критериального уравнения технического уровня L , вычисленного по формуле (1), как показано в работе [12], с последующим выбором объекта-эталона и объектов-аналогов;

2) комплексного показателя качества Q_a , вычисленного по методике [12], где весовые коэффициенты вычислены с помощью экспертной оценки по методике [1, 17];

3) комплексного показателя качества Q_b , вычисленного по методике [12], где весовые коэффициенты вычислены с помощью аналитического метода [13] по формулам (4) и (5).

При расчёте весовых коэффициентов экспертным методом авторы руководствовались методикой, представленной в [1, 17] и результатами расчёта ценности информации для котлотурбинной установки, приведёнными в работе [18].

При расчёте весовых коэффициентов с помощью аналитического метода авторы руководствовались методикой, представленной в работе [13] и формулами (4) и (5).

Результаты расчётов весовых коэффициентов P_i единичных показателей качества топливных расходомеров, представленных в таблице 1, с помощью экспертного метода по методике [1, 17] и аналитического метода [13] представлены на рисунке 3, где по оси абсцисс представлены номера единичных показателей качества (6–17 согласно таблице 1), а по оси ординат – полученные значения весовых коэффициентов.

Был сделан вывод, что на начальном этапе освоения методики комплектования КИП СЭУ целесообразно сочетать экспертные, аналитические, статистические и другие методы определения весовых коэффициентов единичных показателей, входящих в комплексный показатель качества, сравнения полученные результаты и выявляя их достоинства и недостатки.

Анализ полученных результатов расчётов показал, что:

1) наибольшие значения безразмерного критериального уравнения технического уровня L , вычисленного по формуле (1), имеют расходомеры Взлёт УРСВ-5хх ц и ГК ЭМИС ЭМИС-ДИО 230;

2) наибольшие значения комплексного показателя качества Q_a имеют расходомеры ГК ЭМИС ЭМИС-ДИО 230 и ОАО «Завод «СТАРОРУСПРИБОР» АС-001ц;

3) наибольшие значения комплексного показателя качества Q_b имеют расходомеры ГК ЭМИС ЭМИС-ДИО 230 и ОАО «Завод «СТАРОРУСПРИБОР» АС-001ц.

Таблица 1

**Сравнительный анализ ультразвуковых расходомеров,
производимых в России**

Наименование показателя	Весовой коэф-т (экспертный метод)	Весовой коэф-т (аналитический метод)	Пром-прибор СЖУ-65	Взлёт УРСВ-5ххц	ГК ЭМИС ЭМИС-ДИО 230	ОАО «Завод «Старорусприбор» АС-001и
1. Показатели оценки технического уровня						
1. Предел допускаемой относительной погрешности (ПГ) в диапазоне расходов	–	–	0,5	0,5	0,25	0,25
2. Минимальный предел расхода	–	–	0,5	0,5	0,15	0,025
3. Максимальный предел расхода	–	–	5	5	4,5	2,5
4. Нарботка на отказ, ч	–	–	65 000	75 000	60 000	150 000
5. Масса, кг	–	–	4,1	3	3,7	7
2. Показатели оценки качества						
6. Максимальная вязкость измеряемой жидкости, мм ² /с	0,056	0,068	0,55 до 60	0,55 до 40 сСт	от 0,3 до 20000 мПа·с	0,55 до 40 сСт
7. Максимальное рабочее давление, МПа	0,119	0,113	1,6	2,5	6,4	1,6
8. Температура измеряемой жидкости, °С	0,066	0,068	от – 40 до + 90	от - 30 до +160	от -40 до +250	от - 40 до + 90
9. Температура окружающей среды, °С	0,054	0,065	от - 40 до + 50	от - 40 до + 65	от -30 до +70	от - 40 до + 50
10. Устойчивость к воздействию внешнего магнитного поля А/м	0,052	0,063	–	–	до 400 (50Гц)	–
11. Габаритные размеры, мм	0,068	0,066	260×150×80	250×154×75	330×180×110	450×190×120
12. Условный предел прохода	0,053	0,03	15	15	15	15
13. Гарантийный срок, лет	0,083	0,096	12	12	8	10
14. Уровень шума, вибрации и энергетического влияния, баллы;	0,056	0,015	2,5	3,1	1,8	2,7
3. Показатели оценки конкурентоспособности						
15. Гигиенический показатель (удобство для оператора), баллы.;	0,081	0,096	2,5	1,6	2,9	2,7
16. Рациональность формы (информативность), баллы	0,156	0,154	2,5	1,7	2,2	1,8
17. Технологическая себестоимость, руб.	0,156	0,166	47082	51250	55 000	38350

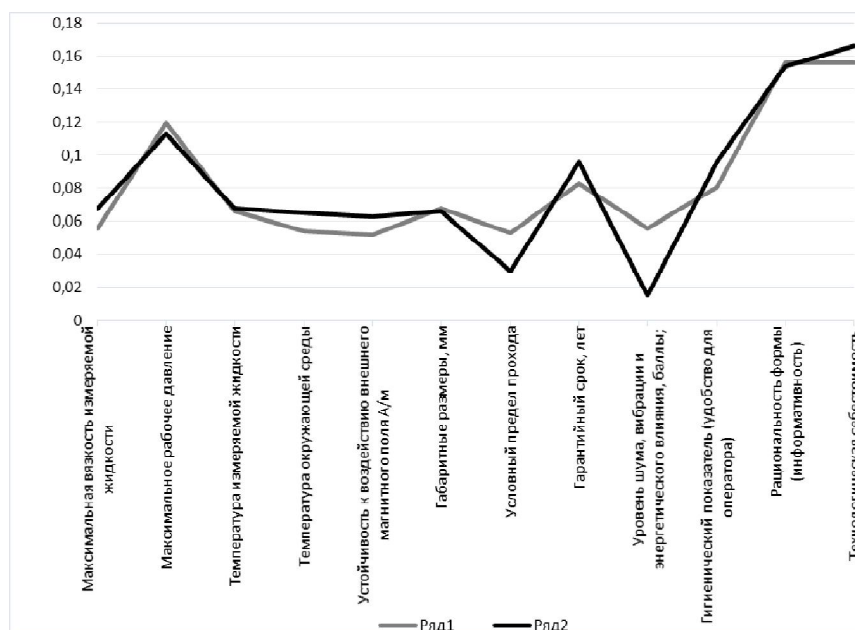


Рис. 3. Сравнительные графики значений коэффициентов весомости, рассчитанных с помощью аналитического и экспертного методов для показателей 6–17 согласно таблице 1, где ряд 1 – весовые коэффициенты вычислены с помощью аналитического метода [13] по формулам (4) и (5), ряд 2 – весовые коэффициенты вычислены с помощью экспертной оценки по методике [1, 17]

В результате сравнения указанных выше показателей наиболее высокие оценки получил расходомер ГК ЭМИС ЭМИС-ДИО 230. Это обосновано минимальной относительной погрешностью 0,25 в диапазоне расхода, максимальным рабочим давлением – 6,4 МПа и широким диапазоном измеряемых температур – от –40 до +250°С по сравнению с остальными расстраиваемыми приборами.

Таким образом, рассмотренный алгоритм выбора эталона и определения весовых коэффициентов позволяет вычислить единичные, комплексный и интегральный показатели качества при комплектовании судовых энергетических установок контрольно-измерительными приборами с минимальным привлечением экспертных оценок, обеспечить сокращение сроков, стоимости и повышение качества автоматизированного проектирования СЭУ.

Список литературы:

- [1] Анисимова К.Н., Вайнштейн В.С., Ергопуло Л.Т. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 120 с.
- [2] Недбай А.А. Основы квалиметрии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А.А. Недбай, Н.В. Мерзликина. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 126 с.
- [3] Музаев А.А. Колосов К.К. Дорохов П.А. Сравнительная оценка качества судовых дизелей и выбор эталона // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – № 3, том 8. – С. 58–61.
- [4] Единая методика оценки технического уровня продукции машиностроения. – М.: ГКНТ СССР, 1987. – 86 с.
- [5] Азгальдов Г.Г. Практическая квалиметрия в системе качества: ошибки и заблуждения // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3.
- [6] Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.

- [7] Кузьмичев В.С., Маслов В.Г., Морозов М.А. Экспертная оценка научно-технического уровня проекта авиационного ГТД // Известия вузов. Авиационная техника. – 1992. – № 4. – С. 50–52.
- [8] Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства измерений. – Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2006. – 146 с.
- [9] Азгальдов Г.Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. – М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.
- [10] Безюков О.К. Критерий для оценки научно-технического уровня судовых дизелей // Тр. международного научно-технического семинара «Исследования, проектирование и эксплуатация судовых ДВС. – СПб, Изд-во «ПаркКом», 2006. – С. 16–19.
- [11] Безюков О.К., Ивашин И.В. Методика формирования карты технического уровня и качества судовых дизелей // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – № 1. – С. 76–84.
- [12] Безюков О.К., Афанасьева О.В., Денисова А.А. Построение критериального уравнения технического уровня судовых топливных расходомеров с помощью метода анализа размерностей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 1 (35). – С. 99–108.
- [13] Мартыщенко Л.А., Ташевский А.Г., Завгородний С.И., Запорожец В.И., Киреев М.Л., Малиновский В.С., Филюстин А.Е., Первухин Д.А. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники. Часть 2. Министерство обороны РФ, 1993. – 378 с.
- [14] Белов В.М. Метод балльной оценки показателей весомости // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2009. – № 4. – С. 15–19.
- [15] Салтыков С.А. Экспериментальное сопоставление методов взвешенной суммы, теории полезности теории важности критериев для решения многокритериальных задач с балльными критериями // Управление большими системами. 2010. – Выпуск 29. – С. 16–41.
- [16] Есев А.А., Солдатов А.С., Пушкарский Е.Ю. Метод квалиметрии сложных технических систем при проведении их испытаний. Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2013. – Т. 4. – С. 1191–1195.
- [17] Готов В.А., Павельев В.В. Экспертные методы определения весовых коэффициентов. Автоматика и телемеханика. – 1976. – № 12. – С. 95–107.
- [18] Темнов В.Н. Метрологическое исследование объектов контроля / В.Н. Темнов. – СПб.: ВМИИ, 2006. – 331 с.

STANDARDS SELECTION AND WEIGHT COEFFICIENT QUALITY INDICATORS DEFINITIONS IN MARINE INSTRUMENTATION ESTIMATION.

O.K. Besukov, A.A. Denisova

Key words: standard, weights, local quality indicators, analytical methods, expert methods, marine instrumentation

In this article the existing methods analysis concerning the standard selection and finding the individual marine instrumentation quality indicators weight coefficients. A new algorithm dealing with marine instrumentation selection standards based on its technical level estimation is offered. An analytical way revealing the weight coefficients individual indicators estimation in relation to the marine instrumentation quality is recommended.

Статья поступила в редакцию 18.04.2016 г.

УДК621.311.68

О.А. Бурмакин, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

М.П. Шилов, аспирант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ю.С. Малышев, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

С.В. Попов, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ключевые слова: судовая электростанция, имитационная модель, синхронизация, параллельная работа.

В статье предложена имитационная модель судовой электростанции, позволяющая исследовать процессы, происходящие в дизель генераторном агрегате при изменении нагрузки, синхронизации, а так же при параллельной работе двух дизель генераторов. Приведены схемы основных блоков модели и осциллограммы ее работы. Выполнена проверка адекватности функционирования модели.

При проектировании судовых электроэнергетических систем и обучении студентов в случае отсутствия реальной СЭС требуется моделирование параллельной работы двух и более генераторов. Анализ моделей электростанций, представленных в открытом доступе показывает, что их использование имеет ограниченный характер в связи со следующими причинами: модели не имеют возможности оценки переходных процессов при моделировании параллельной работы генераторов; структура элементов моделей имеет ограниченный набор ключевых настроек, что не позволяет выполнять не обходимые исследования; результаты моделирования не всегда отвечают установленным требованиям точности при сверке результатов испытаний реальной судовой электростанции.

Для устранения указанных недостатков существующих моделей в приложении Matlab Simulink была разработана модель, позволяющая выполнять исследования параллельной работы двух генераторов (рис. 1).

За основу модели была принята судовая электростанция теплохода проекта № 588, состоящая из четырех дизель генераторных агрегатов Д467-21И-1 мощностью 150 л.с. и скоростью вращения вала 1500 об/мин. ДГ оснащены судовыми генераторами фирмы Bokok BK-100 имеющие следующие технические характеристики: номинальная мощность – 100 кВт; напряжение – 400 В; номинальный ток – 192 А; коэффициент полезного действия – 0,91; коэффициент мощности – 0,8. Исходя из режима работы судна для обеспечения электроэнергией судового электрооборудования, при необходимости возможно использование параллельной работы любых двух генераторов из состава электростанции.

Разработанная модель судовой станции (рис. 1), состоит из двух дизель-генераторных агрегатов и позволяет изучать процессы, происходящие в элементах электростанции при изменении нагрузки, синхронизации и параллельной работе двух дизель генераторов.

В состав схемы входят:

1) блок возбуждения – Excitation System [1, 2, 3], который позволяет стабилизировать напряжение на зажимах генератора. За его основу взята передаточная функция представленная выражением:

$$\frac{V_{fd}(S)}{E_f(S)} = \frac{1}{K_e + S \cdot T_e}. \quad (1)$$

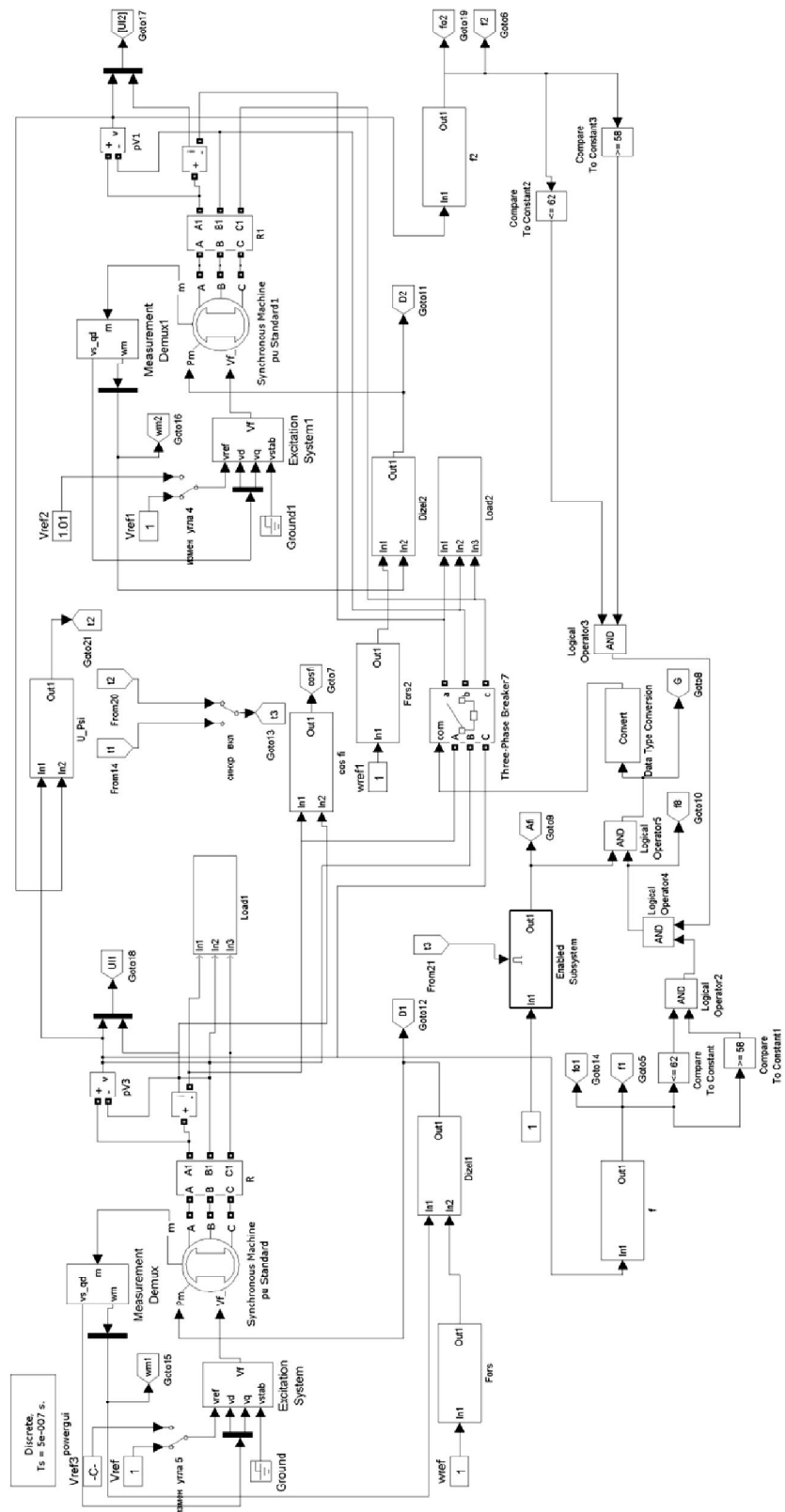


Рис. 1. Модель судовой электростанции

где $V_{fd}(S)$ – напряжение возбуждения;
 $E_f(S)$ – выходное напряжение регулятора;
 K_e – коэффициент усиления возбудителя;
 T_e – постоянная времени возбудителя;
 S – полная мощность генератора.

2) Модель дизельного двигателя (рис. 2), состоящего из: актуатора – Transfer Fcn1, воздействующего на топливную рейку, системы управления – Transfer Fcn2 [4], выполняющей регулирование внешнего момента дизеля, камеры сгорания дизеля Transfer Fcn6, механической части – Integratorlimited и блока Product, который вычисляет значение мощности двигателя, исходя из его скорости и момента.

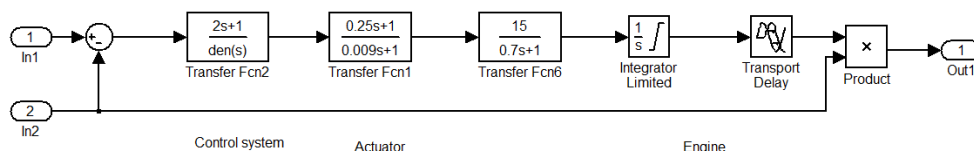


Рис. 2. Модель дизельного агрегата

3) Нагрузка генератора представлена блоком, моделирующим последовательное соединение резистора, индуктивности и конденсатора (рис. 3).

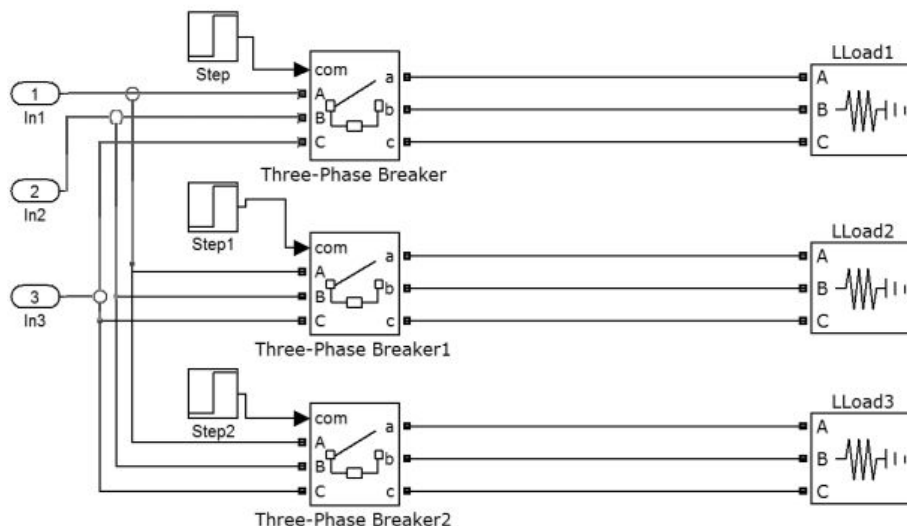


Рис. 3. Блок имитации переменной нагрузки

4) Система измерений включает в себя:

- блок вычисления и измерения частоты генерируемого напряжения (рис. 4), состоящий из элементов Triggered Subsystem и memory, в которых происходит сравнение текущего и предыдущего значений сигнала.
- блок измерения выходного напряжения генератора и вычисления сдвига фаз между векторами напряжения одноименных фаз, который реализован на элементах Fourier, установленных в цепях обоих генераторов (рис. 5), а также логических элементов выполняющих сравнение указанных величин для проверки условий синхронизации.

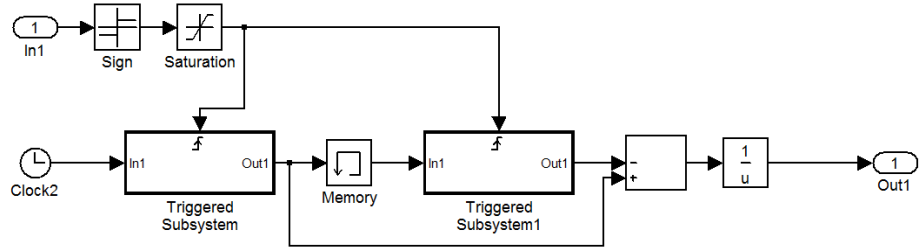


Рис. 4. Блок вычисления и измерения частоты генерируемого напряжения

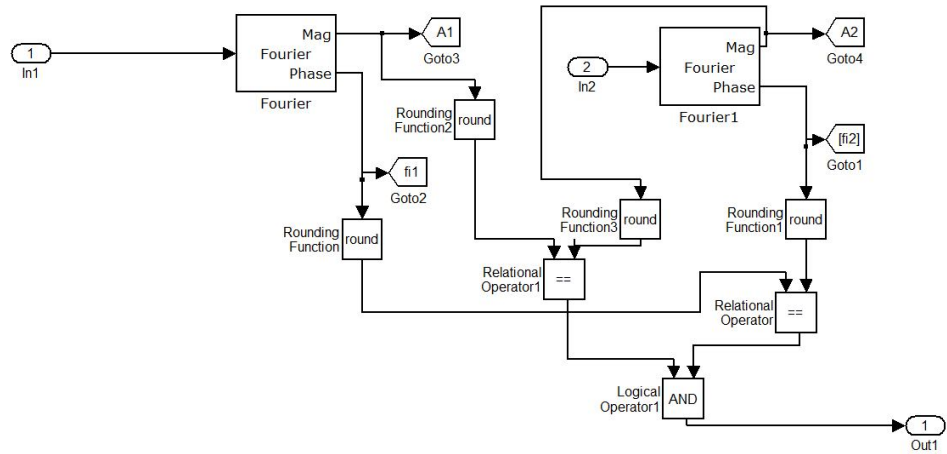


Рис. 5. Блок измерения выходного напряжения генератора и вычисления сдвига фаз

– блок $\cos \varphi$ (рис. 6), в котором с помощью определенных математических операций со значениями измеренных активной и реактивной мощности, вычисляется значение $\cos \varphi$.

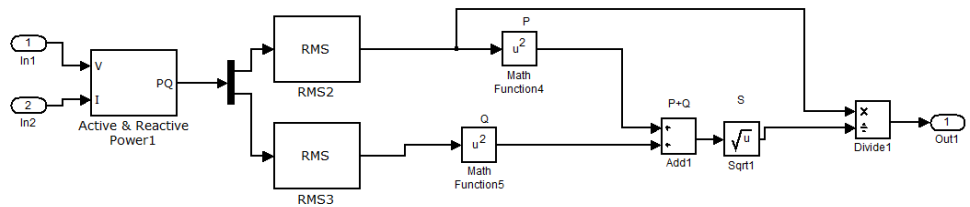


Рис. 6. Блок вычисления $\cos\varphi$

В модели (рис. 1) реализована схема подстройки скорости вращения приводного двигателя для уменьшения сдвига фаз между одноименными векторами напряжений генераторов. Схема включает в себя цепь с управляемыми переключателями Fors (рис. 7), формирующая сигналы ускорения или замедления, передаваемые в схему регулирования скорости.

При выполнении всех условий синхронизации на вход com – порта Three-phasebreaker 7 поступает единичный сигнал, который, воздействуя на автоматический выключатель с электроприводом, подключает второй генератор к шинам ГРЩ.

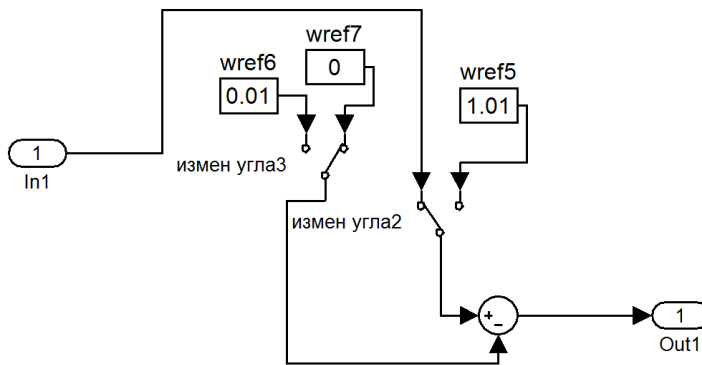


Рис. 7. Цепь подстройки скорости вращения приводного двигателя

Алгоритм моделирования осуществляется в следующей последовательности:

1. Запуск приводного двигателя без нагрузки;
2. Прогрев дизельного двигателя;
3. Подключение генератора к шинам;
4. Включение двух ступеней нагрузки;
5. Синхронизация с автоматической подстройкой параметров дизель-генератора для выполнения условий синхронизации;
6. Последовательное подключение четырех ступеней нагрузки к параллельно работающим генераторам, причем четвертая ступень имеет в два раза меньшие параметры.

В приведенной модели параметры ступеней нагрузки установлены следующим образом: активная составляющая мощности равна 20 кВт, реактивная составляющая мощности равна 10 кВар.

Диаграммы переходных процессов основных параметров элементов схемы приведены на осциллограммах рис. 8–11.

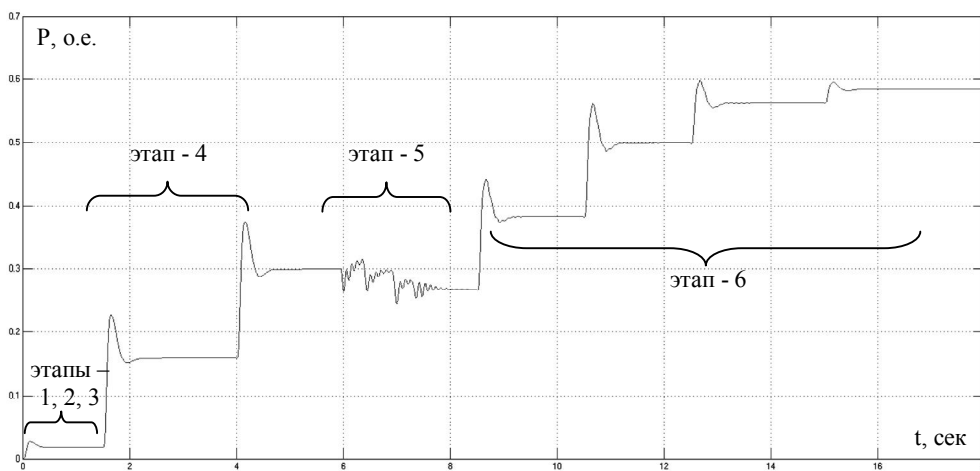


Рис. 8. Диаграмма изменения мощности первого приводного двигателя

При подключении одной ступени нагрузки к генератору наблюдается всплеск мощности приводного двигателя около 10% (рис. 8). Одновременно возникает провал частоты напряжения генератора не более чем на 2% от номинального значения рис. 9 и величины напряжения на 2,5% (рис. 10).

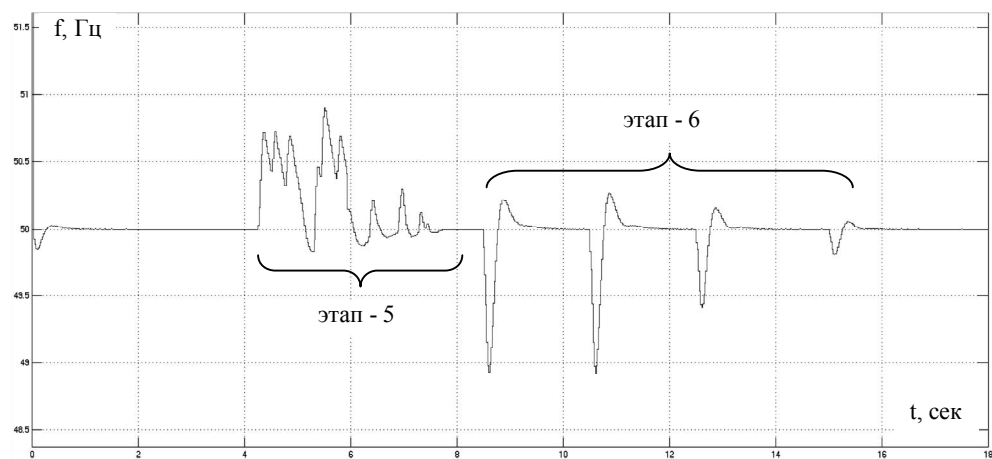
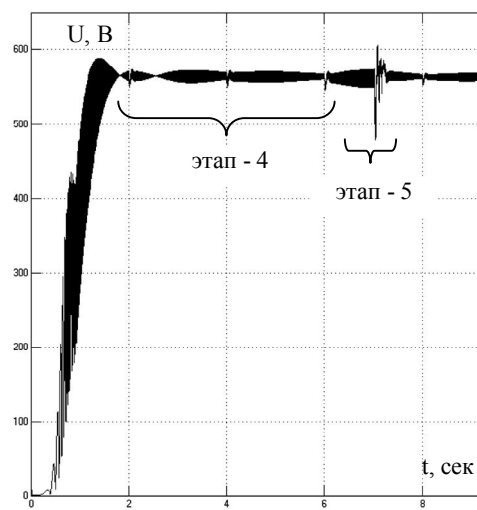
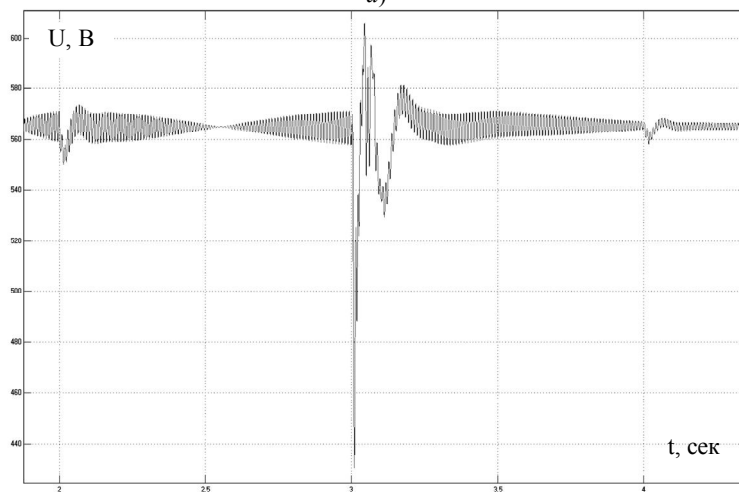


Рис. 9 Диаграмма изменения частоты напряжения второго дизель генератора



а)



б)

Рис. 10. Диаграмма изменения амплитуды напряжения первого генератора – а
и увеличенная часть диаграммы в момент синхронизации – б

Для оценки переходного процесса синхронизации на рис. 10 справа приведена увеличенная часть диаграммы амплитуды напряжения первого генератора.

После завершения процесса синхронизации наблюдается изменение генерируемого напряжения и тока связанное с распределением нагрузок между генераторами рис. 10, 11.

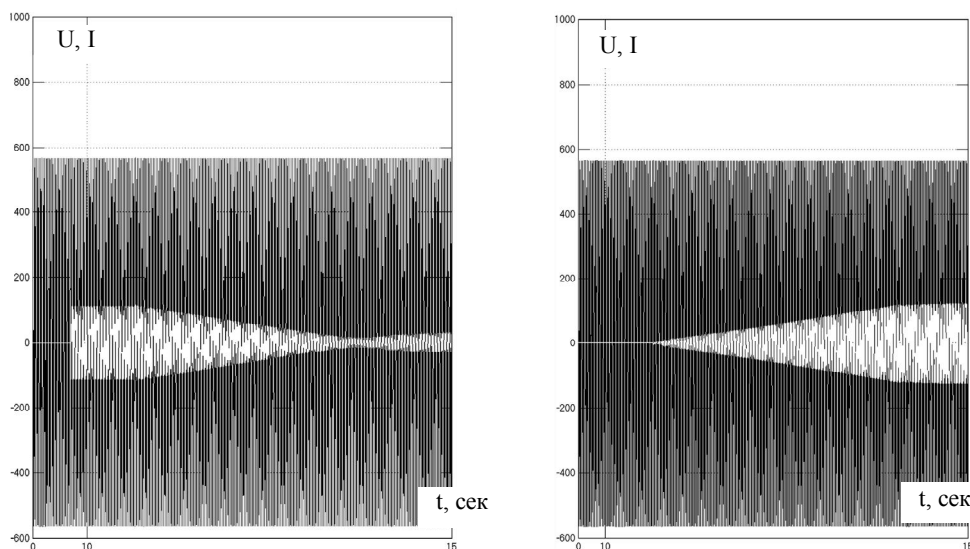


Рис. 11. Диаграммы тока и напряжения генераторов при распределении нагрузки на второй генератор

Для определения адекватности модели были проведены натурные испытания указанных дизель-генераторных агрегатов, как при раздельной, так и при их параллельной работе. Результаты моделирования и натурных испытаний судовой электростанции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Результат моделирования	Результат натурных испытаний	Относительная погрешность моделирования, %
Снижение напряжения при подключении 25% нагрузки, В	10	6	1
Снижение частоты напряжения при подключении 25% нагрузки, Гц	1	0,5	1
Перерегулирование по напряжению при подключении 25% нагрузки, В	5,6	4	0,4
Снижение напряжения при подключении 50% нагрузки, В	11	8	2
Снижение напряжения при подключении 100% нагрузки, В	13	15	0,5
Снижение частоты при подключении 100% нагрузки, Гц	2	2	0
Отклонение напряжения во время синхронизации, В	100	90	2,5

Таким образом, предложенная модель позволяет выполнять моделирование процесса точной синхронизации двух судовых генераторов работающих под нагрузкой.

Анализ полученных результатов подтверждает адекватность модели с погрешностью менее 2,5%, что позволяет использовать модель при проектировании судовых электроэнергетических систем, а также при обучении студентов для понимания процессов, происходящих в СЭЭС.

Список литературы:

- [1] Черных И.В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink.» – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).
- [2] Коробко Г.И., Попов С.В. «Моделирование элементов судовых электроэнергетических систем» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 32 с.
- [3] Коробко Г.И., Попов С.В. «Моделирование судовых синхронных генераторов и систем их возбуждения» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 34 с.
- [4] Герман-Галкин С.Г. «Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебное пособие» - СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с., ил.
- [5] Качество электрической энергии на судах/ В.В. Шейнинович [и др.]: Справочник/Л.: Судостроение, 1988.

A SHIP POWER PLANT SIMULATION MODEL

O.A. Burmakin, M.P. Shilov, Y.S. Malyshev, S.V. Popov

Keywords: *ship power plant, simulation model, synchronization, parallel operation.*

The article offers a ship power plant simulation model, allowing to investigate the processes occurring in the diesel generator unit at varying loads, synchronization and two diesel generators parallel operation. The major model blocks schemes and the model's work waveform are shown. The model functioning adequacy check was carried out.

Статья поступила в редакцию 01.07.2016 г.

УДК 621.317

И.Г. Коробко, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

Ключевые слова: *автономная электростанция, дизель-генератор, система регулирования напряжения, преобразователь частоты.*

В статье рассматривается автономная электростанция на базе дизель-генераторного агрегата с изменяемой частотой вращения. Предложена система стабилизации выходного напряжения генераторного агрегата, обеспечивающая в замкнутой системе регулирования компенсацию снижения напряжения при возрастании тока нагрузки.

Автономные электростанции на базе генераторных агрегатов с изменяемой частотой

той вращения обеспечивают экономию топлива и повышение КПД при переменной активной нагрузке [1]. Работа дизель-генераторов электростанции зависит от эффективности следующих систем автоматического регулирования:

- частоты вращения приводного двигателя;
- напряжения синхронного генератора;
- частоты и амплитуды выходного напряжения генераторного агрегата.

На рисунке 1 показана блок-схема систем регулирования параметров дизель-генераторного агрегата. Для управления частотой вращения дизеля (или газопоршневого двигателя) Д используется регулятор частоты вращения РЧВ. На входы регулятора поступает сигнал отрицательной обратной связи датчика частоты вращения ДЧВ и задающий сигнал от задатчика экономичного режима ЗЭР. На вход задатчика подается сигнал о величине активной мощности P_A , отдаваемой синхронным генератором G, который формируется блоком измерения БИ. Точное поддержание заданной частоты вращения дизеля обеспечивает оптимальный расход топлива [2].

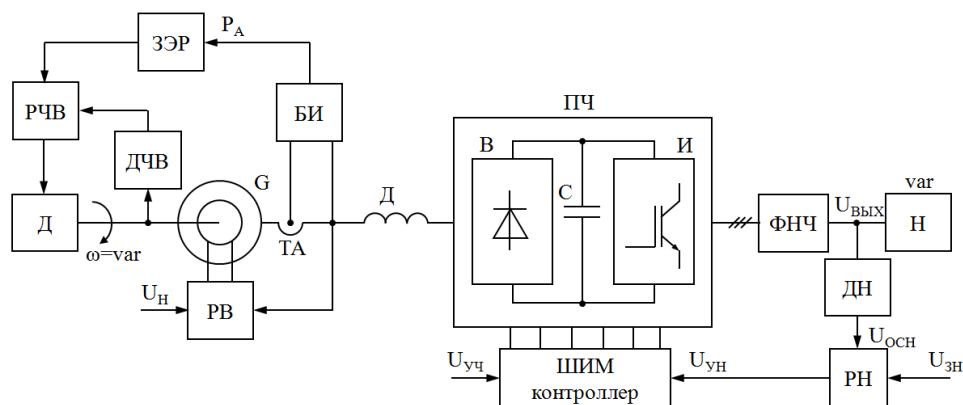


Рис. 1. Блок-схема дизель-генератора с системами автономного регулирования

Снижение частоты вращения дизеля (до 75–80% от номинальной величины) приведет к уменьшению частоты выходного напряжения генератора. Поддержание амплитуды напряжения генератора на номинальном уровне будет обеспечено за счет регулятора возбуждения ПВ, на входе которого сравнивается значение напряжения на выходе генератора и заданного напряжения U_H . Для этого используются синхронные генераторы с «высокой» характеристикой холостого хода и повышенным номинальным напряжением до 415 В и более [3].

Одной из задач является поддержание амплитуды переменного напряжения на выходе дизель-генератора с достаточно высокой точностью. В состав этой системы входят силовые элементы и управляющие устройства.

На выходе дизель-генераторного агрегата через дроссель Д подключен преобразователь частоты ПЧ, особенностью которого является работа при снижении входной частоты на 25% от номинального значения (преобразователи фирмы Siemens, Mitsubishi, Danfoss и др). ПЧ состоит из выпрямительного блока В, конденсатора С в цепи постоянного напряжения и инвертора И, представляющего собой трехфазный мост на базе IGBT-транзисторов. Управление транзисторами осуществляет ШИМ-контроллер, вырабатывающий сигналы на включение или отключение силовых ключей, формируя синусоидальное напряжение заданной частоты на всех трех фазах. На входы контроллера поступают сигналы управления частотой $U_{yч}$, и напряжением $U_{yн}$. На выходе преобразователя частоты установлен фильтр низких частот ФНЧ, предназначенный для получения синусоидальной формы выходного напряжения, поступающего на нагрузку Н. Поддержание амплитуды переменного напряжения на

выходе генераторного агрегата осуществляется регулятором напряжения РН, на входы которого поступают напряжения задания $U_{3Н}$ и обратной связи $U_{ОСН}$. Для получения этого сигнала используется датчик напряжения ДН, подключенный к выходу генераторного агрегата.

По мере увеличения тока нагрузки выходное напряжение $U_{ВЫХ}$ будет снижаться из-за роста потерь в дросселе, фильтре низких частот, а также в элементах преобразователя частоты. Для компенсации снижения напряжения на выходе дизель-генераторного агрегата представлена структурная схема системы стабилизации на рисунке 2.

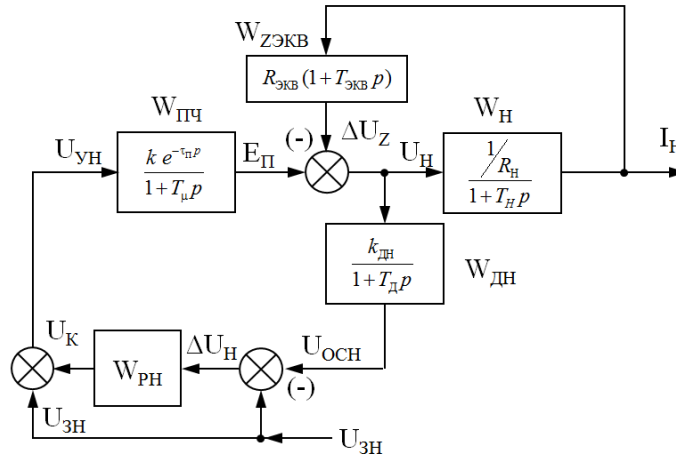


Рис. 2. Структурная схема системы стабилизации напряжения на выходе дизель-генераторного агрегата

На схеме показаны передаточные функции основных элементов замкнутой системы. Нагрузка представляет собой апериодическое звено с передаточной функцией W_H . Напряжение на нагрузке U_H определяется разностью выходной ЭДС преобразователя частоты – E_P и падения напряжения $\Delta U_{ZЭКВ}$ на эквивалентном сопротивлении $W_{ZЭКВ}$, которое возрастает при увеличении тока нагрузки I_H . Передаточная функция эквивалентного сопротивления $W_{ZЭКВ}$ представлена форсирующим звеном первого порядка. Передаточная функция датчика напряжения $W_{ДН}$ в виде апериодического звена первого порядка формирует сигнал обратной связи по напряжению $U_{ОСН}$. Этот сигнал сравнивается с сигналом задания $U_{3Н}$, и полученная разница поступает на вход регулятора напряжения $W_{РН}$, передаточная функция которого будет определена при моделировании. В результате на выходе регулятора напряжения будет получен сигнал компенсации U_K . В сигнал задания $U_{3Н}$ добавляется величина сигнала компенсации U_K , а полученный сигнал $U_{УН}$ является задающим по напряжению для преобразователя частоты. Его передаточная функция $W_{ПЧ}$ представлена произведением апериодического звена и звена постоянного запаздывания с постоянными времени T_u и τ_n соответственно. В режиме холостого хода, когда ток нагрузки равен нулю, сигнал задания $U_{3Н} = U_{ОСН}$, при этом значение компенсации $U_K = 0$.

Оценка ошибки по напряжению на нагрузке определяется формулой:

$$\Delta U_{НАГР} = \frac{-\Delta U_{\Sigma}}{(1 + W_{РН})}, \text{ при условии } W_{ПЧ} W_{ДН} = 1,$$

где ΔU_{Σ} – величина падения напряжения на нагрузке при номинальном токе без замкнутой системы регулирования.

При значении $\Delta U_{\Sigma} = 6\%$ от U_H при номинальном токе нагрузки и коэффициенте усиления регулятора – $K_{PH} = 10$, ошибка $\Delta U_{НАГР} = 0,54\%$.

Большинство систем управления по отклонению требуют наличие датчика напряжения с низким уровнем пульсаций выходного сигнала. В случае применения измерителя на базе выпрямителя потребуется сглаживающий фильтр высокого порядка с большой постоянной времени, который заметно снизит быстродействие системы. Основное достоинство предложенной системы управления по сравнению с классической системой – возможность работы при наличии пульсаций на выходе измерителя напряжения, что позволяет отказаться от использования дополнительных фильтров и повысить быстродействие и точность работы системы.

Для моделирования системы регулирования напряжения дизель-генераторного агрегата изменяемой частоты вращения в пакете Matlab Simulink была создана модель, представленная на рисунке 3.

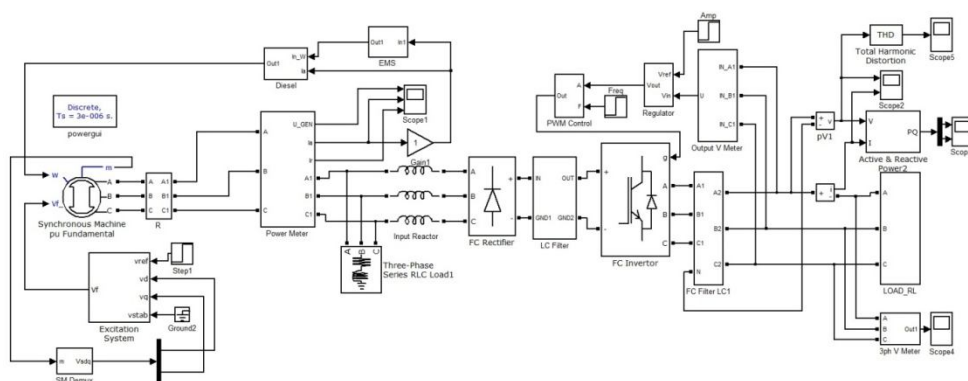


Рис. 3. Модель системы регулирования выходного напряжения ПЧ.

В модели использованы стандартные блоки библиотеки SimPowerSystem. Генератор представлен эквивалентной явнополюсной фундаментальной синхронной машиной «Synchronous Machine pu Fundamental» мощностью 250 кВт с номинальным выходным напряжением 415В частотой 50 Гц. Регулятор возбуждения генератора представлен блоком Excitation System, который формирует напряжение возбуждения V_f в соответствии с величиной выходного напряжения на зажимах генератора и заданием, поступающим на вход v_{ref} . Блок SM_Demux предназначен для разбивки текущих параметров генератора с выхода m (напряжения V_d и V_q , которые поступают на вход регулятора возбуждения). К выходу генератора подключен блок Power Meter, измеряющий значение активного и реактивного тока и выходного напряжения. Задатчик экономичного режима представлен блоком EMS. На его вход поступает измеренное значение активного тока, в соответствии с которым формируется задание на скорость дизеля, приводящего в действие синхронный генератор.

Нагрузкой генератора является эквивалентная активно-реактивная нагрузка «Series RLC Load». Через входные дроссели к генератору подключен преобразователь частоты, состоящий из выпрямителя «FC Rectifier», фильтра в звене постоянного тока «LC Filter», инвертора «FC Invertor» и системы управления «PWM Control». Значение частоты и напряжения на выходе задается через входы F и A соответственно. К выходу преобразователя частоты через синусный LC-фильтр «FC Filter LC1» подключена активно-индуктивная нагрузка «Load RL». Для измерения выходного трехфазного переменного напряжения используется блок «Output V Meter», представляющий собой трехфазный понижающий трансформатор и выпрямитель с фильтром низких час-

тот. Таким образом, на выходе блока формируется сигнал, пропорциональный измеренному значению.

Для регулирования величины выходного напряжения используется регулятор напряжения – «Regulator», блока схема которого представлена на рисунке 4.

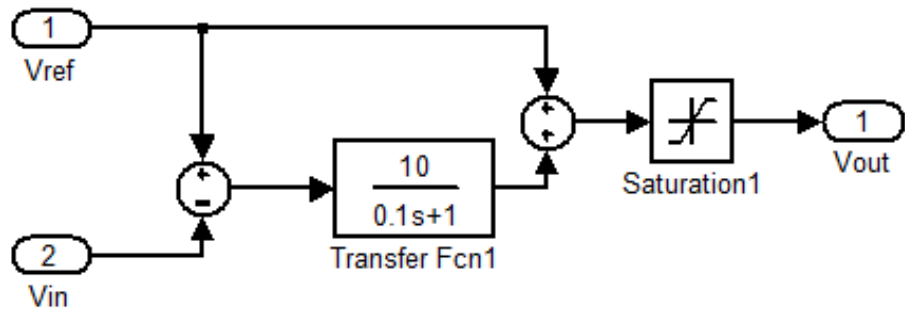


Рис. 4. Блок-схема регулятора выходного напряжения преобразователя частоты

На входы регулятора V_{ref} и V_{in} поступают задание напряжения и сигнал измеренного напряжения с выхода блока «Output V Meter». С помощью блока вычитания формируется разность сигналов задания и измеренного напряжения. Эта разность поступает на вход регулятора, представляющего собой апериодическое звено первого порядка. Выходное значение регулятора затем суммируется с сигналом задания, после чего поступает на блок ограничения «Saturation1», ограничивающего диапазон регулирования напряжения. Данный сигнал поступает на вход задания напряжения блока системы управления преобразователя частоты «FC Control».

Для измерения параметров напряжения на выходе преобразователя частоты подключен блок измерения напряжения, активной и реактивной мощности, а также измеритель нелинейных искажений THD и осциллографы.

На рисунке 5 представлена диаграмма изменения величины активной мощности, отдаваемой в нагрузку, и огибающая действующего значения напряжения на нагрузке в разомкнутой системе и замкнутой системе. При изменении нагрузки от 0 до 200 кВт снижение линейного напряжения в разомкнутой системе составляет приблизительно 23 В. В замкнутой системе стабилизации изменение напряжения не превышает 2,1 В в статике, а величина динамических провалов составляет около 7 В.

На рисунке 6 показана осциллограмма выходного напряжения одной из фаз преобразователя частоты и коэффициента нелинейных искажений. За счет применения фильтра низких частот форма напряжения на выходе практически синусоидальная, а коэффициент нелинейных искажений составляет чуть более 1%.

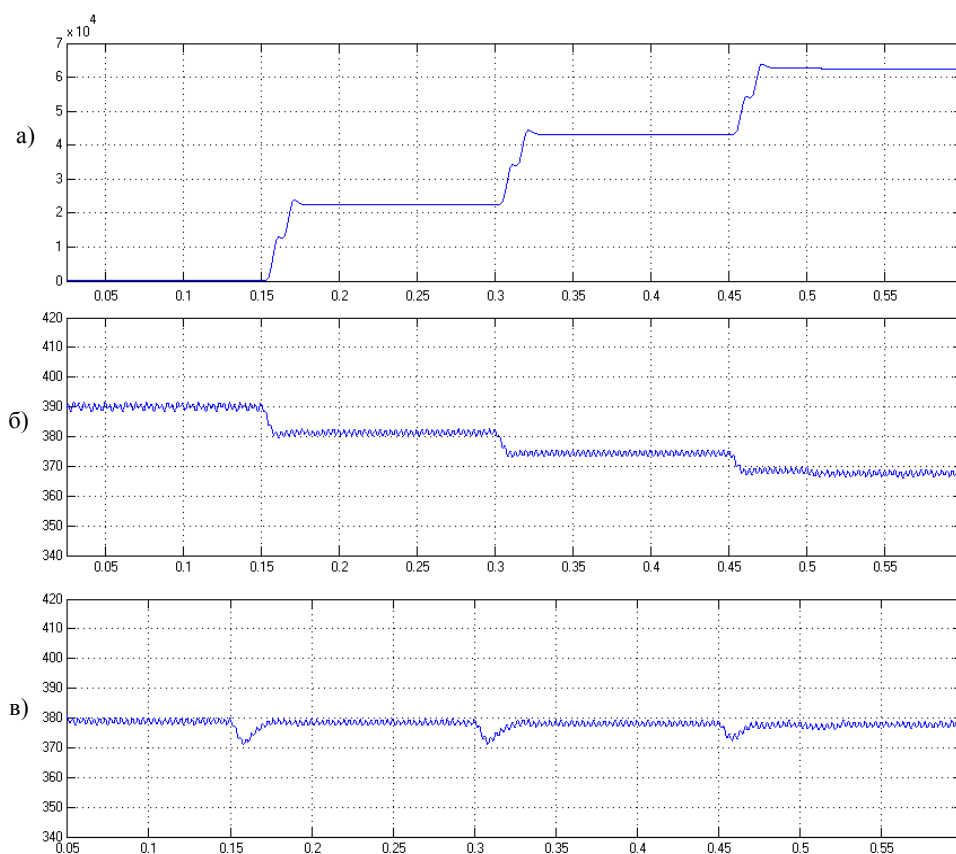


Рис. 5. Диаграмма изменения активной мощности на нагрузке (а) и огибающей напряжения разомкнутой (б) и замкнутой (в) систем

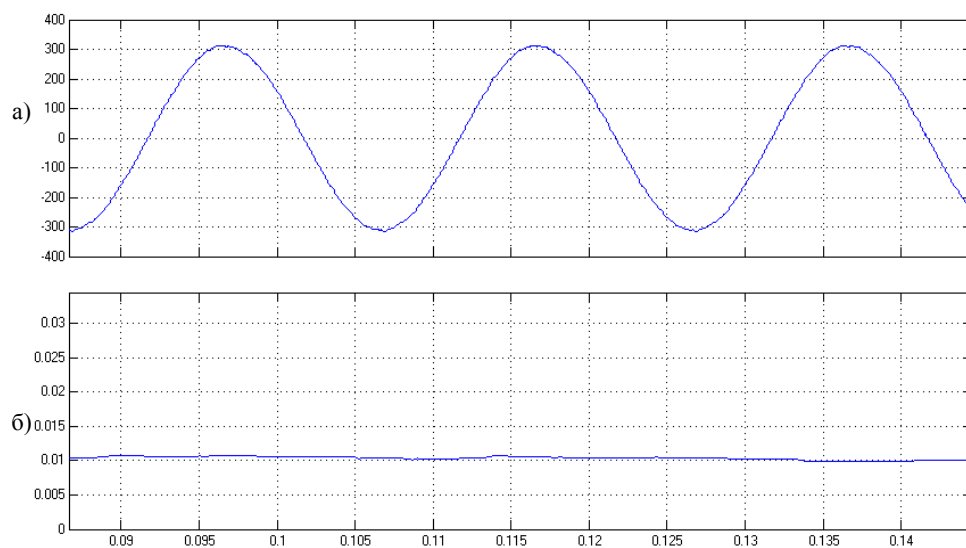


Рис. 6. Диаграмма выходного напряжения (а) и коэффициента нелинейных искажений (б)

Список литературы:

- [1] Дарьенков А.Б., Хватов О.С. Автономная высокоэффективная электрогенерирующая станция // Труды Нижегородского государственного технического университета, том 77. – Н. Новгород, 2009.
- [2] Дарьенков А.Б., Хватов О.С., Юрлов Ф.Ф., Усов Н.В. Определение экономической эффективности дизель-генераторных электростанций с переменной частотой вращения вала // Вестник АГТУ, серия: морская техника и технология. – Астрахань. – № 3. – 2014.
- [3] Коробко Г.И., Лебедев В.В., Коробко И.Г. Электроснабжение потребителей на судах с ЕЭС // Вестник ВГАВТ. – Вып. № 44. – Н.Новгород. – 2015.

**THE OUTPUT VOLTAGE REGULATION
IN RELATION TO THE INVERTER
IN DIESEL GENERATOR UNIT WITH VARIABLE SPEED**

I.G. Korobko

Keywords: *autonomous power station, diesel-generator, voltage regulation system, frequency inverter.*

The article discusses the autonomous electric station, based on diesel-generator unit with variable rotation speed. The stabilization system concerning the generator unit output voltage, which provides closed loop voltage loss control compensation with the load current increase is offered.

Статья поступила в редакцию 31.05.2016 г.

УДК 681.5

В.Г. Сузаков, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ И ПРИЕМНЫЕ РЕЛЕ
СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
СУДОВЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ**

Ключевые слова: *асимметрия, трехфазная система напряжений, модуль, асимметрия на углу, симметричные составляющие, момент двигателя, переменный ток.*

В статье рассматриваются вопросы повышения надежности систем автоматического управления судовыми электростанциями. Предлагается использование устройств реконструктивной диагностики для цифровых датчиков и приемных реле. Для цифровых датчиков используется принцип хроноконтроля, а для трех приемных реле – принцип последовательности.

Важными составными компонентами аппаратуры автоматического управления являются датчики и приемные реле, которые служат источниками информации о значениях контролируемых физических величин, определяющих состояние судовой электростанции (СЭС) [1]. К числу контролируемых физических величин СЭС относятся температуры охлаждающей жидкости, масла и воздуха; уровня масла, топлива и охлаждающей жидкости; давления масла и воздуха; частота вращения коленчатого вала первичного двигателя, которые образуют группу неэлектрических величин. В группу электрических контролируемых физических величин входят выходные напря-

жение, ток, частота, активная и реактивная мощность, напряжение оперативного питания, напряжение аварийного питания, сопротивление изоляции и т.д. [2].

Предельные значения физических величин для конкретного процесса или режима функционирования СЭС называют контролируемыми параметрами. Например, применительно к частоте вращения коленчатого вала первичного двигателя контролируемые параметрами являются: пусковая частота, частота прогрева, номинальная частота, аварийная (разносная) частота. Они разделяют контролируемую физическую величину на уровни, при достижении каждого из них система автоматического управления (САУ), в соответствии с алгоритмом управления, производит выполнение определенной операции управления. Сбой в работе канала любого контролируемого параметра ведет к нарушению работы всей САУ, что может привести к тяжелым последствиям для СЭС. Поиск канала, в котором произошел сбой, является длительным и трудоемким процессом, что может отрицательно сказаться на качестве электрообеспечения потребителей. В этой связи становится актуальным вопрос о повышении достоверности информации на выходах датчиков и приемных реле, поступающей для обработки в САУ.

Виды информации, предоставляемой датчиками и приемными реле, отличаются, что требует разных подходов к оценке достоверности информации на их выходах.

Датчик воспринимает своим чувствительным элементом физическую величину и обеспечивает подачу на его выход сигнала, который соответствует текущему значению контролируемой физической величины. При этом выходной сигнал датчика может быть аналоговым или цифровым. В обоих случаях для оценки исправности датчика и достоверности его информации может быть использован принцип хроноконтроля, основанный на инерционности материального мира. В соответствии с этим принципом считается, что у исправного датчика выходной сигнал за фиксированный промежуток времени Δt не может измениться на величину, большую чем предельно возможное приращение контролируемой физической величины в данных условиях, т.е. должно выполняться условие:

$$\Delta X_I(t) = |X_I(t - \Delta t) - X_I(t)| < \Delta X_{I \text{ доп}}, \quad (1)$$

где $\Delta X_I(t)$ – приращение физической величины за промежуток времени Δt ;

$X_I(t)$ – последующее значение физической величины в момент времени t ;

$X_I(t - \Delta t)$ – предыдущее значение физической величины в момент времени $t - \Delta t$;

t – текущее значение времени;

Δt – фиксированное приращение времени;

$\Delta X_{I \text{ доп}}$ – предельно возможное приращение контролируемой физической величины.

Для контроля и сигнализации состояния цифровых датчиков и ввода в действие резервного датчика при появлении недостоверной информации на выходе основного датчика может быть использовано устройство реконструктивной диагностики, схема которого представлена на рис. 1.

Оно работает следующим образом. Предельно возможное приращение $\Delta X_{I \text{ доп}}$ физической величины устанавливается в виде кода на выходе задатчика 6 с учетом природы физической величины и условий в которых она существует. При подаче сигнала на шину ПУСК код X_1 (рис. 2) физической величины с выхода основного датчика 1 заносится в регистр 3 и далее поступает на второй вход компаратора 8 и записывается в реверсивный счетчик 4. На первом и втором входах компаратора 8 оказываются одинаковые коды X_4 и X_3 контролируемой величины $X_I(t - \Delta t)$, поэтому появляется сигнал $X_8^{(2)}$ на выходе РАВНО компаратора 8.

Дифференциатором 18 вырабатывается короткий импульс, поступающий на первый вход элемента И16. Одновременно сигналом с шины ПУСК сбрасывается счетчик 5, и на второй вход компаратора 7 поступает нулевой код X_5 . На первый вход компаратора 7 с задающего регистра 6 поступает код X_6 предельного приращения $\Delta X_{I \text{ доп}}$

1 – основной датчик контролируемой физической величины; 2 и 3 – регистры памяти; 4 и 5 – реверсивный и суммирующий счетчики; 6 – задающий регистр; 7 и 8 – числовые компараторы; 9 – триггер; 10 – электронный ключ; 11 – генератор импульсов стабильной частоты; 12 – делитель импульсов; 13 – элемент задержки; 14, 15 и 16 – логические элементы И; 17 – логический элемент ИЛИ; 18 – дифференциатор

С выхода генератора 11 импульсы X11 через открытый электронный ключ 10 поступают на делитель 12 и первые входы элементов И14 и 15. Импульс X12 с выхода задерживается элементом 13 и поступает на вход записи регистра 3, в который записывается код последующего значения контролируемой величины $X_j(t)$. В результате на первом входе компаратора 8 оказывается код предыдущего значения контролируемой величины $X_j(t-\Delta t)$, а на второй вход – код последующего значения контролируемой величины $X_j(t)$.

Если контролируемая величина возрастает (см. рис. 2, интервал времени $t_1 - t_2$), то появляется сигнал $X8^{(3)}$ на выходе МЕНЬШЕ числового компаратора 8, который подготавливает элемент И 14 по второму входу. При этом через его первый вход начинают поступать импульсы с выхода генератора 11 через ключ 10 на суммирующий вход счетчика 4, код $X4$ на выходе которого начинает возрастать. Увеличение кода $X4$ продолжается до наступления равенства кодов на входах компаратора 8, после чего сигнал $X8^{(3)}$ на его выходе МЕНЬШЕ исчезает и элемент И 14 закрывается по второму входу. Появляется сигнал $X8^{(2)}$ на выходе РАВНО компаратора 8. Число импульсов,

прошедших через элемент И 14, соответствует разности кодов предыдущего и последующего значений контролируемой величины $\Delta X_I(t) = X_I(t - \Delta t) - X_I(t)$.

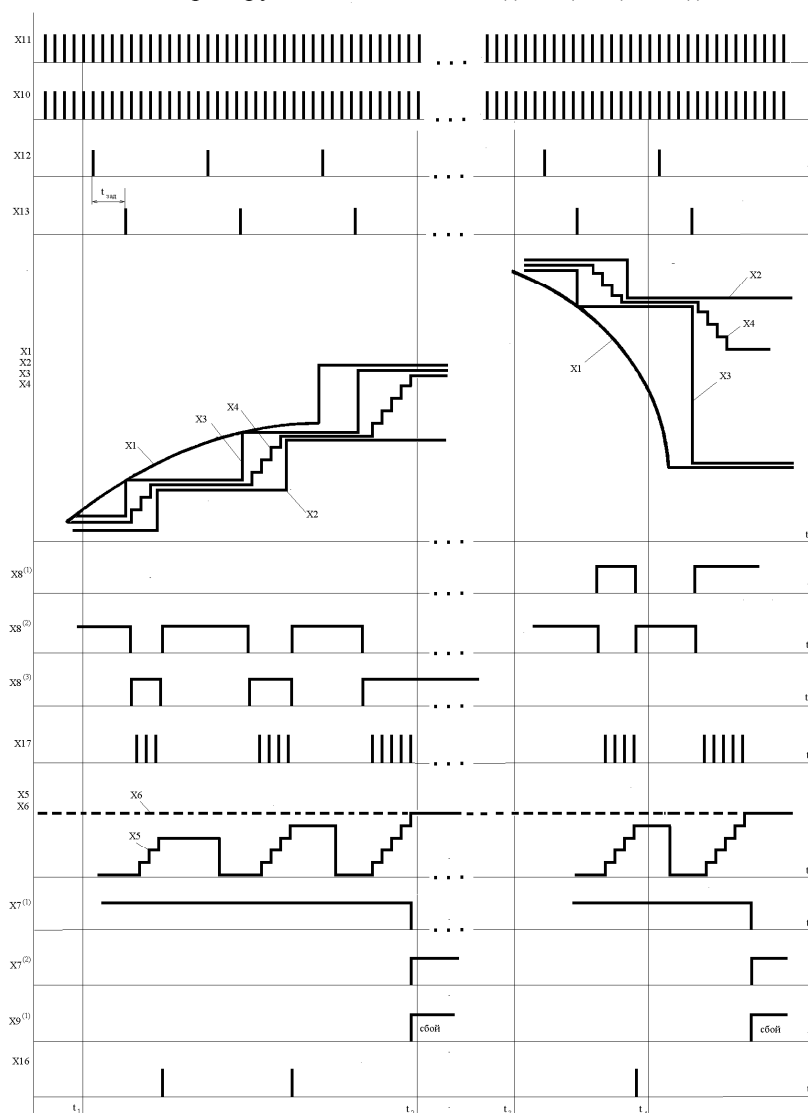


Рис. 2. Эпюры сигналов на основных элементах устройства реконструктивной диагностики датчиков

Одновременно с выхода генератора 11 через ключ 10 и элемент ИЛИ 17 импульсы X17 поступают на счетный вход счетчика 5, и на его выходе формируется код X5 приращения контролируемой величины $\Delta X_I(t)$ за интервал времени Δt , который подается на второй вход компаратора 7. Если предельное приращение $\Delta X_{I, \text{доп}}$, установленное кодом X6, поданным с выхода задающего регистра 6, на первый вход компаратора 7, больше текущего приращения $\Delta X_I(t)$, т. е. $\Delta X_{I, \text{доп}} > \Delta X_I(t)$, то компаратор 7 и триггер 9 своего состояния не меняют. При этом ключ 10 остается открытым, а элемент И16 подготовлен по второму входу. В регистр памяти 2 будет записан очередной код X3 контролируемой величины $X_I(t)$ импульсом, поступившим с выхода дифференциатора 18 через элемент И 16. С выхода регистра 2 проверенный код X2 величины $X_I(t)$ поступает на шину выхода.

Если предельное приращение $\Delta X_{l, \text{доп}}$, оказывается меньше текущему приращению $\Delta X_l(t)$, т. е. $\Delta X_{l, \text{доп}} < \Delta X_l(t)$, что свидетельствует о сбое или отказе в работе датчика 1, то код Х5 на выходе счетчика 5 превышает код Х6 на выходе регистра 6. Появляется сигнал Х7⁽²⁾ на выходе МЕНЬШЕ компаратора 7. Элемент И16 закрывается по первому входу, предотвращая запись очередного кода Х3 контролируемой величины $X_l(t)$ в регистр 2 и поступление недостоверной информации на шину выхода. Поэтому сбой в работе САУ не происходит. Одновременно меняет свое состояние триггер 9. Исчезает сигнал на прямом выходе триггера 9, закрывая электронный ключ 10 и останавливая дальнейшие измерения. Появившийся сигнал Х9⁽¹⁾ на инверсном выходе триггера 9 выдает информацию о неисправном состоянии датчика 1 и команду в САУ для ввода резервного датчика.

Если в процессе работы контролируемая физическая величина убывает (см. рис. 2, интервал времени $t_3 - t_4$) и её предыдущее значение $X_l(t - \Delta t)$ больше последующего $X_l(t)$, то код Х4 на выходе счетчика 4 после прихода импульса Х13 оказывается больше кода Х3 на выходе регистра 3. Поэтому появляется сигнал Х8⁽¹⁾ на выходе БОЛЬШЕ компаратора 8 и подготавливается по второму входу элемент И 15, через который поступают импульсы с выхода генератора 11 на вычитающий вход счетчика 4. Формирование кода приращения физической величины на выходе счетчика 5 и его анализ происходят, как описано выше.

Приемные реле являются приборами релейного действия, выходной сигнал которого дискретно изменяется при достижении контролируемым параметром заданной величины (уставки срабатывания реле).

Контроль достоверности информации, предоставляемой в САУ несколькими приемными реле контролируемых параметров одной физической величины, может осуществляться устройством реконструктивной диагностики приемных реле. Его работа основана на принципе последовательности [3]. Схема устройства для диагностики трех приемных реле представлена на рис. 3. Приемные реле 1, 2 и 3 имеют соответственно уставки срабатывания Y_1 , Y_2 и Y_3 , которые возрастают по величине т. е. $Y_1 < Y_2 < Y_3$. Выходы реле 1, 2 и 3 подключены к соответствующим разрядам входа дешифратора 4.

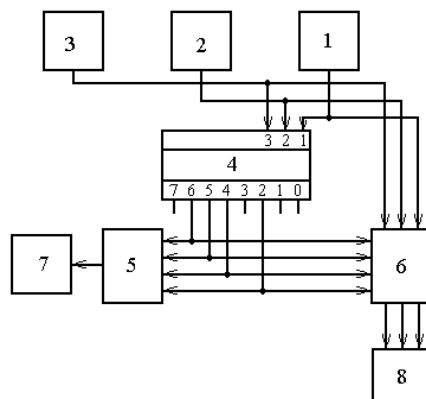


Рис. 3. Устройство реконструктивной диагностики трех приемных реле:
1, 2 и 3 – приемные реле; 4 – дешифратор; 5 – логический элемент ИЛИ;
6 – блок коррекции; 7 – индикатор; 8 – САУ

Совокупность сигналов с выходов приемных реле 1, 2 и 3 образует на входе дешифратора 4 трехразрядный двоичный код. Анализ этого кода позволяет делать выводы о достоверности выходной информации реле.

При монотонном возрастании контролируемой физической величины на входе дешифратора 4 наблюдается следующая прямая последовательность появления кодов:

000₂, 001₂, 011₂, 111₂, а при монотонном убывании физической величины – обратная последовательность кодов: 111₂, 011₂, 001₂, 000₂. Обе последовательности называются естественными и указывают на исправное состояние реле. Коды, входящие в эти последовательности, считаются истинными кодами. Нарушение естественной последовательности или появление сбойных кодов (010₂, 100₂, 101₂ или 110) указывают на сбой в работе приемных реле.

Сигналы с выходов приемных реле 1, 2 и 3 также поступают на блок коррекции 6. Если при этом формируется истинный код, то сигналы беспрепятственно проходят в САУ 8.

Если наблюдается один из сбойных кодов, то появляется сигнал на 2-м, 4-м, 5-м или 6-м выходе дешифратора 4, который через логический элемент ИЛИ 5 поступает на индикатор 7, обеспечивающий выдачу информации о неисправности. Одновременно сигнал с выхода дешифратора 4 поступает на блок коррекции 6, который преобразует сбойный код в истинный код следующим образом.

Код 010₂ на входе дешифратора 4 возникает при сбое в канале второй или первой уставки. Если коду 010₂ предшествовал код 000₂, то это указывает на неисправность канала второй уставки, и на вход САУ 8 с выхода блока коррекции 6 подается исправленный код 000₂. Если коду 010₂ предшествовал код 011₂, то сбой произошел в канале первой уставки и исправленный код 011₂.

Код 100₂ возникает на входе дешифратора 4 при сбое в канале третьей уставки, поэтому блок коррекции 6 подает откорректированный код 000₂.

Причиной установки кода 101₂ на входе дешифратора 4 является сбой в канале второй уставки. В этом случае в САУ 8 подается исправленный код 111₂.

Код 110₂ поступает на вход дешифратора 4 при сбое в канале первой уставки, и блок коррекции трансформирует его в код 111₂.

В результате блок коррекции устройства реконструктивной диагностики исправляет каждый дефектный код и выдает на вход САУ 8 достоверную информацию.

Таким образом, рассмотренные устройства исключают прохождение в САУ недостоверной информации, повышая надежность её работы.

Список литературы:

- [1] Исаков Л.И. Устройство и обслуживание судовой автоматики: справочник. – Л.: Судостроение, 1989. – 296 с.
- [2] Сугаков В.Г. Основы автоматизации военных передвижных источников электрической энергии: учеб. пособие. – Кстово: НФВИУ, 2003. – 168 с.
- [3] Малышев Ю.С. Реконструктивная диагностика системы автоматического управления судовой электростанцией с математической коррекцией значений аргументов функций управления / Ю.С. Малышев, В.Г. Сугаков // Эксплуатация морского транспорта: сб. науч. статей 3(65); ГМА им. С.О. Макарова. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 60–64.

THE SHIP ELECTROSTATIONS AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS SMART SENSORS AND RECEIVING RELAYS

V.G. Sugakov

Keywords: asymmetry, three-phase voltage system, module, angle asymmetry, symmetric components, motor torque, alternating current

In the article the issues concerning the ship electrostations automatic control systems reliability increase are considered. The reconstructive diagnostics appliances use for digital sensors and receiving relays is offered. The chronocontrol principle is used for digital sensors. The sequence principle is used for three receiving relays.

Статья поступила в редакцию 16.05.2016 г.

Раздел VIII

Философия. Общество. Культура



Section VIII

Philosophy. Society. Culture

УДК 008

А.С. Балакишин, доктор философских наук, профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ А.А. БОГДАНОВА

Ключевые слова: культура, культурология, общество, человек, политика, экономика, идеология, эволюция, типология, целостность.

В статье рассматриваются теоретические и методологические особенности культурологической концепции А.А. Богданова.

Возрастание интереса к проблемам культуры – важнейшая тенденция развития социальных наук и философии. Эта тенденция отражает процесс убыстряющегося интенсивного развития культуры, происходящего на основе интенсификации общественной жизни, социальных связей и общения, вовлечения в их сферу все более широких масс. Этот процесс характеризуется бурным развитием средств распространения культуры, значительным расширением возможностей контакта с ней различных социальных слоев и групп, эстетизацией важнейших сфер материального и духовного производства, усилением и усложнением реальной роли культуры в социальной жизни. Появившись во второй половине XIX века, культурология призвана показать, что цель научного изучения культуры заключается в постижении творческих возможностей человека, в познании природы его индивидуальности, особенностей личностного сознания и сознания различных общественных групп. Она способна дать человеку не только широту научного кругозора, но и потребность собственного места в жизни, осознания себя как личности, специалиста и гражданина.

В богатом и обширном творческом наследии А.А. Богданова (Малиновский) (1873–1928) – ученого-энциклопедиста, философа, математика, социолога, экономиста, врача – по базовому образованию проблемы культурологии занимают значительное место. Этим проблемам посвящен целый ряд его книг и статей, таких, как, например, «Наука об общественном сознании», «Искусство и рабочий класс», «Элементы пролетарской культуры в развитии рабочего класса», «Что такое пролетарская культура?», «О художественном наследстве» и др. В этих работах А.А. Богданов определил главный круг проблем, в рамках которого он разрабатывал свою культурологическую концепцию.

В фундаменте культурологической концепции А.А. Богданова лежат две главные идеи – идея целостности и идея эволюции. Культура рассматривается как определенный конкретно-исторический ее тип, как целостность, в основе понимания которой лежит антинатурализм. В идее целостности содержится и идея разграничения, а именно разграничения (и диалектической взаимосвязи) общества и культуры. При рассмотрении общества выделяется собственно социальная система, объединяющая индивидов, социальные группы и коллективы, анализируемая с точки зрения создавшихся в ней общественных отношений. При рассмотрении культуры речь идет об ином – о том, как функционируют средства, регулирующие эти отношения: каким способом, каким образом создаются нужные человеку материальные и другие ценности, каким образом совершается общественный поступок, какие результаты он рождает. Таким образом, общество выступает как целостная совокупность, система отношений между человеком и коллективом, которая опосредствуется объективацией. Культура же – это тоже совокупность, целостность, определенный тип отношений, который возникает между человеком и объективацией, система, которая опосредству-

ет отношения тоже между индивидом и коллективом, т.е. другая система характеристик и измерений этих отношений, в основе которых, как принято говорить сегодня, но не было принято во время жизни и творчества А.А. Богданова, лежит человеческое, а также личностное измерение. Здесь на первый план выступают такие понятия как образ жизни и ценности, в рамках которых конкретизируется и определяется тип культуры. Этой конкретизации мы не находим в работах А.А.Богданова, относящихся к культурологии, несмотря на то, что в философских и культурологических исследованиях этого времени понятие ценности оказалось в центре внимания, где уже четко определяется понятие ценности от истины и действительности. Это разделение и анализ специфики ценностей было характерно для исследований В. Виндельбанда, Г. Риккерта, М. Шеллера и в особенности А.Шопенгауэра, который рассматривал проблему ценностей в рамках ценностного и целевого единства культуры. Постановка и анализ этих вопросов в рамках и на основе идеалистической философии не отменяет их значимости для развития философской науки, хотя и усложняет их анализ и понимание.

Поэтому не случайно идея ценности, содержащаяся уже в историко-философских исследованиях Гегеля, а также в работах выше названных философов, получила признание и дальнейший анализ в исследованиях Т. Парсонса и других представителей западной социально-философской мысли, в рамках марксистской концепции эти идеи стали осмысливаться лишь в последние два десятилетия. В культурологической концепции А.А. Богданова эти мысли не получили систематического анализа. Проблема социальной детерминации культуры обществом оказалась решенной им схематически, абстрактно. В тени оказалось раскрытие диалектического единства культурного и социального, анализ социальных детерминант культуры, субъектно-личностный аспект исторического развития, взаимодействие в нем различных составляющих, позволяющее понять и представить становление и развитие культуры как результат сознательных усилий, человеческого творчества и понимание человека как главного субъекта культурно-исторического процесса.

Долгое время важнейший исходный принцип диалектико-материалистического понимания культуры – признание ее непосредственной связи с предметно-преобразующей деятельностью человека – трактовался весьма абстрактно в отрыве от изученности этого вопроса в психологической науке, и в особенности в отрыве от психологии творчества, поэтому оставался в тени и культурный аспект предметно-преобразующей деятельности человека. Эти пробелы не позволяли осмыслить достаточно глубоко историческую обусловленность культуры и культурный смысл, содержание истории. Именно поэтому понимание развития общества как «естественно-исторического процесса» выражает как объективность этого развития, так и то, что человек выступает в качестве носителя и субъекта его, и от человеческих, личностных измерений этого субъекта зависит конкретное лицо творимого им общества. Эта сторона дела в культурологической концепции А.А. Богданова не представлена.

Другая важная проблема культурологии, рассматриваемая Богдановым, – это вопрос включенности культуры в общество, процесс воздействия социальных классов, социальных слоев и групп на характер, содержание и результаты культурного творчества. Тут им порою не учитывается специфика художественного творчества, его отличия от научной, религиозной, политической и другой деятельности. Подчеркивая включенность в социальную жизнь всей духовной деятельности и ее результатов, А.А.Богданов писал: «Художественный талант индивидуален, но творчество социально: из коллектива исходит и к нему возвращается, для него служит. И организация нашего искусства должна быть построена на товарищеском сотрудничестве так же, как и организация нашей науки [1, с. 123]. Рассматривая воздействие искусства и культуры на общество, Богданов не учитывал в достаточной мере специфически эстетических средств искусства, которые позволяют ему влиять на человека и его общество: «... искусство учит рабочий класс всеобъемлющей постановке и всеобъемлющему

решению организационных задач, – что ему необходимо для осуществления мирового организационного идеала [1, с. 154].

Здесь можно проследить известную идеологизацию и политизацию культуры в целом и искусства, в частности. Дело в том, что связь искусства с политикой и идеологией очень сложна и многогранна, и понимание этой связи требует особых исследований, которыми А.А. Богданов специально не занимался. Хотя многие его высказывания по этим вопросам содержат ряд интересных моментов, но некоторые из них нуждаются в конкретизации и уточнении. Ведь речь идет об идеологическом срезе различных явлений культуры (образование, религия, наука, искусство, нравственность), а также о специфическом характере их включенности в общественную жизнь, их роли в ней, о специфическом характере их воздействия на человека.

Нуждается в уточнении позиция Богданова в том, кто собственно является субъектом культурного творчества, мысли. Выдвигая на первый план коллектив как субъект художественного творчества, А.А. Богданов оставляет место и роль индивида, личности, как субъекта культурного творчества, его взаимодействие с коллективом. Размышления А.А. Богданова о пролетарской культуре базируются на понимании культуры как определенной целостности, и на этом основании им выделяются три типа культуры: авторитарный, который охватывает культуру античного и феодального общества; индивидуалистический – возможный только в буржуазном обществе, и пролетарская культура как третий тип характеризуется как коллективно-трудовая культура, где коллективизм мысли рассматривается как отличительная черта пролетариата как класса, выражающаяся в особом характере его труда. В этой связи анализируется эволюция самого роста, в которой выделяется культурная линия мануфактуры, которая соответствует периоду раздробленности пролетариата, его культурной безысходности. И лишь с развитием линии машинного производства, когда от рабочего требуется активность, сообразительность, инициатива, у рабочего возникает, собственно потребность в овладении культурными ценностями, духовной культурой. При анализе пролетариата выделяются два его аспекта: прежде всего, подчеркивается, что в мышлении работника-пролетария центральное место занимает труд, а посему и в мире чувств, чувствований на первый план выступает любовь к труду и гордость трудом. Однако при этом утверждается, что у крестьянина нет гордости труда, т.к. он подвластен стихиям, у него смирение, сознание господства над ним стихийных сил природы преобладает [2, с. 40]. Такое же одностороннее и линейное понимание детерминации определенного типа культуры как исторической целостности предлагает автор и при рассмотрении культуры интеллигенции. Здесь тип культуры выводится механически из специфики труда интеллигенции: «...ее труд – это труд почти всецело головы, а не рук, не целостный труд, а частичный» [2, с. 40].

Характеризуя пролетарскую культуру как коллективно-трудовую, Богданов трактует коллективизм быта и коллективизм мысли в ней узко и примитивно, как тип культуры, в центре которого – отказ от личного «Я». Абсолютизация идеологического среза в культуре как исторической целостности распространяется не только на сами феномены культуры, но также характеризует и восприятие представителями различных социальных групп и классов явлений мировой культуры. Таким образом, идеологический срез феноменов культуры преувеличивается автором настолько, что разрывается связь, единство культуры пролетариата с культурой человечества. Этот разрыв многими теоретиками (не только А.А. Богдановым) был провозглашен и реализован на практике, породив ряд негативных явлений и прежде всего – господство невежества и необоснованных претензий на собственную культурную исключительность, порождающую неуважение и неумение использовать культурные достижения других стран и народов, не говоря уже о том, что идеи культурного нигилизма стали у теоретиков и практиков культурного строительства у нас в стране ведущими. В этих размышлениях предлагается упрощенное понимание формирования культуры как целостного социального явления, где экономика в конечном счете определяет сущность

культуры и направление ее развития. Этот нигилизм, реализованный в практике нашего социального развития, дорого обошелся стране и, пожалуй, во многом лежит в основе нашего современного отставания от мировой цивилизации, не согласуясь не только с диалектикой, но и с практикой – тысячелетнего развития человечества. Однако следует отметить, что недостаточно установить и проследить связь явлений культуры с социально-экономическими процессами эпохи для проникновения в их сущность. Тут важен анализ во всей полноте исторической среды как культурной среды, исследование текстов в плане их собственно культурологического, литературного и филологического содержания. Здесь нельзя обойтись общими понятиями и формулами и из них вывести сущность феноменов культуры. Идеи системного подхода оказываются наиболее плодотворными в понимании типа культуры как исторической целостности, так как позволяют учитывать и то обстоятельство, что смысл культурной эпохи продолжает меняться после того, как она закончилась, потому что с прибавлением новых этапов эволюции меняется место каждого истекшего этапа во всемирно-историческом процессе. Дело не просто в смене методов подхода, концепций и теорий, не только в субъективности, с которой очередное поколение, общество, класс, культурное течение, школа, исследователь анализирует прошлое, сопоставляя его со своей культурной средой, – а именно в том, что само культурное наследие прошлого есть часть целого, исторической целостности определенного типа культуры и зависит от эволюции этого целого.

Итак, культурологическая концепция А.А. Богданова представляет собой своеобразную попытку выделить культурологию в относительно самостоятельный раздел социальной философии, что совпадало с тенденциями развития мировой социально-философской мысли. Однако в понимании культуры у Богданова просматривается явно выраженный технократический и сциентистский аспект. Идея же тождественности идеологии и культуры, проводимая в работах Богданова, стала одним из методологических принципов социологии культуры.

Список литературы:

- [1] Богданов А.А. Наука об общественном сознании / А.А. Богданов. – М.: Наука, 1924. – С. 123.
- [2] Богданов А.А. Элементы пролетарской культуры в развитии рабочего класса / А.А. Богданов. – М.: Наука, 1920. – С. 40.

A.A. BAGDANOV'S CULTURALOGICAL CONCEPT THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS

A.S. Balakshin

Keywords: culture, cultural science, society, person, politics, economy, ideology, evolution, typology, integrity

The article deals with A.A. Bagdanov's culturalological concept theoretical and methodological aspects

Статья поступила в редакцию 27.06.2016 г.

УДК 140.8

А.А. Владимиров, профессор, доктор философских наук,
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МИРОВОЗЗРЕНИЕ И ИДЕОЛОГИЯ

Ключевые слова: мировоззрение, идеология, гносеология, аксиология, методология, праксиология.

В статье дан содержательный анализ базовых категорий социальной философии-мировоззрения и идеологии и показано их общественное значение.

Данные два категориально-значимых понятия до сих пор пребывают в аморфном состоянии в категориальной системе наук, философии, социальной философии, а эта аморфность сопровождает их, когда они начинают *смутно* использоваться в других областях знания: педагогике, социальной психологии, культурологии, юриспруденции, религиоведении, эстетике, этике, экономике...

С одной стороны, оказывается, что без мировоззрения и идеологии нельзя обойтись, ибо они выражают *общее совокупное* в духовном мире человека, а особенно *общества*, социальных общностей (нация, этнос, класс, слой, коллектив...): идеология пролетариата, мировоззрение марксизма, буржуазная идеология, религиозное мировоззрение...

С другой стороны, их аморфный статус проявляется и в конкретных случаях: нет определения сущности, нет анализа содержания, нет выделения типов и видов, нет анализа функций...

Так произвольно рождаются ошибочные концепции: «присущий философии и только ей *интегральный* взгляд на мир» [1, с. 71], а искусство, религия, наука, народное сознание, мифология? Скажем, А.Ф. Лосев [2] или В.С. Степин [3] названные выше духовные образования относят к *типам мировоззрения*. К тому же для многих авторов открытием является, что кроме «традиционно называемых» *трех* типов мировоззрения (философия, мифология, религия) существует еще один тип – *искусство*: «Вслед за мифологией и религией, а в какой-то период и одновременно с ними, а также знаниями и искусством возникает философия» [1, с. 71]. Автор, академик С. Шермухамедов даже не осмеливается назвать пятый тип мировоззрения – «*знания*» *наукой* как номологическим типом мировоззрения. К тому же, почти *все* авторы *забывают* о шестом типе мировоззрения – *народном* (обыденном), как традиционалистском типе [4].

Односторонне многими трактуется мировоззрение как способ и форма *духовного* отношения человека к миру. Но человек и *практически* относится к миру, преобразует, изменяет его, поэтому так и просится более широкое понятие – *мироосвоение* (духовное и практическое). Тогда *закономерно* рождается ответ на вопрос о *содержании* (составе) мировоззрения – *мироосвоения*:

- а) духовное *освоение* = гносеология + аксиология,
- б) практическое *освоение* = методология + праксиология.

И тогда эту интеграцию освоения выражает *онтология*, а прогностический аспект уходит в гносеологию (познание будущего), и мировоззренческий аспект никак не смотрится как однопорядковый с гносеологическим, аксиологическим, методологическим, праксиологическим.

Обнадеживает использование академиком С. Шермухамедовым понятия «универсум» в анализе видов мировоззрения, потому что это открывает перспективы адекватного понимания сущности *основного* вопроса мировоззрения / мироосвоения: «отно-

шение человека и универсума». Это по существу и звучит в трактовке автора: «Человек – вершина развития природы и общества, феномен универсума, находящийся в неразрывной связи и взаимодействии с ним» [1, с. 74].

Оказывается проблема мировоззрения, его основного вопроса, типов и базовых содержательных аспектов решается просто при строгом категориальном подходе:

а) система «универсум – человек» – это основная проблема мировоззрения;

б) человек относится к универсуму духовно и практически, что схватывается понятием *мироосвоения*;

в) духовное освоение отражается гносеологией (познание) и аксиологией (оценка);

г) практическое освоение отражается методологией (методы) и праксиологией (деятельность);

д) на базе *реального* народного (традиционалистского) мировоззрения / мироосвоения формируются научное (номологическое) и философское (концептуальное) мировоззрения;

е) на базе *ирреального* мифологического (символического) мировоззрения формируются религиозное (догматическое) и художественное (образное) мировоззрения.

А далее возможен анализ системы диалога типов и видов мировоззрения / мироосвоения.

В конечном счете, мы солидарны с профессором М.М. Прохоровым, что назрело время создания новой междисциплинарной науки – *теории мировоззрения*.

Идеология

Не меньшие перипетии обстоят и с понятием «*идеология*». Особенно, если учесть, что оно запрещено новой Конституцией РФ 1993 года. Но не только на языке публицистов, ученых, общественных деятелей, но и в печати это понятие постоянно используется, а Н.С. Михалков многие свои речи выстраивает на базе «идеологической полемики» с «бесогонами».

Идеология – это *аксиологическое* понятие и связано оно с социальными *ценностями*, с противостоянием ценностей и антиценностей, ценностей и мнимых ценностей, псевдоценностей и квази ценностей, которые *растворены* в мире рекламы, искусства, морали, религии, политики, образования, моды, шоу-бизнеса, корпоративной этики и т.д. Скажем, профессор В.Н. Порус, анализирующий проблемы современного российского высшего образования, с самого начала пишет, что это «тема политических и идеологических споров», а не учебных, дидактических, педагогических, методических [1, с. 43]. Многие гуманитарные форумы, религиозные дискуссии, философские симпозиумы, круглые столы и т.д. проходят под знаком борьбы с «идеологической реставрацией нацизма», «идеологией геноцида», в том числе «конфессионального геноцида», по словам Патриарха Кирилла. Насквозь *пропизаны* статьи авторов (Ю.В. Бурдаков, Н.Н. Слонов, М.Я. Землицкий, В.Н. Белов, М.М. Прохоров) по проблемам места религии и РПЦ в российском обществе идеологическим содержанием, ценностными критериями [1].

В идеологических позициях (про- и контр-) субъектов выражаются их *противоположные* ценностные ориентации, вкусы, идеалы, выражаются противостояния гуманизма и атигуманизма, добра и зла, законности и беззаконности, прекрасного и безобразного, истинного и ложного, справедливого и несправедливого, веры и суеверия. Даже типология форм общественного сознания подсказывает *типы* идеологий, ценностно внутренне противоречивых: политических, правовых, моральных, эстетических, религиозных, философских.

Отрицательное отношение к идеологии, выраженное в Конституции РФ, есть следствие *отрицательного отношения к марксистской, коммунистической идеологии*, а не к идеологии вообще. Коммунистическая идеология «ликвидирована» как базовая для современного российского общества, но в реальной действительности идеологии продолжают существовать, бороться друг с другом, противостоять друг

другу, что выражается в дискуссиях на каналах телевидения (Р. Бабаян, В. Соловьев, Е. Попов, Д. Куликов...), в печатных публикациях («Завтра», «Советская Россия», «Коммерсант», «Правда»...), в демонстрациях и шествиях, форумах и саммитах.

Кому-то не хочется идеологического расклада общества, а хочется толерантности, согласия, единства, консенсуса, но реальность упорно сопротивляется: сколько ни говори «сладко», а горечь обид не угасает. Известный иранский имам Хомейни говорил: «Как только муллы после революции начнут поселяться во дворцы, это будет означать конец нашего дела».

Профессор С.С. Перуанский пишет: «История повторяется: с высоких партийных трибун говорят о необходимости идеологии. Но партии, избалованной вседозволенностью, вытекающей из тринадцатой статьи Конституции, нужна такая идеология, чтобы «их не трогала», т.е. ни к чему бы не обязывала и ни в чем не связывала рук. А таковой не бывает» [1, с. 169].

Видимо, пока приходится соглашаться с Гете и Марксом: «Вся жизнь – борьба. Покой нам только снится». Поэтому лучше обратиться к научному пониманию сущности *идеологии*, тем более что философский анализ данного понятия специально сделан в докторской диссертации известного российского социолога, профессора В.А. Ядова в далекие 50-е годы в Ленинградском госуниверситете [5]. Причем, анализ этот сделан содержательно, обоснованно и аргументировано.

«Идеология – это теоретическое классовое сознание» (В.А. Ядов). Экспликация этого точного определения проясняет его сущность.

Во-первых, идеология – это «сознание», то есть духовное явление, а не материя, не практика, не деятельность. Но духовный мир человека чрезвычайно богат: восприятия, представления, эмоции, чувства, взгляды, идеи, понятия, учения, теории, концепции... По крайней мере, нам удалось в психике человека как его духовном мире выделить *четыре* взаимосвязанных уровня:

- а) подсознание (инстинкты и рефлексy),
- б) бессознательное (эмоции, чувства, аффекты),
- в) сознание (понятия, теории, абстракции),
- г) неосознаваемое (интуиция и эвристики) [6].

Из сказанного следует, что идеология включена в уровень «сознания»: идеология осознана, теоретизирована, понятийно выражена. Это очень важно, потому что ее «не-сознательными» (подсознание, бессознательное, неосознаваемое) аналогами являются такие социально-психологические образования, как инстинкты, эмоции, чувства, интуиция, например, «чувство классовой ненависти», «чувство пролетарской солидарности», «чувство патриотизма»... Социальная психология как наука изучает все подобные явления *общественной психологии* (Г. Плеханов, Б. Поршнев, Б. Парыгин, Б. Грушин, И. Кон).

Во-вторых, идеология – это «классовое» сознание, то есть социально-ценностно ориентированное, а не абстрактно-нейтральное как «теория электромагнитных колебаний», «теория конструирования машин», «теория радиоизмерительных приборов» и многие подобные естественно-научные (физические, химические, биологические) и технические (механика, конструирование, технология, материалы) теории в отличие от общественных и гуманитарных учений-ведений (*общество-ведение*, *человеко-ведение*), которые даже объединяются в единый блок социально-гуманитарных наук.

Разумеется, необходимо иметь в виду, что некоторые естественно-технические теории, учения, гипотезы оказываются в условиях *классового* (идеологически поляризованного) общества *социально-ценностно* интерпретированными и включенными в поле идеологической борьбы. Это в нашей стране знакомо на примерах полярных идеологических интерпретаций многих физических, химических, биологических теорий: теория относительности, теория дополнительности Н. Бора, теория

резонанса и мезомерии, теория генов и мутаций, теория кибернетики, теория информации [7].

Таким образом, духовный мир человека или общества подразделяется на *четыре* относительно самостоятельных блока качеств или компонентов:

- 1) *общетеоретические* образования (теории химии...),
- 2) *социально-теоретические* образования (идеология),
- 3) *общепсихологические* образования (чувство любви...),
- 4) *социально-психологические* образования (патриотизм...).

Люди в своем поведении могут доминантно руководствоваться теми или иными духовными ориентирами, которые формируют в них или абстрактного гуманиста (А.Д. Сахаров), или идеологического борца (К. Маркс), или абстрактного человеколюбца (А. Швейцер), или озлобленного мизантропа (А. Гитлер). Форм проявления поведения данного типа людей много: от «нерукопожатого» до стоящего по другую сторону баррикад, от диссидента до филантропа, от непримиримого врага до колеблющегося примиренца. В теориях мировоззрения, социальной психологии, этики, общей психологии данные типы личностей анализируются как в «социальной норме», так и в «социальной девиации».

Список литературы:

- [1] Вестник РФО, 2008. – № 2(46).
- [2] Лосев, А.Ф. Проблема символа и реалистическое искусство / А.Ф. Лосев. – М.: Искусство, 1976.
- [3] Степин В.С. Наука / В.С. Степин // Философия. – Минск: Харвест, 2001.
- [4] Зеленов Л.А. Система диалога типов мировоззрения / Л.А. Зеленов, А.А. Владимиров. – Н.Новгород: ОАЧ, НФК, 2015.
- [5] Ядов В.А. Идеология как духовное явление / В.А. Ядов. – Ленинград: ЛГУ, 1956.
- [6] Интуитивно-эвристический потенциал человека. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2011. – 250 с.
- [7] Касьян А.А. Наука и идеология / А.А. Касьян. – М.: Наука, 2003.

WORLD OUTLOOK AND IDEOLOGY

A.A. Vladimirov

Key words: *world, ontology, epistemology, axiology, methodology, praxeology*

The article gives a meaningful social philosophy in relation to the world outlook and ideology basic categories analysis. Their social significance is shown here.

Статья поступила в редакцию 10.02.2016 г.

УДК 141.1

Л.А. Зеленев, доктор философских наук, профессор, ФГБОУ ВО «ННГАСУ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКИЙ МОНИЗМ

Ключевые слова: монизм, плюрализм, материализм, идеализм, диалектика, постмодернизм, мировоззрение.

В статье констатируется утверждение плюралистических взглядов в границах всех типов мировоззрения и обосновывается необходимость и возможность диалектико-материалистического монизма.

Состояние расшатанной «социальной наследственности» с закономерными социальными мутациями самого разного вида – характерная черта духовного мира постперестроечного россиянина. В повседневно-обыденной среде жизнедеятельности российского народа это проявляется в аморфных диспозициях людей (оппозициях, контрпозициях, пропозициях) *четырёх* типах мировоззрения:

1) *народном* (традиционалистском) мировоззрении: возрождаются языческие, шаманские, суеверные, магические, колдовские, знахарские обычаи-обряды-традиции с обязательным спекулятивно-мошенническим корыстным сопровождением, усиливающим *отчуждение* человека от истинного, адекватного мере человека образа жизни;

2) *мифологическом* (символическом) мировоззрении: воспроизводятся или вновь создаются ложные культовые символы-мифы счастливого бытия, связанные с чувством обладания, а не деятельности, деньгами, богатством, роскошью, вещами, брендами, собственностью, властью, что еще более усиливает *отчуждение* человека от истинных родовых качеств человеческой меры;

3) *религиозном* (догматическом) мировоззрении: оживляются или модифицируются сотни (более 600) специфических конфессиональных видов веры в сверхъестественное, распыляющих и трансформирующих единые принципы традиционных мировых религий (мормоны, адвентисты, меннониты, баптисты, иеговисты, старообрядцы, лютеране, протестанты, кришнаиты, шииты, сунниты, фундаменталисты, сионисты, конфуцианты...), что приводит к *отчуждению* человека и от последней спасительной надежды – от веры;

4) *художественном* (образном) мировоззрении: корыстно-коммерческое процветание антиреалистических низкопробных симулякров, имитаций, модных имиджей (ташизм, фовизм, дадаизм, сюрреализм, супрематизм, дивизионизм, пуантелизм, оп-арт, эль-арт, постмодернизм...), усиливающих *отчуждение* человека от реальной жизни и уводящих его в мир виртуальных фантазий.

В высшей сфере жизни, в научно-философских спекуляциях аморфные диспозиции проявляются разноцветно в *двух* оставшихся типах мировоззрения, в которых спасается интеллигенция;

5) *научном* (номологическом) мировоззрении, представленном всем многочисленным (1600) отрядом наук: возникает множество квази-научных (донаучных, околонаучных, псевдонаучных и даже антинаучных) направлений, течений, школ, центров, спекулирующих на позитивных достижениях наук (астрономии, психологии, физики, химии, кибернетики, геологии...) и на поставленных, но еще нерешенных научных проблемах (астрология, экстрасенсорика, телепатия, трансформация генетических программ, НЛО, внеземные цивилизации, дети-индиго, архаические культуры ацтеков, инков, майи, коды индийских Вед, загадочные гипербореи, палеонтологические находки...), что деформирует научное сознание ученых, *отчуждает* их от рациональ-

ного пути достижения истинного знания и погружает в мистическое болото иррациональных оккультных исканий;

6) *философском* (концептуальном) мировоззрении: в нем в условиях специфической концептуальной толерантности процветают амбициозные до нарциссизма философские учения, направления, течения, школы, питаемые эгоистическим солипсизмом, постмодернистским плюрализмом, прагматическим субъективизмом и прошлыми религиозно-философскими концепциями. Точно и аргументировано эти позиции в современной России оценил профессор М.В. Бахтин, составитель энциклопедического словаря «Философы современной России» [1]. Ретроградные позиции российских философов наносят урон авторитетности *философии* в глазах *науки* и *общественного мнения*. А ведь именно философия обязана (Гегель, Маркс, Маркузе, Сартр, Фромм) подсказать человеку пути преодоления *отчуждения* от универсума и от себя.

Во всех 6 аспектах анализа мы обратили внимание на *общее* аморфное состояние мировоззренческих позиций людей – на *плюрализм*, который противоположен *монизму*. Эти два понятия имеют философский статус, и они в виде конвенционального *дуализма* или толерантного *плюрализма*, двух противоположностей *монизма* давно представлены в философском мировоззрении (стоики, скептики, схоласты, томисты, кантианцы, прагматисты, постмодернисты).

Дорога от *монизма* к *дуализму-плюрализму* проходит через *скептицизм*, который сознательно уходит от однозначных ответов на вечные вопросы бытия о возможности познания (гностики – агностики), об истинности знания (абсолютное – относительное), о характере изменений (качество – количество), о состоянии объектов (движение – покой), о детерминанте явлений (материя – сознание), об обусловленности (каузальности) состояний объектов (необходимость – случайность) и т.д. Отступления от монистической, однозначно-истинной трактовки самых разных явлений и переход на удобные, примиренческие позиции дуализма или плюрализма объясняются несколькими причинами вполне рационального характера.

Во-первых, игнорирование диалектики с ее сущностным принципом поляризации, предполагающим *единство* противоположностей, а значит исключающим истинность двух толерантных равнозначных полярностей (материализм и идеализм, фатализм и волюнтаризм, объективизм и субъективизм, гностицизм и агностицизм...) или истинность растерянной всеядности плюрализма! («все кошки хороши...», «пусть расцветают все цветы...», «о вкусах не спорят...», «каждый прав по-своему...», «на вкус, на цвет товарища нет...»).

Метафизическая двусторонность и всеядность определяют и оправдывают существование на планете аморализма, утраты, угрызений совести, безответственности, двойных стандартов, вялотекущих конфликтов, замороженных болевых точек, лукавой статистики, хитроумных «дипломатических истин» и т.д., то есть в целом *аморфной неопределенности*. Обо всем этом нам приходилось писать неоднократно, например, в связи с иррациональным существованием 550 определений понятия «культура» [2].

Диалектика исповедует принципы всесторонности, многомерности, многоаспектности анализа явлений, которые объективно этой всесторонностью, многомерностью, многоаспектностью обладают, но она призывает выделять *доминанты* сторон, мер, аспектов или *единство* их в системной целостности объектов: диалектическая системность товара, деятельности сознания, меры человека, культуры, собственности, материи, истины, пространства, движения...

Во-вторых, игнорирование принципиального отличия предмета и объекта. Проблема эта была поставлена и решена профессором Лекторским в начале 60-х годов в докторской диссертации и серии статей в «Вопросах философии». Она остается актуальной до сих пор, о чем говорят нормативные требования ВАК к диссертациям. Можно исключить качественную сторону решения проблемы разграничения предмета и объекта исследования (что первично?), но важен сам факт такого разграничения.

Например, с нашей точки зрения *предмет онтологически* (независимо от субъекта) *многогранен, многоаспектен, многосторонен, а объект гносеологически* (в зависимости от субъекта) – это грань, аспект, сторона предмета, выделенная познающим субъектом. Это разграничение предмета и объекта объясняет столкновение различных *субъектов*, когда они один и тот же предмет начинают рассматривать, оценивать с *разных сторон*, принимая точку зрения оппонента идентичной своей: предмет один, а объектов может быть столько, сколько субъектов. С позитивистской позиции эту проблему основательно анализировал, например, Бродер Христиансен в своей монографии «Философия искусства» [3].

Не затрудняя себя *уточнением* «объектной грани» предмета, субъекты спора могут дуалистически или плюралистически согласиться со своими противоречивыми позициями, оценками: человек и добр, и зол; частная собственность и хороша, и плоха; рынок – полезен, вреден, закономерен, случаен, нужен, не нужен...

Постмодернизм и предлагает *обывательно* спасительный выход: *плюрализм истин!* Постмодерн господствует на планете: помесь «нижегородского» с «французским»!

В-третьих, игнорирование принципа конкретности конкретного анализа конкретной ситуации (души марксизма – В.И. Ленин). Предмет или объект исторически *меняется* в пространстве и времени, качественно и количественно, качествами и свойствами, отношениями и связями, поэтому и рассматривать, оценивать его необходимо с позиций этих всесторонних *изменений*. Отсутствие учета этого фактора приводит не только ко всем знакомому метафизическому *догматизму* консерваторов, ретроградов, но и к метафизическому *релятивизму*, являющемуся в толерантной оболочке *плюрализма*.

Жесткой определенности диалектико-материалистического *монизма* противостоят не только релятивистский плюрализм, который процветает сегодня, но и догматический монизм вульгарно-материалистического или идеалистического характера.

Если «вульгарный материализм» с однозначным монизмом «первичности материи», «абсолютности экономики» еще продолжает вызывать негативное к себе отношение, то идеалистический монизм в форме культивирования *первичности духа*, сознания находит свою поддержку не только в богословских догматах, но и в концепциях реставрированной религиозной философии России XIX века: К. Леонтьев, В. Розанов, В. Соловьев, Л. Шестов, П. Бердяев, Н. Трубецкой... Аргументированную критику идеалистического *монизма* одного из известных российских философов П.П. Гайденоко с позиций диалектико-материалистического монизма дает профессор М.М. Прохоров в содержательной статье в «Вестнике РФО» [4]. Он делает это на основе анализа *идеалистического* текста П.П. Гайденоко в ее «постперестроечных» монографиях: «Прорыв к трансцендентному. Новая онтология XX века» [5], «Время. Длительность. Вечность. Проблема времени в европейской философии и науке» [6].

Подобные религиозно-идеалистические повороты в философских учениях представлены у многих авторов, ранее стоявших на позициях марксистского диалектического и материалистического монизма.

Список литературы:

- [1] Бахтин М.В. Философы современной России / М.В. Бахтин. – М.: ИФ РАН, РФО, 2015. – С. 4–6.
- [2] Зеленев Л.А. Философия культуры / Л.А. Зеленев, А.С. Балакшин, А.А. Владимиров. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2013; Зеленев, Л.А. Системно-типологический анализ культуры / Л.А. Зеленев, А.С. Балакшин, А.А. Владимиров. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2009; Зеленев, Л.А. Основы теоретической культурологии / Л.А. Зеленев, А.С. Балакшин, А.А. Владимиров. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2015; Зеленев, Л.А. Методологический потенциал философии / Л.А. Зеленев, А.А. Владимиров. – Н.Новгород: ВГУВТ, 2016.
- [3] Христиансен Б. Философия искусства / Б. Христиансен. – СПб.: Шиповник, 1911. – 350 с.
- [4] Прохоров М.М. Время и/или вечность: Социальные корни «религиозного поворота» в философии // Вестник РФО. – 2008. – № 2(46). – С. 115–119.

- [5] Гайденко П.П. Прорыв к трансцендентному. Новая онтология XX века / П.П. Гайденко. – М., 1997.
- [6] Гайденко П.П. Время. Длительность. Вечность. Проблема времени в европейской философии и науке / П.П. Гайденко. – М., 2006.

MATERIALISTIC MONISM

L.A. Zelenov

Key words: *monism, pluralism, materialism, idealism, dialectic, postmodernism, world outlook*

In this article the pluralistic views assertion within all the world outlook types is stated. The dialectic-materialistic monism necessity and possibility is substantiated.

Статья поступила в редакцию 10.02.2016 г.

УДК 316

В.А. Щуров, д.ф.н., профессор ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Д.Ю. Шаталов-Давыдов, к.ф.н., ассистент ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

АДАПТАЦИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: МЕТАЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ ПО БОРЬБЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Ключевые слова: *адаптация, устойчивое развитие, НАМА*

Статья рассматривает формирование концепции адаптации в системе ООН применительно к устойчивому развитию, анализируется отношение адаптации к основным концепциям устойчивого развития.

Теория устойчивого развития, возникшая как ответ на глобальные угрозы человечества, с момента своего возникновения претерпела множество трансформаций. Так она пережила экологистский период, когда основным вопросом для анализа являлось загрязнение и ограничение вредных выбросов, и антропоцентристский период, когда анализировалось развитие человека и, соответственно, превыше всего ставился социально-экономический блок. В современном своем состоянии устойчивое развитие взаимодействует с концепцией адаптации, которая видится элементом долгосрочной стратегии по борьбе с изменением климата.

Нам видится важным развести концепцию адаптации и само явление. Так явлением адаптации будут действия связанные с предотвращением негативных климатических изменений, например, строительство дамб и плотин, предотвращающих разливы рек, а концепцией адаптации – направление в концепции устойчивого развития, вписывающее различные стратегии адаптации в общую долгосрочную стратегию устойчивого развития. Таким образом, различие заключается в разведении явления (деятельности) и его концептуального описания, что, естественно, переносит нас на территорию металингвистического подхода. Концептуальное описание деятельности по адаптации оказывается неумолимо вписанным в «большую теорию», разделяет с ней ее предметную область, становясь не описанием деятельности, а неотъемлемым эле-

ментом «большой теории», в случае с концепцией устойчивого развития – новым этапом рефлексии над устойчивым развитием. Соответственно, цель нашего анализа адаптации – это ответ на вопрос как концептуализируется адаптация в рамках дискурса об устойчивом развитии, и какое она имеет значение в настоящий момент.

В свете вышесказанного необходимо разграничить понятия деятельности и стратегии. Деятельность выступает как целенаправленное изменение внешнего мира и самого человека. Стратегия – форма организации человеческих взаимодействий, максимально учитывающая возможности, перспективы и средства деятельности субъектов. То есть деятельность всегда в здесь, она связана с изменением, в то время как стратегия это концептуальное описание наилучших из возможных, с точки зрения поставленной цели, деятельностей в будущем.

Стратегия адаптации была предложена на конференции по изменению климата в Бали (2006 г.). В итоговом документе содержится перечень применяемых для адаптации мер: 1) международное сотрудничество; 2) рассмотрение стратегии управления рисками и снижения рисков; 3) рассмотрение стратегии уменьшения опасности природных бедствий и оценка их ущерба; 4) методы диверсификации экономики в целях повышения ее устойчивости. Сам термин адаптация имеет точное определение, представленное Межправительственной группой по изменению климата (МГЭИК): «Инициативы и меры по уменьшению уязвимости естественных и антропогенных систем к фактическим или ожидаемым последствиям изменения климата» [2, с. 86] и более широкой дефиницией, приводимой в обзорном докладе РКИК ООН о Балийской конференции: «приспособление природных или созданных человеком систем к имеющимся или ожидаемым климатическим условиям, или их проявлениям, которое смягчает ущерб или использует положительные возможности. Адаптация включает устойчивый и постоянный процесс приспособления в ответ на новые и меняющиеся природные условия» [5, с. 13]. Такое определение адаптации ставит ее в один ряд со связанными с ней экономическими процессами стабилизации экономического роста, характеризующие развивающиеся страны, а также с антропологическим измерением концепции устойчивого развития – борьба с бедностью и неправильным экономическим развитием (особенно характерным для группы менее развитых государств). Таким образом, адаптация должна включать финансовые механизмы, необходимые для переключения работы экономик, испытывающих природное бедствие, или же деградирующих из-за более медленно идущих природных процессов, стимулирующие экономический рост и перестройку экономической системы. Сама МГЭИК разработала несколько видов адаптации: упреждающую и ответную, частных и государственных субъектов, автономную и плановую. К действиям по адаптации можно отнести возведение речных дамб (как ответ на возможное повышение уровня воды) или замену чувствительных растений более термостойкими и пр. Очевидно, что решения Балийской конференции стремятся интегрировать процедуры адаптации к системе планирования на международном, региональном и национальном уровне и встроить данные процедуры в планируемый механизм по Долгосрочным мерам и по продлению киотских договоренностей.

Копенгагенская конференция 2009 г. разработала методы адаптации к изменению климата. Адаптация направлена на «снижение уязвимости и укрепление сопротивляемости развивающихся стран» (особенно малых островных государств и стран Африки) [3, с. 6]. Непосредственными элементами стратегии адаптации становятся НАМА (Nationally appropriate mitigation actions – национальный план по сокращению выбросов) в форме двухгодичной отчетности по проводимым мероприятиям. Развивающиеся страны осуществляют на национальном уровне мониторинг, оценку изменений климата и предоставляют отчетность, предоставляемую для рассмотрения Конференции Сторон в форме национальных сообщений раз в два года для выделения финансирования для поддержки проекта.

Однако применительно к НАМА существует множество вопросов: 1) не указаны какие виды деятельности будут получать международную поддержку и на каких основаниях; 2) какие средства могут быть направлены в поддержку НАМА. По второму пункту очень обещающей кажется перспектива направления углеводородных отчислений развитых стран в поддержку данных программ, однако Копенгагенское соглашение этого не подразумевает, и в более поздних соглашениях прогресс достигнут только теоретический – в дохийском решении, например, указано, что результаты сокращений выбросов пойдут на развитие национальных программ развивающихся государств, но там тоже нет никакого механизма.

Вторым аспектом адаптации становится СВОД-плюс – программы по борьбе с деградацией лесов. Подобная деятельность ведется еще с 1991 г. и осуществляется Глобальным экологическим фондом на основании инвестирования целевых программ. В рамках общей классификации, предложенной Балийской дорожной картой, деятельность в рамках СВОД-плюс относится к долгосрочным мерам по борьбе с изменением климата, а в копенгагенском соглашении отнесена к деятельности развивающихся стран по борьбе с изменением климата. Речь идет о сокращении выбросов, происходящих в результате обезлесения или деградации лесов, и об их учете. Ответственность за финансирование подобной деятельности ложится на развитые страны. Для анализа степени деградации лесов копенгагенский механизм включает в себя следующий набор мер: 1. Создание систем мониторинга лесов на национальном уровне; 2. Включение в эти системы «комбинации подходов дистанционного зондирования и инвентаризации углерода в лесах с помощью наземных средств для оценки, в соответствующих случаях, связанных с лесами антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями, накоплений углерода в лесах и изменений в лесных районах» [3, с. 13]; 3. Предоставление в открытом виде оценок и результатов анализа; 4. Транспарентность проводимых проектов. Очевидно, что прослеживается определенное пересечение с НАМА: и в том и в другом случае государство составляет национальную стратегию-программу действий по борьбе с изменением климата, и данные программы в своем основании имеют стратегии низкоуглеродного развития. Борьба с деградацией лесов в рамках Копенгагенского соглашения оказывается одним из элементов борьбы с сокращением выбросов, а следовательно, так как сокращение лесов приводит к возрастанию выбросов и, поскольку, ответственность за состояние лесов несут развивающиеся страны, разработка ими взвешенных и транспарентных национальных программ становится финансово необходимой, а финансирование подобных программ, будь они либо СВОД-плюс, либо НАМА со стороны развитых стран – мерами по капитализации их отчислений по углеродным квотам. Таким образом, борьба с обезлесиванием как один из элементов системы адаптации оказывается перевязанной с перераспределением углеродных квот, а следовательно, и со всем зданием финансового механизма Киото.

Копенгагенское соглашение рисует контуры финансового механизма помощи в осуществлении мероприятий по адаптации: 1) поддержка со стороны развитых стран финансами и технологиями; 2) консультации в рамках РКИК ООН по разработке национальных планов и подготовки национальных экспертов; 3) участие международных организаций в проектах.

Неопределенности по НАМА привели к разработке более объемного соглашения по ним в частности, и по концепции адаптации, в общем. Таковым стало Канкунское соглашение (29 ноября – 10 декабря 2010 г.), вторая часть которого целиком посвящена мерам по адаптации. В самом тексте преамбулы решения мы находим: «адаптация должна иметь такой же приоритет, как и предотвращение изменения климата и она требует надлежащих институциональных механизмов для активизации действий по адаптации и поддержки» [4, с. 3]. В целях организации скорейшей и транспарентной системы адаптации вводятся Канкунские рамки для адаптации, которые сводятся к системе планирования; финансовой, социальной и экономической оценке плани-

руемых действий; повышению сопротивляемости социально-экономических систем негативным сценариям климатического развития посредством диверсификации экономики и снижения рисков устойчивости; укреплению международных мер по борьбе с чрезвычайными ситуациями и по предупреждению природных бедствий [4, с. 5–6]. Решение касается и институционализации режима адаптации – учреждается Международный комитет по адаптации, в задачи которого входит предоставление технической поддержки сторонам, обмен информацией, знаниями и опытом, предоставление экспертной информации.

Подведем итог по концепции адаптации, на основании решений Балийской дорожной карты, Копенгагенской и Канкунской конференций. Необходимо отметить, что произошло смещение акцента с регионального уровня на национальный с институциональной поддержкой со стороны ООН (экспертиза и обучение лиц, принимающих решения). Также сместилось внимание с акцента на социально-экономическом развитии (и укрупнении потенциала человека) на изменение климата и создание механизма глобального регулирования. Как было отмечено выше, такой механизм оказался региональным по своей сути и нацеленным на реализацию национальных политик в сфере изменения климата. Наконец, выработка концепции адаптации нацелена на приспособление общества к негативным сценариям изменения климата – выработан финансовый механизм для адаптации, и действия по адаптации вписываются в национальные программы. В теории адаптации – человек является одним из элементов биосистемы, защита которого осуществляется.

Другими значимыми элементами становятся защита экономической стабильности и защита целостности экологической системы. Таким образом, теория адаптации выравнивает все 3 значимые элементы устойчивого развития, делая их факторами, поддержание которых на определенных значениях гарантирует устойчивость (так называемый порог адаптации): экологическая целостность, экономическое развитие, социально-экономический статус человека. Человек оказывается одним из целевых показателей, сохранение которого необходимо. Таким образом, происходит выравнивание значимости поддержания экономического развития, развития потенциала человека и местных экосистем. Концепция адаптации, оказавшись фактически замыкающей теорией в процессе концептуализации устойчивого развития, сделала круг, вернувшись к обсуждению чисто экологических проблем, однако не с антииндустриальных позиций, а с позиции примирения роста экономики (в развивающихся странах это означает рост производственных мощностей, производительности труда и занятости) с оказываемым этим ростом вредным эффектом на окружающую среду через адаптацию происходящих изменений с негативным статусом человека (в его срезе как экономико-экологического существа), его деятельности и окружающей среды. Замена борьбы с изменением климата на механизм адаптации выравнивает в значимости все 3 фактора: устойчивое развитие перестает быть нацеленным: 1) на развитие экологических технологий и сокращений выбросов; 2) на повышение социально-экономического статуса человека; 3) на улучшение экономического роста при снижении его воздействия на окружающую среду. Это происходит поскольку развитие заменяется на адаптацию, то есть приспособление всех трех вышеперечисленных факторов к изменениям среды. Цели по развитию оказываются целями по консервации, сохранению. Таким образом, концепция адаптации отходит от развития и обращается к устойчивости.

Адаптация, реализуемая в качестве меры по снижению экономических и социальных рисков при негативном изменении климата, является способом поддержания устойчивости трех сфер – человеческих потребностей, экономического роста и экологической стабильности, однако, фактически подменяет собой развитие – адаптация финансово затратна (ее финансирование осуществляется посредством национальных программ, в том числе развивающимися странами, путем перечисления финансовых ресурсов от продажи неизрасходованных киотских квот, через финансирование сто-

ронных организаций), долгосрочна, требует прозрачности методов и хотя бы региональной координации (т.е. необходима институционализация для согласования методов и механизмов адаптации). Таким образом, адаптация снижает эффективность экономического развития, способствует ограничению человеческих потребностей (адаптация как принятие негативного невозвратного изменения в окружающей среде) и ведет к искусственной трансформации окружающей среды (строительство дамб и плотин как пример адаптации к повышению уровня мирового океана). Адаптация приводит к тому, что эко-эффективность, эко-справедливость и экологическая устойчивость оказываются связанными факторами, необходимыми для того, чтобы подстраивать механизмы адаптации перед неизбежными климатическими изменениями.

Это роднит адаптацию с поставом. Процесс производства в равной степени использует и человека, и природу – природа используется в качестве сырья, а человек в качестве услуги или потребителя продуктов производства. Инструментализированная природа оказывается поставленной, снятой в своей сокровенности перед техникой, а сам человек, обслуживающий технику, становится элементом технической системы. Смысл техники раскрывается в производстве, которое заменяет собой ручной труд, и в равной степени включило в себя, онтологически редуцировав и природу (редукция до понятий среда, сырье), и человека (рабочий, выполняющий функцию обслуживания технического инструмента, покупатель) [5, с. 221]. Образовавшаяся новая тотальность производства в равной степени чужда как человеку, так и природе, распредмечивая (природные объекты задаются в качестве элемента технической системы в соответствии с выполняемой ими функцией) и десубъективируя (субъект объективируется: покупатель это объект для производства (конечная цепь производительной цепи), рабочий же и вовсе функциональный элемент технической системы). Постав снимает потаенность и предоставляет в наличие, снимая несущественные признаки и переделывая как человека, так и природу. Адаптация становится поставом посредством встраивания окружающей среды и человека в систему поставляющего производства, выражаемого через осуществление безопасности при негативном климатическом развитии; невозможности остановки данного производства приводит в действие необходимость подстраивания негативного изменения климата под продолжающееся производство.

Список литературы:

- [1] Доклад Конференции Сторон о работе ее тринадцатой сессии, состоявшейся на Бали 3–15 декабря 2007 года FCCC/CP/2007/6 // . – Режим доступа: <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/rus/06r.pdf>
- [2] МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под. Ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингер. – МГЭИК: Женева, Швейцария. – 104 с. – Режим доступа: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf
- [3] Доклад Конференции Сторон о работе ее пятнадцатой сессии, состоявшейся в Копенгагене 7–19 декабря 2009 года / FCCC/CP/2009/11/Add.1. – Режим доступа: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cmp5/rus/21a01r.pdf>
- [4] Доклад Конференции Сторон о работе ее шестнадцатой сессии, состоявшейся в Канкуне с 29 ноября по 10 декабря. 2010 года. Часть вторая: Меры, принятые Конференцией Сторон на ее шестнадцатой сессии / FCCC/CP/2010/7/Add.1. – Режим доступа: <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/rus/07a02r.pdf>
- [5] Хайдеггер М. Вопрос о технике / М. Хайдеггер // Хайдеггер М. Время и бытие / М. Хайдеггер; составление, перевод, вступительная статья, комментарии и указатели В.В. Бибихина. – М: Республика, 1993. – 447 с.
- [6] Уинклет Г. Балийский план действий: ключевые вопросы переговоров по климату. UNDP:CHAD CARPENTER, 2008. – 23 с. – Режим доступа: http://www.undpcc.org/undpcc/files/docs/publications/submitted/UNDP_Summary%20for%20Policy%20Makers_RU.pdf

**ADAPTATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
LONG-TERM STRATEGY METALINGUISTIC ANALYSIS
CONCERNING CLIMATE CHANGE PREVENTION**

V.A. Schurov, D.Y. Shatalov-Davydov

Key words: *adaptation, sustainable development, NAMA.*

The article deals with the adaptation concept formation within the UNO system in relation to sustainable development. The adaptation relation to the main sustainable development concepts are also considered.

Статья поступила в редакцию 23.06.2016 г.

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 48
2016

Формат бумаги 70х180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 19,375. Уч.-изд. л. 27,125
Заказ 190. Тираж 500.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ВГУВТ
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5