

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 54

Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н. Новгород, 2018

УДК 004+1+3+15+33+34+37+39+42+53+62+65+68+81+86+93

В 38

В 38 Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 53. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017. – 250 с.

Редакция: журнала:

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

Редакционный совет журнала:

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

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

© ВГУВТ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I

Информатика, системы управления, телекоммуникации и радиолокация

Баркалов К.А., Гетманская А.А., Исрафилов Р.А.

Применение адаптивной схемы редукции размерности для задач многоэкстремальной оптимизации с нелинейными ограничениями 11

Гордяскина Т.В., Грошева Л.С.

Реализация синхронного детектора с применением сигнального процессора TMS320C5510 20

Пройдакова Е.В., Рыбакова А.А.

Адаптивная система управления транспортом с алгоритмом пропуска очередей 29

Раздел II

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

Лучков И.Н.

Концепция листогибочной машины с чпу нового поколения 39

Рыжов Д.В., Бурмистров Е.Г.

Разработка метода сращивания корабельных суперблоков на плаву 43

Филиппова А.И., Ляпина Н.Ш.

Определение зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна на порожнем 48

Черепкова Е.А., Киталтный Н.И.

Применение возобновляемых источников энергии в судостроении 55

Раздел III

Финансовые и учетно-аналитические проблемы современной экономики

Домнина О.Л., Овченкова С.Е.

Анализ развития страхового рынка ПФО 65

Крайнова О.С., Суханова О.А.

Аналитический обзор рынка коммерческой недвижимости в экономике сферы услуг: региональный аспект 70

Раздел IV

Экономика, логистика и управление на транспорте

Абдулатипов М.А., Иванов В.М.	
Экономико-математическая модель текущего планирования ледокольных проводок в морском бассейне	79
Брызгалов А.В., Уртминцев Ю.Н.	
Современные формы организации работы речного флота	86
Жмачинский В.И., Сяньюй У	
Перспективы развития российско-китайского торгового сотрудничества в системе транспортных коридоров (ТК).....	89
Мордовченков Н.В., Поляков В.М.	
Опыт развития и совершенствования сертификации в германии: инфраструктурный аспект	98
Платов А.Ю., Платов Ю.И.	
О современных методах бизнес-планирования работы речного флота	110
Телегин А.И., Фролова Е.В.	
Анализ стандартности речных песков, добываемых и поставляемых волжскими портами	116
Цверов В.В., Засорина К.И.	
Научно-методический подход к выбору автотранспортных средств в оперативных условиях	120

Раздел V

Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Аносов Н.М., Маликова Т.Е., Стрелков А.Ю.	
Блок-пакетный способ погрузки пиломатериалов на палубу судна	129
Лобанов В.А.	
Моделирование судовых движителей в CAD и CAE системах	134
Синицын М.Г.	
Методика обоснования системы завоза грузов на малые реки.....	142

Раздел VI

Эксплуатация судового энергетического оборудования

Епихин А.И.	
Обзор современных способов автоматического управления судовых энергетических установок	153
Соловьёв А.В.	
Диагностирование и прогнозирование технического состояния объектов судовой энергетической установки.....	157
Шураев О.П., Чичурин А.Г., Белов Н.Ю.	
Испытания двигателя 6L275 RrII/PN на холостом ходу.....	176

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

BULLETIN
of the Volga State Academy
of Water Transport

Issue 54

VSUWT publishing house
N. Novgorod, 2018

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

The Editorial Board: of the journal

Bazhan P.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Bezyukov O.K.	D.Sc.(Tech.), Professor
Belykh V.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.	Bik Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor
Vaganov A.B.	Ph.D. Associate Professor	Vladimirov A.A.	D.Sc.(Phil.), Professor
Volkov I.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.	Vorobjov A.V.	Ph.D.(Econ.), Professor
Vychuzhanin V.V.	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.), Prof.
Zuev V.A.	D.Sc.(Tech.), Professor	Ivanov V.M.	Ph.D. Associate Professor
Kazakov N.N.	Ph.D. Associate Professor	Klement'ev A.N.	D.Sc.(Tech.), Professor
Korolev G.N.	D.Sc.(Jur.), Professor	Korolev Y.Y.	Ph.D. Associate Professor
Kostrov V.N.	D.Sc.(Econ.), Professor	Kurnikov A.S.	D.Sc.(Tech.), Professor
Lavrentieva E.A.	Ph.D.(Econ.), Professor	Mareev E.A.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.
Matveev Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Migunova T.L.	D.Sc.(Jur.), Professor
Myasnikov E.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.	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 Vende	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

The Editorial Council of the journal

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

CONTENTS

Section I

Informatics, management systems, telecommunications and radiolocation

Barkalov K.A., Getmanskaya A.A., Israphilov R.A.

Application of the adaptive dimensionality reduction scheme to problems of multi-extremal optimization with nonlinear constraints 11

Gordyaskina T.V., Grosheva L.S.

Implementation of a synchronous detector with the use of the signal processor TMS320C5510 20

Proidakova E.V., Rybakova A.A.

Traffic control adaptive system with queue passing algorithm..... 29

Section II

Shipbuilding, ship repair, and ecological safety of the ship

Luchkov I.N.

The concept of sheet bending machine with NC of new generation..... 39

Ryzhov D.V., Burmistrov E.G.

Development of methods for splicing ship superblocks afloat 43

Filippova A.I., Lyapina N.Sh.

The estimation of the share of wood-based materials from the displacement of empty vessel 48

Cherepkova E.A., Kshaltniy N.I.

The use of renewable energy sources in the shipbuilding industry 55

Section III

Financial and accounting-analytical problems of the modern economy

Domnina O.L., Ovchenkova S.E.

The VHD insurance market development analysis 65

Kraynova O.S., Sukhanova O.A.

The commercial property market in the service sector's economy analytical review: a regional perspective 70

Section IV

Economics, logistics and transport management

Abdulatipov M.A., Ivanov V.M. Economic-mathematical model of current planning of icebreaking conductings in the sea basin.....	79
Bryzgalov A.V., Urtminceev Y.N. Modern forms of organization of work of the river fleet	86
Zhmachinskiy V.I., Xiangyu Wu Prospects for the development of Russian-Chinese trade cooperation in the system of transport corridors (TC)	89
Mordovchenkov N.V., Poljakov V.M. Experience of development and improvement of certification in Germany: infra-structure aspect	98
Platov A.Y., Platov J.I. The modern methods of business planning of river fleet	110
Telegin A.I., Frolova E.V. Analysis of standardity of the river sands obtained and supplied by the Volga ports	116
Tsverov V.V., Zasorina K.I. Scientific and methodical approach to the choice of motor vehicles in operational conditions.....	120

Section V

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

Anosov N.M., Malikova T.E., Strelkov A.Yu., Bunch-of-packages method for loading sawn timber on deck	129
Lobanov V.A. Modeling of ship propellers in CAD and CAE systems	134
Sinitsin M.G. Method of substantiation of the rational system of organizing the delivery of goods to small rivers.....	142

Section VI

Operation of ship power equipment

Epikhin A.I. The review of modern methods of automatic control of ship power plants	153
Solovev A.V. Diagnostics and prediction of the technical state of the facilities of the ship power plant	157
Schuraev O.P., Chichurin A.G., Belov N.Yu. Testing of the engine 6L275 RrII/PN type at idle	176

Раздел I

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



Section I

***Informatics, management systems,
telecommunications and radiolocation***

УДК 519. 853.4

*К.А. Баркалов, к.ф.-м.н., доцент ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»**А.А. Гетманская, ассистент ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»**Р.А. Исрафилов, аспирант ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»**603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23*

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СХЕМЫ РЕДУКЦИИ РАЗМЕРНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ¹

Ключевые слова: многоэкстремальные задачи, глобальный оптимум, нелинейные ограничения, вложенная оптимизация, индексный метод

Предлагается новый алгоритм решения многомерных многоэкстремальных задач оптимизации со сложными нелинейными ограничениями. Алгоритм основан на адаптивной схеме редуцирования многомерной задачи к системе задач меньшей размерности в сочетании с индексным методом учета ограничений, не требующим в отличие от метода штрафных функций подбора каких-либо настроечных коэффициентов и вычисления всех ограничений. Дается описание общей схемы алгоритма. Приводятся результаты вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность метода.

Задачи многоэкстремальной оптимизации, связанные с отысканием глобального оптимума многоэкстремальных функций (имеющих несколько локальных оптимумов), представляют собой класс сложных моделей принятия рациональных решений, широко используемых в актуальных приложениях (оптимальное проектирование объектов и процессов различной природы, настройка параметров моделей в научных исследованиях, оптимальное планирование и т.п.). Основным фактором, обуславливающим сложность задач данного класса, является их размерность, поскольку в общем случае вычислительные затраты, требуемые для решения задач с заданной точностью, растут экспоненциально с ростом размерности [1]. Другим фактором сложности является наличие нелинейных ограничений, формирующих области поиска сложной конфигурации (невыпуклые, неодносвязные, в т.ч. несвязные).

Вследствие широкого разнообразия классов многоэкстремальных задач и их свойств предложено несколько подходов к построению алгоритмов их решения. Теоретически безупречным является подход к конструированию алгоритмов как оптимальной вычислительной процедуры в рамках определенной модели оптимизационной задачи [2, 3]. Тем не менее, высокая математическая сложность подхода позволила построить оптимальные методы лишь в небольшом числе случаев, в основном, для задач одномерной оптимизации. Более плодотворным оказалось использование принципа одношаговой оптимальности [2, 4], на основе которого были построены методы оптимизации в рамках различных моделей оптимизируемой функции [1, 2, 4–7]. Однако и в этом случае большинство методов было предназначено для решения одномерных задач.

Другим популярным способом решения многоэкстремальных задач является применение так называемых многостартовых схем [8–10], которые используют тот простой факт, что глобальный минимум является одним из локальных. В этих схемах в области поиска размещается некоторая сетка начальных точек, из которых стартуют

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №15-11-30022 «Глобальная оптимизация, суперкомпьютерные вычисления и приложения».

методы поиска локального экстремума, а затем выбирается наименьший из найденных экстремумов. Этот подход вполне конкурентоспособен для задач с небольшим количеством локальных минимумов, имеющих широкие области притяжения, но для задач с существенной многоэкстремальностью его эффективность резко падает [11].

Многие методы глобального поиска основаны на различных техниках разбиения области поиска на систему подобластей и последующего выбора наиболее перспективной подобласти для размещения очередного испытания (вычисления целевой функции). Такой подход, общая схема которого впервые была предложена для одномерных задач в работе [12] (характеристическая схема), впоследствии был распространен на многомерный случай [13] и развит для различных схем разбиения в работах [14, 15].

Наконец, для разработки методов многомерной оптимизации широко применяется подход, связанный с редукцией многомерной задачи к эквивалентной одномерной или системе одномерных подзадач и последующим решением одномерных задач эффективными методами оптимизации функций одной переменной. Используются две таких схемы: редукция на основе кривых, заполняющих пространство (кривых Пеано) [1, 2, 16, 17], и схема рекурсивной вложенной оптимизации (многошаговая редукция размерности) [1, 2, 17, 18]. В статье [19] предложена адаптивная схема редукции, обобщающая классическую многошаговую схему, существенно повышающая эффективность оптимизации по сравнению с базовым прототипом [20] и предназначенная для решения задач без ограничений.

В отношении учета ограничений на выбор параметров, формирующих область поиска оптимума, классическим подходом является подход, основанный на методе штрафных функций [21, 22], сводящий задачу с ограничениями к задаче без ограничений (или с простейшими ограничениями). Однако этот метод требует подбора некоторых коэффициентов, в частности константы штрафа, и при недостаточном значении константы решение может быть потеряно, а при завышенном значении значительно увеличивается число испытаний. Альтернативой методу штрафных функций может служить индексный метод [1, 17, 23, 24], не имеющий настроечных коэффициентов и существенно более экономный за счет того, что не требует вычисления всех ограничений в процессе поиска.

В данной статье предлагается новый алгоритм многомерной глобальной оптимизации, обобщающий адаптивную схему редукции на задачи с ограничениями за счет сочетания с индексным методом учета ограничений. Приведены результаты вычислительных экспериментов, демонстрирующие существенное повышение эффективности в сравнении с применением метода штрафных функций.

Адаптивная схема редукции размерности

Рассмотрим задачу многомерной оптимизации в формулировке задачи нелинейного программирования:

$$\Phi(x) \rightarrow \min, x \in X \subseteq R^n, \quad (1)$$

$$X = \{x \in H : \gamma_i(x) \leq 0, 1 \leq i \leq q\}, \quad (2)$$

$$H = \{x \in R^n : \alpha_i \leq x_i \leq \beta_i\} \quad (3)$$

в которой требуется в допустимой области X , определяемой функциональными (2) и координатными (3) ограничениями, найти минимальное значение целевой функции $\Phi(x)$ (глобальный минимум) и координаты этого значения (глобальный минимайзер).

Введем обозначение $\gamma_{m+1}(x) = \Phi(x)$ и предположим, что все функции постанов-

ки (1)–(3) удовлетворяют условию Липшица в области H (каждая со своей константой), т.е.

$$|\gamma_i(x') - \gamma_i(x'')| \leq L_i \|x' - x''\|, \forall x', x'' \in H, 1 \leq i \leq m+1, \quad (4)$$

где величины $L_i > 0, 1 \leq i \leq m+1$, являются постоянными (константы Липшица).

Рассмотрим частный случай задачи (1)–(3), когда функциональные ограничения отсутствуют ($X = H$), и воспользуемся соотношением [2, 18]

$$\min_{x \in X} \Phi(x) = \min_{x_1 \in [\alpha_1, \beta_1]} \min_{x_2 \in [\alpha_2, \beta_2]} \dots \min_{x_N \in [\alpha_N, \beta_N]} \Phi(x). \quad (5)$$

Введем семейство редуцированных функций $\Phi_j(\xi_j), 1 \leq j \leq n$, где $\xi_j = (x_1, \dots, x_j)$, положив вначале

$$\Phi_n(x) \equiv \Phi(x). \quad (6)$$

Затем определим функции семейства рекуррентно как

$$\Phi_j(\xi_j) = \min_{x_{j+1} \in [\alpha_{j+1}, \beta_{j+1}]} \Phi_{j+1}(\xi_{j+1}), 1 \leq j \leq n-1. \quad (7)$$

В соответствии с (5)–(7)

$$\min_{x \in X} \Phi(x) = \min_{x_1 \in [\alpha_1, \beta_1]} \Phi_1(x_1),$$

откуда следует, что решение многомерной задачи (1) можно заменить решением одномерной задачи

$$\Phi_1(x_1) \rightarrow \min, x_1 \in [\alpha_1, \beta_1]. \quad (8)$$

Однако решение данной задачи предполагает вычисление значений функции $\Phi_1(x_1)$. Каждое такое вычисление в точке $x_1 \in [\alpha_1, \beta_1]$ состоит в решении задачи

$$\Phi_2(x_1, x_2) \rightarrow \min, x_2 \in [\alpha_2, \beta_2], \quad (9)$$

которая вследствие фиксации x_1 также является одномерной. Вычисление функции Φ_2 в свою очередь требует одномерной минимизации функции Φ_3 и т.д. вплоть до решения задачи

$$\Phi_n(\xi_{n-1}, x_n) \rightarrow \min, x_n \in [\alpha_n, \beta_n], \quad (10)$$

при фиксированном векторе ξ_{n-1} , т.е. также задачи одномерной оптимизации, в которой целевой функцией согласно (6) является заданная целевая функция многомерной задачи $\Phi(\xi_{n-1}, x_n)$.

Таким образом, соотношение (5) порождает семейство связанных одномерных подзадач вида

$$\Phi_i(\xi_{i-1}, x_i) \rightarrow \min, x_i \in [\alpha_i, \beta_i], 1 \leq i \leq n, \quad (11)$$

решение которых составляет алгоритмическую структуру многошаговой редукции размерности.

Решение системы подзадач (11) может быть организовано различными способами. Например, в схемах [1, 2, 18, 25] подзадачи (11) решаются в соответствии с иерархическим порядком порождения, что приводит к потере информации в процессе много-

мерного поиска. Другой подход предлагает адаптивная схема редукции [19, 20], в которой все задачи семейства (11) учитываются при планировании многомерной итерации поиска, что позволяет более полно учитывать информацию о многомерной задаче и за счет этого ускорять процесс решения. Детальное алгоритмическое описание адаптивной схемы приведено в работе [19], а здесь мы дадим краткое описание ее основных элементов.

В адаптивной схеме каждой подзадаче (11) присваивается некоторое числовое значение, называемое характеристикой этой задачи. Считается, что чем выше значение характеристики, тем более «перспективной» является подзадача для продолжения вычислений, и поэтому на каждой многомерной итерации выбирается подзадача с максимальной характеристикой для проведения в ней очередного одномерного испытания (вычисления значения одномерной целевой функции). Это испытание либо вычисляет значение целевой функции $\Phi(x)$ (если выбранная «лучшая» подзадача принадлежала уровню $j = n$), либо порождает новые одномерные подзадачи согласно (7) при $j \leq n - 1$. В последнем случае новые порожденные задачи добавляются к текущему семейству (11), вычисляются их характеристики и процесс повторяется. Завершение многомерной оптимизации происходит, когда в корневой задаче (8) выполняется условие остановки алгоритма, решающего эту задачу.

Ключевым моментом схемы является процедура назначения подзадачам их характеристик. Один из возможных подходов состоит в следующем. Рассмотрим класс характеристических методов одномерной оптимизации [12, 26] и применим один из методов данного класса к решению задач (11). Характеристические алгоритмы в процессе решения задач формируют разбиение области поиска на систему интервалов и вводят оценки, называемые характеристиками интервалов, используемые для планирования поиска. В этом случае в качестве характеристики подзадачи можно взять максимальную характеристику интервалов, сформированных в данной задаче.

Данный подход был реализован и теоретически обоснован [19] для адаптивной схемы редукции в сочетании с информационно-статистическим алгоритмом глобального поиска [1, 2], а также (см. [20]) в комбинации с алгоритмом Пиявского [5].

Учет ограничений в многошаговой схеме

Рассмотрим теперь общую задачу (1)–(3) с нелинейными ограничениями (2). Используя метод штрафных функций [21, 22], сведем данную задачу к задаче с координатными ограничениями. С этой целью введем функцию штрафа $P(x)$, $x \in D$, такую, что $P(x) = 0$, когда $x \in X$, и $P(x) > 0$, если $x \notin X$, а затем рассмотрим задачу

$$\Psi_C(x) \rightarrow \min, x \in H \subseteq R^n, \quad (12)$$

в которой допустимая область H является гиперпараллелепипедом (3), а

$$\Psi_C(x) = \Phi(x) + CP(x), \quad (13)$$

где константа $C > 0$ (штрафная константа) является параметром метода.

Существуют разные способы построения функций штрафа $P(x)$, например, в качестве такой функции можно взять функцию

$$P(x) = \max \{0; \gamma_1(x), \dots, \gamma_m(x)\}. \quad (14)$$

Заметим, что в условиях липшицевости (4) функция (14), а, следовательно, и функция (13) также будут удовлетворять условию Липшица.

При достаточно больших значениях константы штрафа C задачи (1) и (12) становятся эквивалентными в том смысле, что их решения совпадают. К сожалению, выбор

параметра C сопряжен с трудностями, поскольку при недостаточно большом значении параметра решение может быть потеряно, а при завышенном значении параметра методы оптимизации существенно замедляют сходимость. Тем не менее, предполагая достаточность константы штрафа, можно теперь вместо задачи (1) с ограничениями (2) решать с помощью многошаговой схемы задачу без ограничений (12). Как показано в [2], при наличии липшицевости (4) все целевые функции одномерных подзадач также будут удовлетворять условию Липшица, поэтому для их решения можно применять эффективные методы липшицевой одномерной оптимизации, например, информационно-статистические алгоритмы [1, 2] или метод минорант [5].

Принципиально иной подход к учету ограничений используется в индексном методе [1, 23, 24].

Определение 1. Индексом точки $x \in X$ называется номер $p = p(x)$ первого нарушенного ограничения. Если в точке $x \in X$ все ограничения выполнены, то $p = q + 1$.

Иными словами, для точки x с индексом $p = 1$ справедливо неравенство $\gamma_1(x) > 0$, для точки x с индексом $p \leq q$ выполняются неравенства

$$\gamma_i(x) \leq 0, 1 \leq i \leq p-1, \gamma_p(x) > 0, \quad (15)$$

а при $p = q + 1$ мы имеем

$$\gamma_i(x) \leq 0, 1 \leq i \leq p. \quad (16)$$

Определение 2. Индексной штрафной функцией называется функция

$$I(x) = \begin{cases} \gamma_{p(x)}(x), & 1 \leq p(x) \leq q, \\ 0, & p = q + 1. \end{cases} \quad (17)$$

где $p(x)$ – индекс точки x .

Очевидно, что вследствие Определения 1 функция $I(x)$ положительна в области H и равна нулю в допустимой области X .

Определение 3. Индексной целевой функцией называется функция

$$\Psi_I(x) = \begin{cases} I(x), & 1 \leq p(x) \leq q, \\ \Phi(x) - \Phi^*, & p = q + 1. \end{cases} \quad (18)$$

где Φ^* – минимальное значение функции $\Phi(x)$ в области X .

Данное определение обобщает на многомерный случай понятие индексной функции, введенное в [23] для одномерных задач.

Очевидно, что минимальное значение функции (18) в области H равно нулю и достигается, в частности, в точке глобального минимума функции $\Phi(x)$ в области X .

Отметим, что индексная целевая функция (18) существенно отличается от функции (13) с классическим штрафом $P(x)$, поскольку в недопустимой области не нужно вычислять значения исходной целевой функции $\Phi(x)$. Более того, в точке с индексом $p < q$ значения ограничений $\gamma_i(x)$ с номерами $i > p$ также не требуются, в то время как в задаче (12) в каждой точке вычисляются все ограничения наряду с целевой функцией.

В данной работе предлагаются и исследуются два подхода к решению задачи (1)–(3), основанные на адаптивной схеме редукции размерности. В первом из них адаптивная схема применяется для решения задачи (12), а для решения одномерных подзадач (11) используются информационно-статистический алгоритм глобального поиска [1, 2] (назовем этот многомерный метод алгоритмом глобального поиска с классическим штрафом – сокращенно АГП-КШ), а также модификация известного алгоритма глобальной оптимизации – метода ломаных Пиявского [5] (сокращенно МЛ-КШ), в котором константа Липшица оценивалась адаптивно согласно оценке метода [1, 2].

Второй подход применяет адаптивную схему к решению задачи

$$\Psi_l(x) \rightarrow \min, x \in H \subseteq R^n, \quad (19)$$

где решение одномерных подзадач (11) реализуется с помощью индексного алгоритма одномерной оптимизации [1, 17] (соответствующий многомерный метод назовем алгоритмом глобального поиска с индексной функцией – для краткости АГП-ИФ).

Сравнение методов проводилось на тестовом классе многоэкстремальных функций с нелинейными ограничениями Emmmental-GKLS [27], основанном на широко применяемом для тестирования методов глобального поиска классе GKLS [28] с липшицевыми целевыми функциями. Нелинейные ограничения класса Emmmental-GKLS порождают допустимые области сложной конфигурации, которые являются неодносвязными. При этом глобальный минимум функций данного класса всегда располагается на границе допустимой области, что существенно усложняет его поиск.

Пример функции класса Emmmental-GKLS приведен на рис. 1. На этом рисунке показаны линии уровня целевой функции, а недопустимая область, определяемая 10 нелинейными ограничениями, помечена темным цветом. Расположение глобального минимума отмечено темным крестиком.

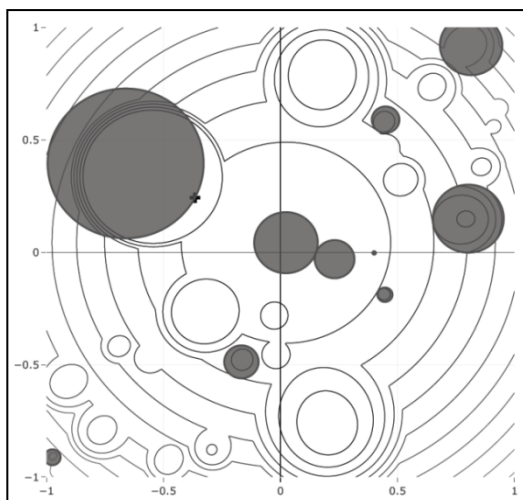


Рис. 1. Линии уровня и допустимая область функции

В эксперименте каждым из методов минимизировалось 100 двумерных функций класса Emmmental-GKLS со следующими параметрами:

- 10 локальных минимумов,
- 10 ограничений.

По результатам оптимизации выборки оценивалось среднее число K испытаний (количество выбранных методом точек в области H , в которых оценивались значения ограничений и, возможно, целевой функции), среднее число Q вычисленных значений целевой функции и функций ограничений, а также количество N найденных с задан-

ной погрешностью $\delta > 0$ глобальных минимумов. Считалось, что глобальный минимум найден, если координаты лучшей найденной методом допустимой точки находились в δ -окрестности глобального условного минимума при $\delta = 0.02$.

Заметим, что при использовании классического метода штрафных функций в каждой точке испытания вычисляются все ограничения и целевая функция, поэтому $Q = K * 11$, в то время как в случае индексного метода все ограничения и целевая функция вычисляются только в точках испытаний, размещенных в допустимой области X , а вне этой области вычисляется только часть ограничений (до первого нарушения).

Результаты эксперимента для метода АГП-ИФ, основанного на сочетании адаптивной схемы редукции и индексного метода при значении параметра надежности $r = 2$ и точности поиска $\varepsilon = 0.01$ представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Результаты метода АГП-ИФ

K	Q	N
922	7268	100

Применение метода АГП-КШ, сочетающего адаптивную схему и классический штраф (13), (14) для различных значений константы штрафа C с параметрами алгоритма одномерного поиска $r = 5$ (параметр надежности) и точности $\varepsilon = 0.01$ привело к получению результатов, представленных в Таблице 2.

Таблица 2

Результаты метода АГП-КШ

C	K	N
10	2055	21
20	2225	62
50	3267	86
100	6130	98
200	9301	100

Аналогичный эксперимент для различных значений константы штрафа в случае использования алгоритма МЛ-КШ с теми же значениями параметров надежности $r = 5$ и точности $\varepsilon = 0.01$ привел к следующим результатам, которые содержатся в таблице 3.

Таблица 3

Результаты метода МЛ-КШ

C	K	N
10	4791	19
20	4993	61
50	9730	85
100	13558	96
200	15612	97

По итогам расчетов сравним число испытаний $K_1 = 922$ и количество вычислений целевой функции и ограничений $Q_1 = 7268$ для АГП-ИФ и аналогичные величины

$K_2 = 9301$ и $Q_2 = 9301 \cdot 11 = 102311$ для АГП-КШ для $C = 200$ (когда были решены все задачи). Отношения $K_2 / K_1 \approx 10$ и $Q_2 / Q_1 \approx 14$ демонстрируют значительно большую экономичность предложенного метода АГП-ИФ.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что среди методов, использующих классическую штрафную функцию (АГП-КШ и МЛ-КШ) применение информационно-статистического метода является более эффективным по сравнению с методом ломаных, поскольку АГП-КШ решает все задачи за существенно меньшее число испытаний. Однако наибольшую эффективность демонстрирует адаптивный индексный алгоритм АГП-ИФ, который затратил на решение всех задач на порядок меньше испытаний и вычислений целевой функции и ограничений.

Поскольку адаптивная схема обладает значительным потенциалом параллелизма, перспективным направлением дальнейшего развития является разработка параллельной версии предложенного метода и проведение апробации на современных суперкомпьютерных системах.

Список литературы:

- [1] Strongin R.G., Sergeyev Y.D. Global Optimization with Non-Convex Constraints. Sequential and Parallel Algorithms. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [2] Стронгин Р.Г. Численные методы в многоэкстремальных задачах (информационно-статистические алгоритмы). – М.: Наука, 1978.
- [3] Сухарев А.Г. Оптимальный поиск экстремума. – М.: Изд-во МГУ, 1975.
- [4] Mockus J. Bayesian Approach to Global Optimization. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [5] Пиявский С.А. Один алгоритм отыскания абсолютного экстремума функции // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1972. Т. 12. № 6. – С. 888–896.
- [6] Kushner H.A new method of locating maximum point of an arbitrary multipeak curve in the presence of noise // Trans. ASME, Ser. D, J. Basic Eng. 1964. Vol. 86. No. 1. – P. 97–106.
- [7] Жилинскас А.Г. Одношаговый байесовский метод поиска экстремума функции одной переменной // Кибернетика. 1975. Т.1. – С. 139–144.
- [8] Бочаров И.Н., Фельдбаум А.А. Автоматический оптимизатор для поиска минимального из нескольких минимумов (глобальный оптимизатор) // Автоматика и телемеханика. 1962. Т. 23. № 3. – С. 289–301.
- [9] Половинкин А.И. Оптимальное проектирование автоматическим поиском схем инженерных конструкций // Изв. АН СССР, Техническая кибернетика. 1971. Т. 5. – С. 29–38.
- [10] Boender C.G.E, Rinnooy Kan A.H.G. Bayesian stopping rules for multistart global optimization methods // Mathematical Programming. 1987. Vol. 37. No.1. – P. 59–80.
- [11] Гришагин В.А. Операционные характеристики некоторых алгоритмов глобального поиска // Проблемы случайного поиска. – Рига: Зинатне. 1978. № 7. – С. 198–206.
- [12] Гришагин В.А. Об условиях сходимости для одного класса алгоритмов глобального поиска // Тезисы докладов III Всесоюзного семинара «Численные методы нелинейного программирования». – Харьков: Изд-во ХГУ. 1979. – С. 82–84.
- [13] Pintér J.D. Global Optimization in Action. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [14] Sergeyev Y.D. On convergence of «Divide the Best» global optimization algorithms // Optimization. 1998. Vol. 44. No. 3. – P. 303–325.
- [15] Сергеев Я.Д., Квасов Д.Е. Диагональные методы глобальной оптимизации. – М.: Физматлит, 2008.
- [16] Sergeyev Y.D., Strongin R.G., Lera D. Introduction to Global Optimization Exploiting Space-Filling Curves. SpringerBriefs in Optimization. – New York: Springer, 2013.
- [17] Стронгин Р.Г., Гергель В.П., Гришагин В.А., Баркалов К.А. Параллельные вычисления в задачах глобальной оптимизации: Монография / Предисл.: В.А.Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2013.
- [18] Carr C.R., Howe C.W. Quantitative Decision Procedures in Management and Economic: Deterministic Theory and Applications. – New York: McGraw–Hill, 1964.
- [19] Gergel V., Grishagin V., Gergel A. Adaptive nested optimization scheme for multidimensional global search // Journal of Global Optimization. 2016. Vol.66. – P. 35–51.

- [20] Grishagin V., Israfilov R., Sergeyev Y. Convergence conditions and numerical comparison of global optimization methods based on dimensionality reduction schemes // *Applied Mathematics and Computation*. 2018. Vol. 318. – P. 270–280.
- [21] Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Наука, 1975.
- [22] Васильев Ф.П. Лекции по методам решения экстремальных задач. – М.: Изд. МГУ, 1974.
- [23] Strongin R.G., Markin D.L. Minimization of multiextremal functions with nonconvex constraints // *Cybernetics*. 1986. Vol. 22. P. 486–493.
- [24] Баркалов К.А., Стронгин Р.Г. Метод глобальной оптимизации с адаптивным порядком проверки ограничений // *Ж. вычисл. Матем. и матем. физ.* 2002. Т.42. №9. – С. 1338–1350.
- [25] Gergel V.P., Grishagin V.A., Israfilov R.A. // Local tuning in nested scheme of global optimization. *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 51. P.865–874.
- [26] Grishagin V.A., Sergeyev Y.D., Strongin R.G. Parallel characteristic algorithms for solving problems of global optimization // *Journal of Global Optimization*. 1997. Vol.10. No.2. P.185–206.
- [27] Sergeyev Y.D., Kvasov D.E., Mukhametzhano M.S. Emmmental-Type GKLS-Based Multiextremal Smooth Test Problems with Non-linear Constraints. In: Battiti R., Kvasov D., Sergeyev Y. (eds) *Learning and Intelligent Optimization. LION 2017*. 2017. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 10556. P. 383–388.
- [28] Gaviano M., Kvasov D.E., Lera D., Sergeyev Y.D. Algorithm 829: Software for generation of classes of test functions with known local and global minima for global optimization // *ACM Trans. Math. Software*. 2003. Vol.29. No. 4. P. 469–480.

APPLICATION OF THE ADAPTIVE DIMENSIONALITY REDUCTION SCHEME TO PROBLEMS OF MULTIEXTREMAL OPTIMIZATION WITH NONLINEAR CONSTRAINTS

K.A. Barkalov, A.A. Getmanskaya, R.A. Israphilov

Key words: multiextremal problems, global optimum, nonlinear constraints, nested optimization, index method.

A new method for solving the multidimensional multiextremal optimization problems with complicated nonlinear constraints is proposed. The algorithm is based on the adaptive scheme of reducing a multidimensional problem to a system of problems with lesser dimension combined with the index method for the constraint satisfaction which unlike the penalty function method does not require any coefficient adjustment and computation of all the constraints. A general scheme of the algorithm is described. Results of simulation experiments demonstrating the efficiency of the algorithm proposed are given.

Статья поступила в редакцию 27.11.2017 г.

УДК 519.876.5

Т.В. Гордяскина, доцент, к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Л.С. Грошева, доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

РЕАЛИЗАЦИЯ СИНХРОННОГО ДЕТЕКТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА TMS320C5510

Ключевые слова: цифровой радиотехнический сигнал, цифровое детектирование, сигнальный процессор.

Проводится анализ детектирования цифровых радиотехнических сигналов синхронным детектором, реализованным на сигнальном процессоре TMS320C5510.

В настоящее время выпускник вуза специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, должен обладать профессиональными компетенциями, в частности (ПК-26): способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности на основе информационного поиска и анализа информации по объектам исследований.

Процесс формирования профессиональных компетенций у студентов состоит в поэтапном изучении моделей объектов профессиональной деятельности – от теоретического изучения основ функционирования модели до компьютерного моделирования в программной среде Matlab и натурного эксперимента с использованием аппаратно-программного комплекса (АПК) DSK-5510.

В качестве объекта профессиональной деятельности рассмотрим радиотехнический канал связи. Общепринятая структура радиотехнического канала связи представлена на рис. 1. [1] Остановимся более подробно на исследовании процесса детектирования цифрового радиосигнала на приемной стороне канала связи.

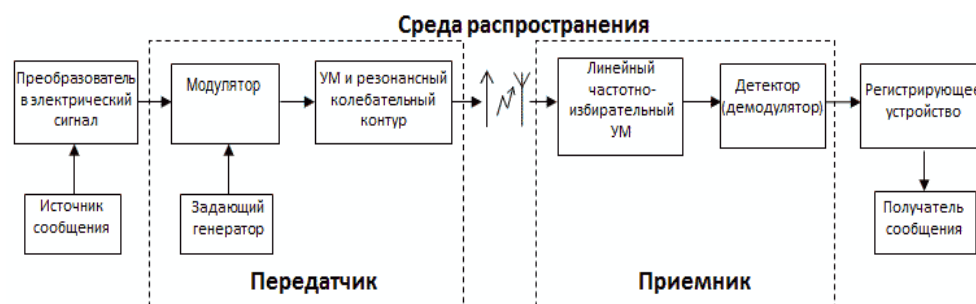


Рис. 1. Упрощенная структура радиотехнического канала связи

Теоретическое исследование. Принятый радиосигнал (например, амплитудно-модулированный сигнал, рис. 2) после прохождения частотно-избирательной системы (полосового фильтра) поступает на синхронный цифровой детектор. При приеме радиосигнала известной является только частота ω_n несущего сигнала, по этому параметру необходимо восстановить передаваемое низкочастотное сообщение (управляющий сигнал) частоты ω_y .

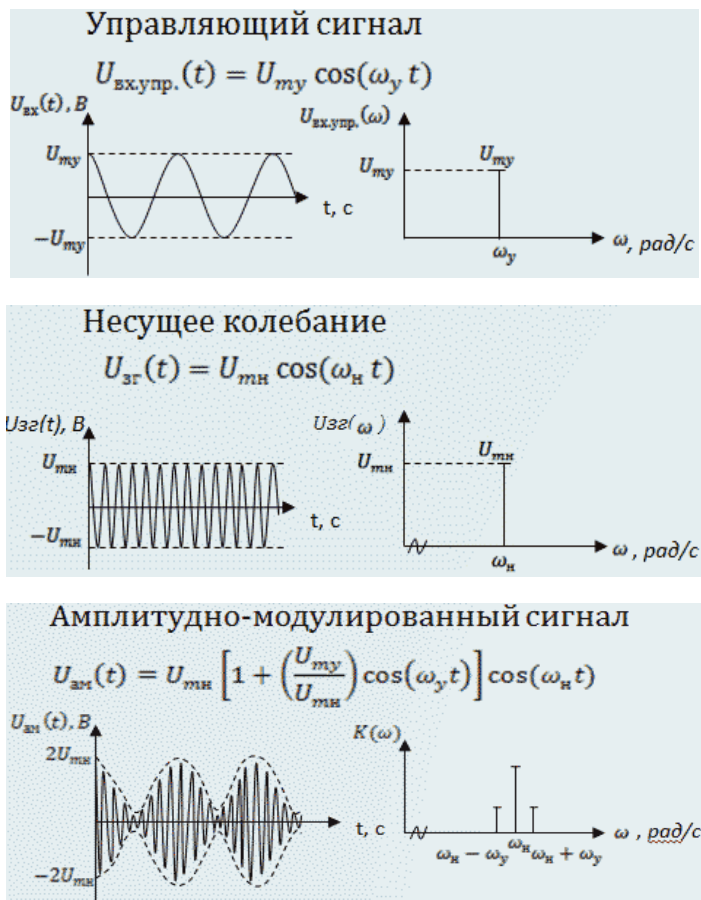


Рис. 2. Математическая модель формирования АМ-сигнала на передающей стороне канала связи

Процесс детектирования в цифровых системах осуществляется в два этапа:

1) спектр входного сигнала умножается на гармонику, расположенную на частоте несущего колебания, что преобразует его спектр как вниз, так и вверх по диапазону, что описывается уравнениями.

$$U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{ам}}(t) \cdot U_{\text{мн}}(t),$$

$$U_{\text{вых}}(t) = \frac{U_{\text{мн}}^2}{2} + \frac{U_{\text{мн}}^2}{2} \cos(\omega_y t) + \frac{U_{\text{мн}}^2}{2} [1 + M \cos(\omega_y t)] \cdot \cos(2\omega_n t).$$

2) управляющий сигнал выделяется цифровым низкочастотным фильтром (ФНЧ).

На рис. 3 приведены спектр и осциллограмма сигнала детектора после первого этапа (умножения на несущий сигнал) и после второго этапа (выделение управляющего сигнала фильтром низкой частоты).

Правильный выбор параметров фильтра низкой частоты (частоты дискретизации $f_{\text{дискр.}}$ и частоты среза) позволяет «подавить» высокочастотные гармоники, оставив без изменения низкочастотный управляющий сигнал. Приведенный анализ цифрового детектирования АМ-сигнала демонстрирует получение передаваемого сообщения на приемной стороне канала связи без искажений.

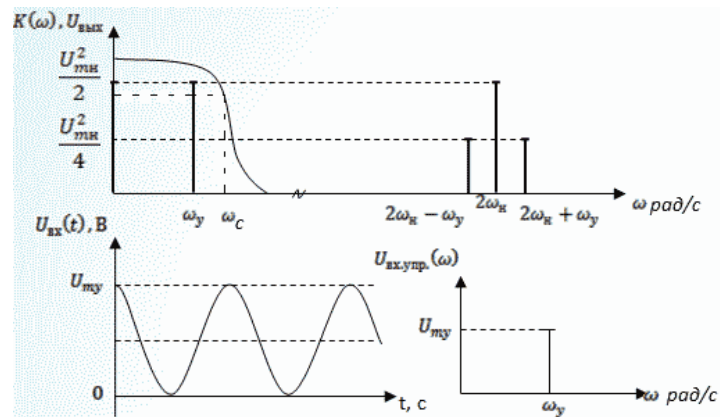


Рис. 3. Спектральное представление сигнала на выходе детектора: ω_c – частота среза ФНЧ

Дальнейшее исследование цифрового детектирования в среде Matlab проводим с учетом параметров кодера АПК DSK-5510. Частота дискретизации кодера равна 48 кГц, что позволяет оцифровывать аналоговые сигналы звукового диапазона частот в соответствии с требованиями теоремы В.А. Котельникова ($f_{\text{дискр.}} \geq 2f_{\text{верхн.}}$, где $f_{\text{верхн.}}$ – максимальная частота в спектре преобразуемого сигнала).

Математическая модель процесса синхронного детектирования позволяет студентам рассчитать параметры радиотехнических устройств в канале связи.

Компьютерное моделирование в Matlab. [2,3]. При реализации радиотехнического канала в Matlab (рис. 4.), используются следующие параметры сигналов: источник сообщений формирует гармонический сигнал с управляющей частотой 400 Гц, задающий генератор формирует гармонический сигнал с несущей частотой 6 кГц, модулятор формирует радиосигнал с однтональной амплитудной модуляцией, частота дискретизации 48 кГц; регистрирующие устройства – осциллограф и анализатор спектра [4, 5].

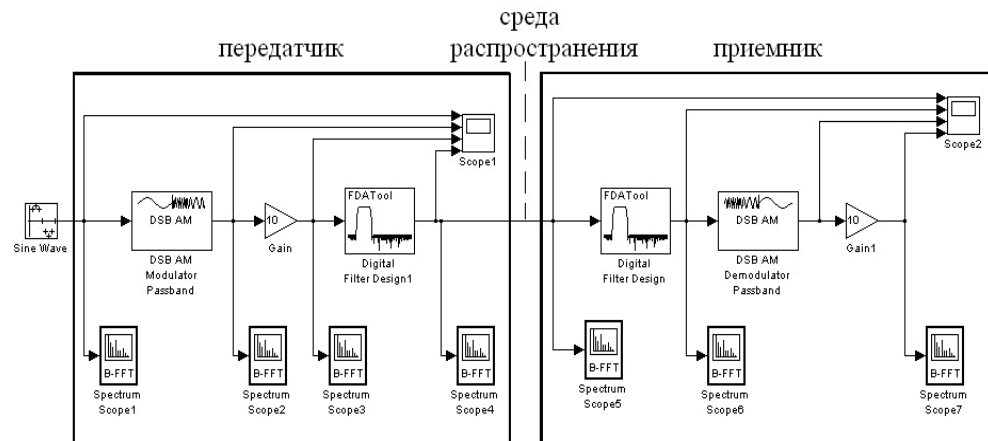


Рис. 4. Исследуемый радиотехнический канал связи с амплитудной модуляцией

Спектр сформированного АМ-сигнала расположен в звуковом диапазоне частот, но является относительно узкополосным (ширина спектра 800 Гц значительно меньше частоты несущего сигнала 6000 Гц) и его можно рассматривать как модель при изучении процессов преобразования в канале связи (рис. 4).

Результаты моделирования процесса преобразования сигнала в радиотехническом канале связи приведены на рис. 5–7.

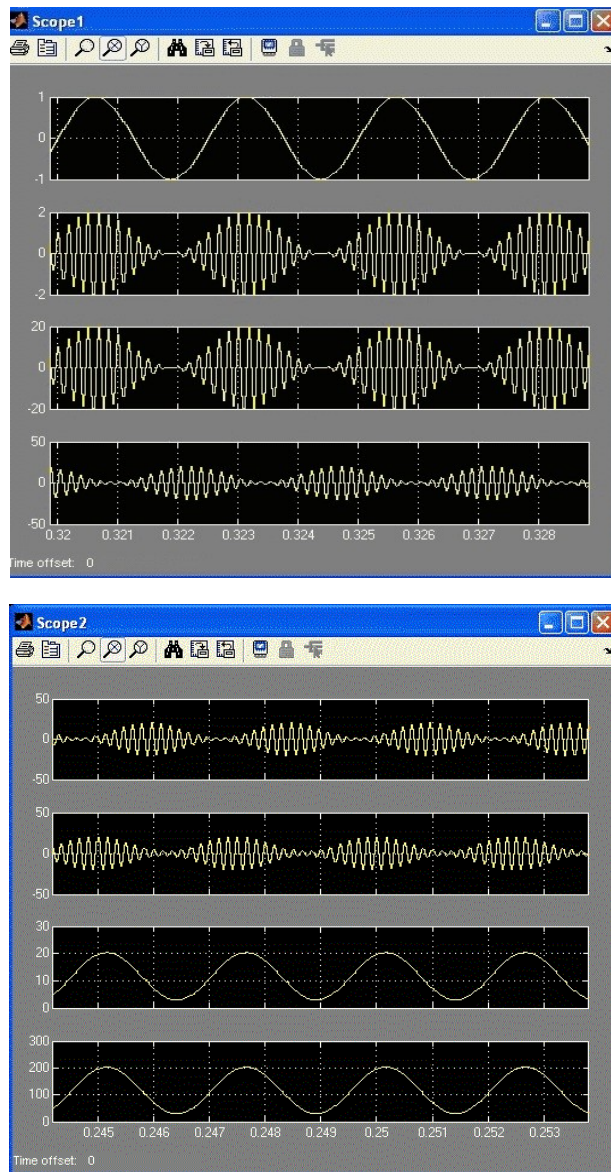


Рис. 5. Осциллограммы сигнала в радиотехническом канале связи

На правом рисунке приведены осциллограммы в передающем устройстве (верхний график – управляющий сигнал на входе модулятора, следующий график – АМ-сигнал на выходе модулятора, ниже – АМ-сигнал после усилителя, нижний график – сигнал на выходе передающего устройства после полосового фильтра). На левом рисунке приведены осциллограммы в приемном устройстве (верхний график – входной сигнал, следующий график – АМ-сигнал на выходе полосового фильтра - входной частотно-избирательной цепи, ниже – управляющий сигнал после детектирования, нижний график – сигнал на выходе приемного устройства после усилителя).

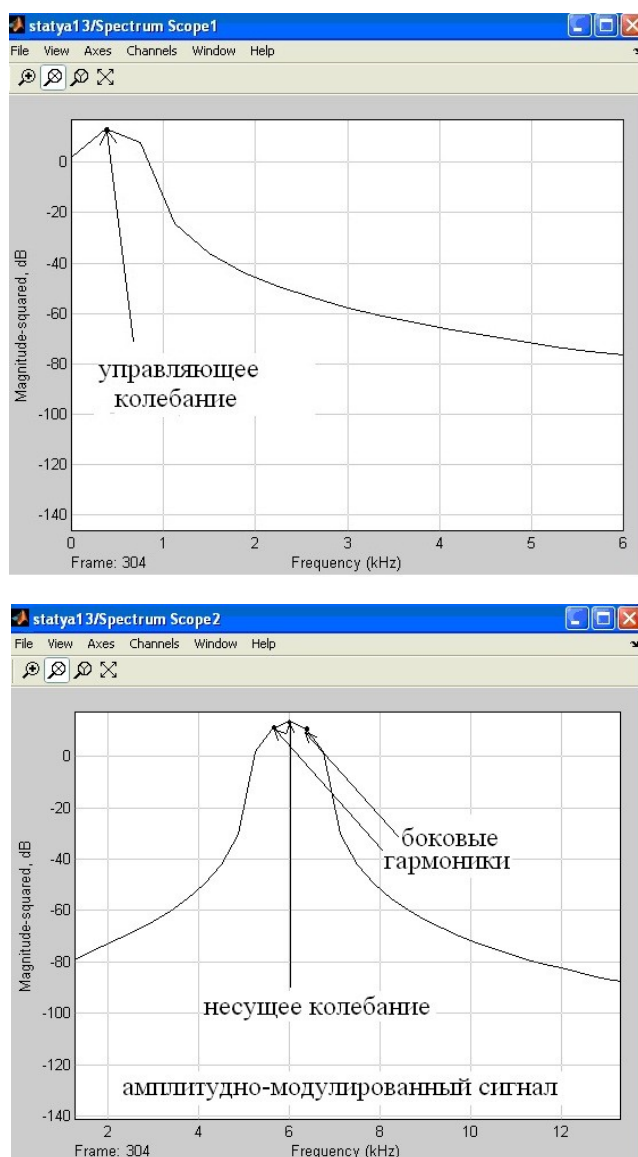


Рис. 6. Спектры управляющего и модулированного сигналов в передающем устройстве

Результаты компьютерного моделирования полностью подтверждают теоретический расчет, то есть на выходе синхронного детектора сформирован сигнал с частотой 400 Гц (высокочастотные гармоники на частоте $2f_{\text{нес}}$ ослаблены фильтром низкой частоты на 20 дБ).

Проведение компьютерного моделирования объекта профессиональной деятельности (радиотехнического канала связи) позволяет студентам исследовать различные параметры сигналов и устройств, проанализировать процессы в разных диапазонах частот. [6]

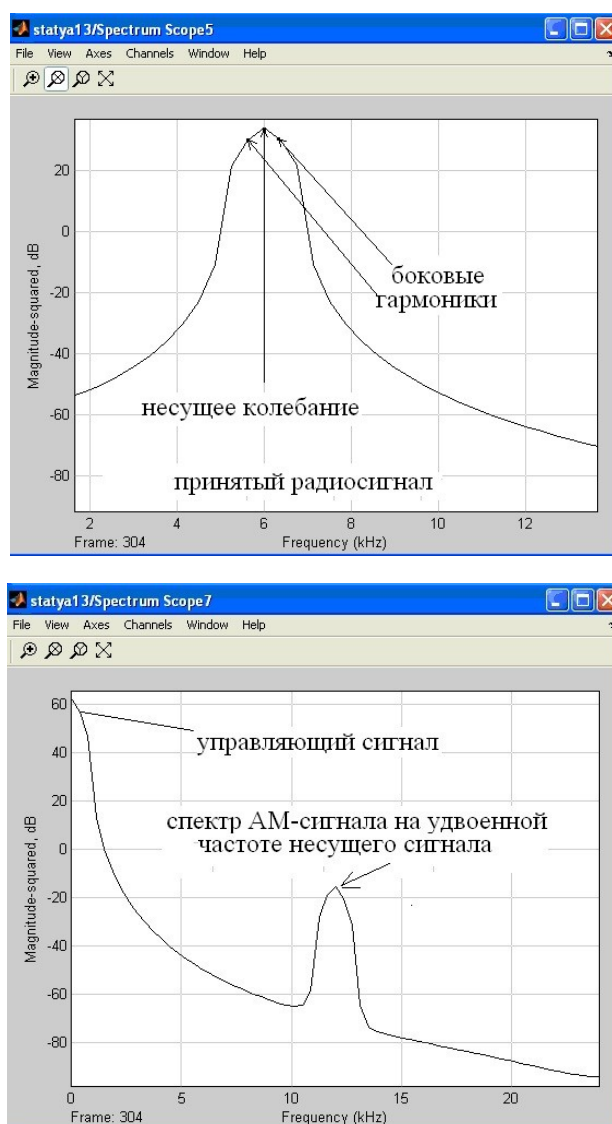


Рис. 7. Спектры модулированного и детектированного сигналов в приемном устройстве

Натурный эксперимент – реализация синхронного цифрового детектора на цифровом сигнальном процессоре TMS320C5510. При реализации синхронного цифрового детектора воспользуемся АПК DSK-5510 с частотой дискретизации кода 48 кГц. [7, 8] Параметры входного АМ-сигнала: частота несущего колебания 6 кГц, частота управляющего колебания 400 Гц задаются внешним генератором GFG-8255A.

В структуре детектора программным способом реализованы:

- умножитель АМ-сигнала на несущее колебание
- цифровой нерекурсивный фильтр низкой частоты, выделяющий из спектра произведения передаваемое низкочастотное сообщение.

Передача информационных потоков приведена на рис. 8.

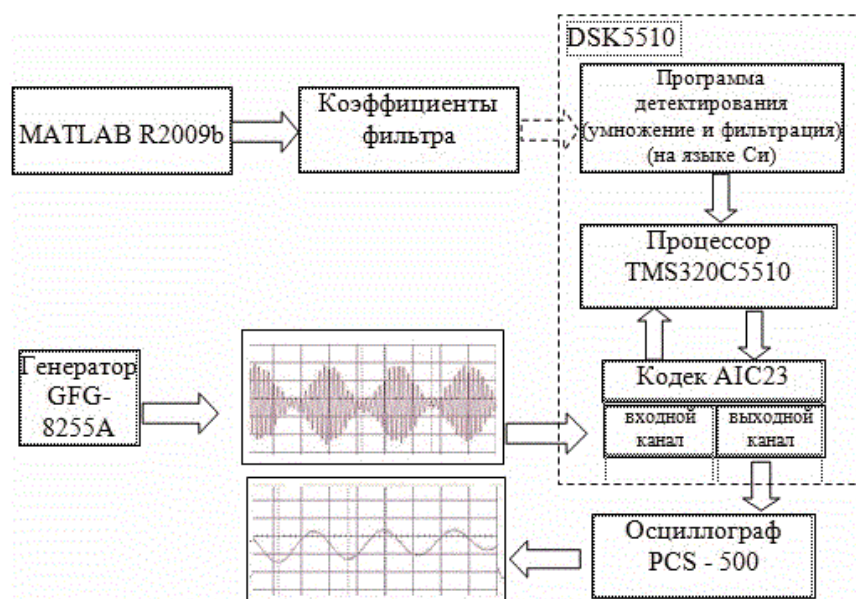


Рис. 8. Направления передачи информационных потоков в АПК DSK-5510

Фото лабораторной установки представлено на (Рис. 9.)



Рис. 9. Лабораторная установка реализации синхронного детектора на DSK5510

АМ-сигнал с генератора GFG-8255A подается на АПК DSK5510 и поступает на вход кодека AIC23 (Рис. 10). В кодеке осуществляется дискретизация сигнала с частотой 48 кГц и передача его в цифровом виде по последовательному каналу связи на сигнальный процессор TMS320C5510.

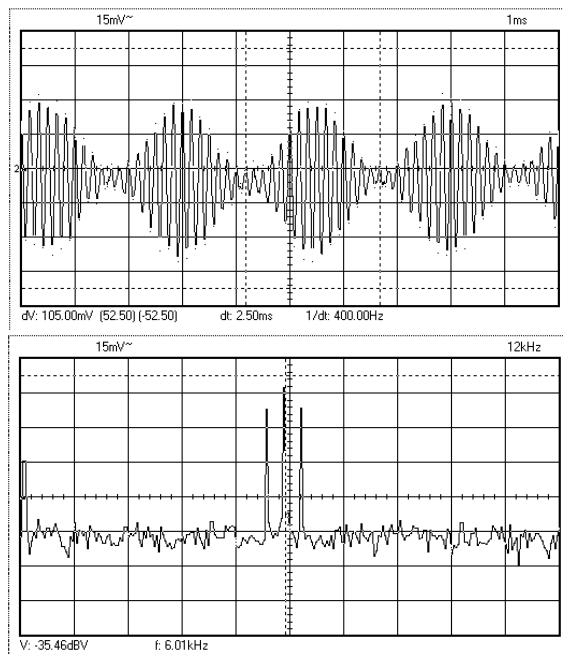


Рис. 10. Осциллограмма и спектр АМ-сигнала на входе детектора

Управляющая программа осуществляет прием отсчетных значений, затем выполняет программную синхронизацию входного сигнала с программно-сгенерированным несущим колебанием (с целью обеспечения синхронного детектирования), затем выполняется операция умножения сигналов и результирующий сигнал (рис. 11) подается на цифровой рекурсивный фильтр низкой частоты ($f_{\text{среза}} \geq f_{\text{нпч}}$).

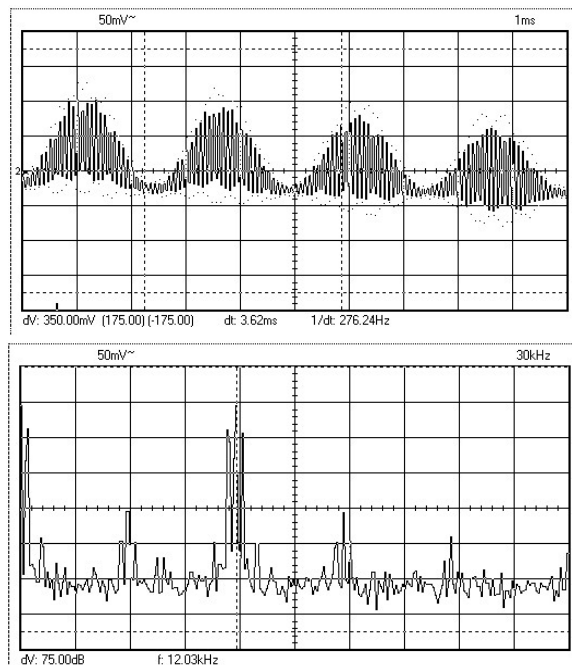


Рис. 11. Осциллограмма и спектр произведения АМ и несущего сигналов в детекторе

На выходе цифрового фильтра формируется низкочастотное передаваемое сообщение, которое выдается на выходной канал кодека AIC23 и поступает на осциллограф PCS-500 (рис. 12).

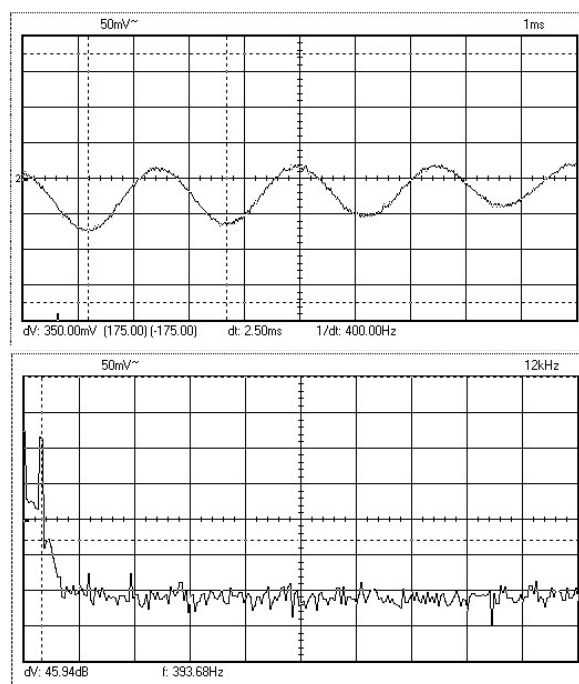


Рис. 12. Осциллограмма и спектр детектированного сигнала на выходе детектора

Натурный эксперимент по реализации синхронного детектора в реальной цифровой системе – АПК DSK-5510 позволяет студентам приобрести практические навыки синтеза цифровых устройств.

Проведенное исследование процесса преобразования сигнала в радиотехническом канале связи позволяет углубить теоретические основы классической теории радиотехнических цепей и сигналов. Предложенная методика и результаты исследований внедрены в учебный процесс при изучении дисциплин «Радиотехнические цепи и сигналы» и «Прикладные задачи цифровой обработки сигналов».

Список литературы:

- [1] Ипатова Н.В., Ипатов А.А., Гордяскина Т.В. Исследование процесса преобразования сигналов в радиотехническом канале связи с использованием программной среды Matlab Simulink R2009B. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 51.– Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017г. – С. 30–36.
- [2] Шелухин О.И., Иванов Ю.А., Арсеньев А.В., Ненахов К.А. Разработка программного обеспечения для имитационного моделирования системы широкополосного доступа WiMAX в среде MATLAB Simulink// Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т.6. №3. С. 25–35.
- [3] McEliece R.J., and Stark W.E., Channels with block interference //IEEE Transactions on Information Theory. 2000. Vol. 46.No.2. P. 325–343. March.
- [4] Couch L.W., Digital and Analog Communication Systems, 6th edition, Prentice Hall. 2001.
- [5] Schumacher L., Kermoal J.P., Mogensen P. E. and Frederiksen F.A. Stochastic MIMO Radio Channel Model with Experimental Validation //IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2002. Vol. 20.No. 6. P. 1211-1226. August.

[6] Goldsmith J., and Chua S.G., Adaptive Coded Modulation for Fading Channels // IEEE Transactions on Communications, 1998. Vol. 46. No. 5. P. 595–602. May.

[7] Техническая документация Texas Instruments. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ti.com/product/TMS320C5515/technicaldocuments>.

[8] Техническая документация Code Composer Studio Development Tools v3.3. Getting Started Guide / spru509h.pdf – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ti.com/litv/pdf/spru509h>

IMPLEMENTATION OF A SYNCHRONOUS DETECTOR WITH THE USE OF THE SIGNAL PROCESSOR TMS320C5510

T.V. Gordyaskina, L.S. Grosheva

Keywords: *digital radio signal, digital detection, signal processor.*

The authors carry out an analysis of digital radio signals detection by a synchronous detector, with the use of a signal processor TMS320C5510.

Статья поступила в редакцию 25.12.2017 г.

УДК 519.21 + 519.71

Е.В. Пройдакова, к. ф.-м. н., доцент Института информационных технологий математики и механики ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»

А.А. Рыбакова, магистрант Института информационных технологий математики и механики ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ С АЛГОРИТМОМ ПРОПУСКА ОЧЕРЕДЕЙ

Ключевые слова: адаптивная управляющая система, алгоритм пропуска очередей, конфликтные потоки требований, имитационное моделирование.

В статье изучается адаптивная система управления конфликтными транспортными потоками на основе алгоритма пропуска очередей. Исследование проводится аналитически, а также численно, с помощью метода имитационного моделирования, также решается задача оптимизации рассматриваемого адаптивного алгоритма.

Постановка задачи на физическом уровне

В данной статье рассматривается управляющая система обслуживания с двумя независимыми и конфликтными транспортными потоками P_1 , P_2 на пересечении магистралей. Обслуживание машин (требований, заявок) из конфликтных потоков происходит в непересекающиеся промежутки времени. Под обслуживанием машин понимается их переезд через перекресток. Предполагаем, что выходные потоки P_1 и P_2 являются простейшими (Пуассоновскими) с интенсивностями λ_1 и λ_2 соответственно. Под интенсивностью потока λ_j , $j = 1, 2$ будем понимать количество машин, поступающих на перекресток в единицу времени. Очереди по потокам разрешены неограниченные. Смена состояний обслуживающего устройства (светофора) осуществляется последовательно, согласно адаптивному алгоритму, предусматривающему пропуск очередей, образовавшихся в период действия запрещающего сигнала светофора [1].

Для реализации алгоритма на перекрестке по каждому направлению устанавливаются два типа детекторов: D_1 и D_2 . Детекторы типа D_1 располагают на подъезде к перекрестку (рис. 1), они считывают идентификационные номера автомобилей (например, государственные регистрационные номера) в момент проезда и вносят их в память. Детекторы типа D_2 необходимы для учета автомобилей, покидающих перекресток, и располагаются непосредственно на границе перекрестка.

Работа адаптивного алгоритма осуществляется согласно описанным ниже шагам.

Шаг 1. Во время работы красной фазы светофора детекторы типа D_1 считывают номера проехавших через них автомобилей и фиксируют их в список (рис. 1). В итоге формируются очереди l_1, l_2 по первому и второму потокам соответственно, причем $l_1 = l'_1 + l'_3$ и $l_2 = l'_2 + l'_4$, где l'_1, l'_2, l'_3, l'_4 – очереди по каждому из направлений для каждой из пересекающихся дорог.

Шаг 2. В момент, когда загорается зеленый свет, детектор D_1 прекращает записывать номера в список, а детектор D_2 начинает удалять из списка номера автомобилей проезжающих через него и покидающих перекресток.

Шаг 3. В момент, когда последний из автомобилей проезжает через детектор D_2 и список становится пустым, светофор переключается на красную фазу, т.е. запрещено обслуживание данного потока и переходит в начало цикла (шаг 1 для конфликтного транспортного потока). Это же происходит в случае, если срабатывает установленное ограничение на максимальную длительность обслуживающей фазы для данного направления, равное $T_j^{\max}$, $j = 1, 2$.

Если указанный алгоритм переходит в режим, при котором длительность разрешающего сигнала обслуживающего устройства по потокам регулярно принимает значение, равное $T_j^{\max}$, $j = 1, 2$, то, фактически, он перестает функционировать как адаптивный и начинает работать как простейший циклический с фиксированным ритмом.

Стоит отметить, что указанный адаптивный алгоритм уже используется для управления транспортом на территории РФ.

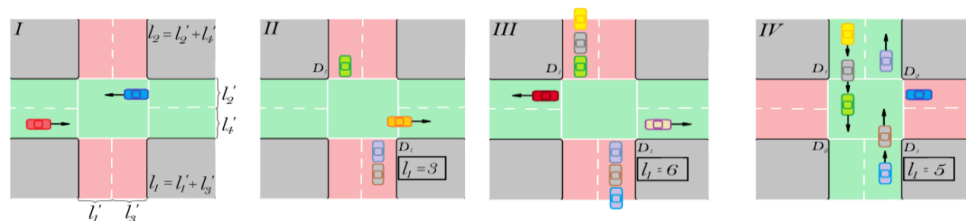


Рис. 1. Работа адаптивного алгоритма в динамике

Построение математической модели

Для построения математической модели исследуемой системы управления конфликтными транспортными потоками применялся кибернетический подход [2]. Согласно основным методологическим положениям кибернетического подхода, характеристики системы изучались в дискретные моменты времени τ_i , $i = 0, 1, \dots$ переключений состояний обслуживающего или на каждом из промежутков $[\tau_i, \tau_{i+1})$. Схема исследуемой управляющей системы, построенная согласно кибернетическому подходу, представлена на рис. 2.

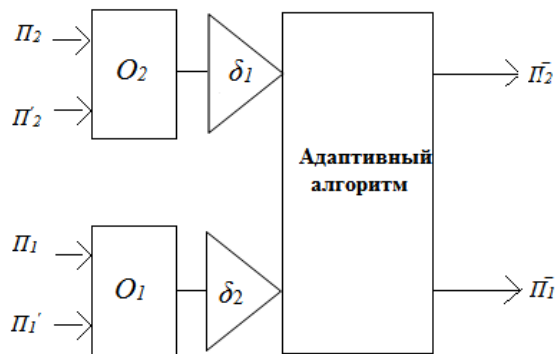


Рис. 2. Схема адаптивной управляющей системы

В схеме выделяются следующие блоки:

- входные потоки Π_1, Π_2 первичных требований – *входные полюсы первого типа*;
- потоки насыщения Π_1, Π_2 (виртуальные выходные потоки, возникающие в системе при ее максимальной загрузке и эффективном функционировании, характеризуют пропускную способность системы) – *входные полюсы второго типа*;
- накопители O_1, O_2 очередей по входным потокам – *внешняя память*;
- устройства δ_1, δ_2 по организации дисциплины очередей в накопителях или стратегии механизма обслуживания – *блок по переработке информации внешней памяти*;
- обслуживающее устройство с двумя состояниями $\Gamma^{(1)}, \Gamma^{(2)}$ – *внутренняя память*;
- адаптивный алгоритм смены состояний обслуживающего устройства – *блок по переработке информации внутренней памяти*;
- выходные потоки Π_1, Π_2 обслуженных требований – *выходные полюсы*.

Для математического описания блоков схемы управляющей системы определим на некотором вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, P(\cdot))$ при $j = 1, 2$ и $i = 0, 1, \dots$ следующие случайные величины и элементы:

- 1) $\eta_{j,i}$ – число заявок потока Π_j , пришедших за время $[\tau_i, \tau_{i+1})$ каждая дискретная случайная величина $\eta_{j,i}$ принимает свои значения из множества $X = \{0, 1, \dots\}$;
- 2) $\kappa_{j,i}$ – длина очереди по потоку Π_j в момент времени τ_i , $\kappa_{j,i}$ является дискретной случайной величиной со значениями из множества X ;
- 3) $\xi_{j,i}$ – максимально возможное число заявок, которое может быть обслужено за время $[\tau_i, \tau_{i+1})$ из очереди потока Π_j ; любая дискретная случайная величина $\xi_{j,i}$ принимает значения из множества $\{0, l'_j\}$, где l'_j – максимально возможное число машин потока Π_j , которое может проехать за время работы сигнала $\Gamma^{(2j)}$ и $l'_j = [\mu_j T_j^{\max}]$;
- 4) $\bar{\xi}_{j,i}$ – число реально обслуженных заявок по потоку Π_j за интервал времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$, $\bar{\xi}_{j,i}$ принимает значения из множества $\{0, 1, \dots, l'_j\}$;
- 5) Γ_i – состояние светофора на промежутке $[\tau_i, \tau_{i+1})$ каждый из случайных элементов Γ_i принимает значения из набора $\Gamma = \{\Gamma^{(1)}, \Gamma^{(2)}\}$. Здесь $\Gamma^{(1)}$ – это «зеленый» свет для потока Π_1 , в данном состоянии разрешается проезд автомобилей только из первого потока с интенсивностью обслуживания μ_1 ; $\Gamma^{(2)}$ – это «зеленый» свет для потока Π_2 , в данном состоянии проезжают автомобили только из второго потока с интенсивностью обслуживания μ_2 . Интенсивность обслуживания μ_j соответствует количеству машин, выезжающих с перекрестка по потоку Π_j в единицу времени.

Так как входные потоки Π_1 и Π_2 считаем пуассоновскими с параметрами λ_1 и λ_2 соответственно, то для числа машин, подходящих к стоп - линии по встречному и попутному направлению справедливы соотношения:

$$P(\eta_{j,i} = u_j | \Gamma_i = \Gamma^{(r)}) = (\lambda_j T_r)^{u_j} (u_j!)^{-1} \exp\{-\lambda_j T_r\} = \varphi_j(u_j, T_r), j = 1, 2.$$

Для случайной величины $\xi_{j,i}$ можно записать вырожденное условное распределение вида $P(\xi_{j,i} = v_j | \Gamma_i = \Gamma^{(r)}) = \beta_j(v_j, \Gamma^{(r)}), j = 1, 2$, где

$$\beta_j(v_j, \Gamma^{(r)}) = \begin{cases} 1, & \text{при } v_j = l'_j, r = j; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Стратегия механизма обслуживания формализует работу элементов $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m$ и представляет собой функциональную зависимость, которая по очереди, потоку насыщения и потоку заявок указывает, сколько требований на самом деле обслужилось.

Для случайной величины $\bar{\xi}_{j,i}$ справедливо соотношение: $\bar{\xi}_{j,i} = \min\{l'_j, \kappa_{j,i}\}$.

Переключение из состояния $\Gamma^{(1)}$ в состояние $\Gamma^{(2)}$ происходит в случае, если все автомобили из накопившейся очереди проехали перекресток (при этом автомобили, подъехавшие за период «зеленого» сигнала, не учитываются) либо если превышено максимальное значение T_1^{max} .

Введем в рассмотрение функцию $U(\Gamma^{(r)}, w_1, v_1, w_2, v_2)$ следующим образом:

$$U(\Gamma^{(r)}, w_1, v_1, w_2, v_2) = \begin{cases} \Gamma^{(1)}, & \text{при } r = 2, w_2 - v_2 = 0; \\ \Gamma^{(1)}, & \text{при } r = 2, w_2 - v_2 > 0, v_2 = l'_2; \\ \Gamma^{(2)}, & \text{при } r = 1, w_1 - v_1 = 0; \\ \Gamma^{(2)}, & \text{при } r = 1, w_1 - v_1 > 0, v_1 = l'_1. \end{cases}$$

Тогда зависимость Γ_{i+1} от Γ_i определяется рекуррентным соотношением $\Gamma_{i+1} = U(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{2,i}, \bar{\xi}_{1,i}, \bar{\xi}_{2,i}), i = 0, 1, \dots$

Очередь в момент времени τ_{i+1} будет складываться из очереди в момент τ_i , плюс заявки, пришедшие за интервал $[\tau_i, \tau_{i+1})$, и минус те, которые обслужились на этом интервале. Таким образом, для случайной величины $\kappa_{j,i}$ при $i = 0, 1, \dots, j = 1, 2$, будет справедливо:

$$\kappa_{j,i+1} = \kappa_{j,i} + \eta_{j,i} - \bar{\xi}_{j,i} = \kappa_{j,i} + \eta_{j,i} - \min\{l'_j, \kappa_{j,i}\} = \max\{\kappa_{j,i} + \eta_{j,i} - l'_j, \eta_{j,i}\}.$$

Состояние системы по потоку Π_j на промежуток времени $[\tau_i, \tau_{i+1})$ будем характеризовать пятимерным случайным вектором $(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{2,i}, \bar{\xi}_{1,i-1}, \bar{\xi}_{2,i-1})$. Считаем, что в момент времени τ_0 задано начальное распределение для вектора $(\Gamma_0, \kappa_{1,0}, \kappa_{2,0}, \bar{\xi}_{1,-1}, \bar{\xi}_{2,-1})$. Тогда поведение исследуемой адаптивной системы описывается случайной последовательностью $\{(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{2,i}, \bar{\xi}_{1,i-1}, \bar{\xi}_{2,i-1}); i = 0, 1, \dots\}$. Для полученной последовательности были доказаны некоторые утверждения.

Утверждение 1.

Для пятимерной случайной векторной последовательности

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

справедливо следующее рекуррентное соотношение:

$$(\Gamma_{i+1}, \kappa_{1,i+1}, \kappa_{2,i+1}, \bar{\xi}_{1,i}, \bar{\xi}_{2,i}) = \\ = (U(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{2,i}, \bar{\xi}_{1,i}, \bar{\xi}_{2,i}), \max\{\kappa_{1,i} + \eta_{1,i} - l'_1, \eta_{1,i}\}, \max\{\kappa_{2,i} + \eta_{2,i} - l'_2, \eta_{2,i}\}, \min\{l'_1, \kappa_{1,i}\}, \min\{l'_2, \kappa_{2,i}\}).$$

Утверждение 2

При заданном распределении начального вектора $(\Gamma_0, \kappa_{1,0}, \kappa_{2,0}, \bar{\xi}_{1,-1}, \bar{\xi}_{2,-1})$ случайная последовательность $\{(\Gamma_i, \kappa_{1,i}, \kappa_{2,i}, \bar{\xi}_{1,i-1}, \bar{\xi}_{2,i-1}); i = 0, 1, \dots\}$ является марковской.

Имитационное моделирование

Одновременно с аналитическим исследованием был поставлен кибернетический эксперимент: создана программа, являющаяся имитационной моделью изучаемой адаптивной управляющей системы [3]. Цель создания имитационной модели – получение численных оценок характеристик функционирования системы и её оптимизация по некоторому выбранному критерию. Имитационная модель также позволяет выявить области, в которых адаптивный алгоритм вырождается в алгоритм с фиксированным ритмом (простейший циклический), то есть когда длительности состояний обслуживающего устройства становятся равными фиксированной величине $T_j^{\max}$, $j = 1, 2$.

В начале работы имитационной модели задаются следующие входные параметры:

– количество циклов, которое должна совершить система для вычисления результатов;

– общее время работы зелёного сигнала для каждого из потоков $T_j^{\max}$, $j = 1, 2$ (сек.);

– интенсивности λ_j , $j = 1, 2$ поступления заявок по потокам (требований/сек);

– интенсивности μ_j , $j = 1, 2$ обслуживания заявок по потокам (требований/сек).

По итогам работы имитационной модели, выводятся следующие результаты:

– среднее время ожидания начала обслуживания заявки по потокам M_j , $j = 1, 2$ (сек.);

– среднее время ожидания начала обслуживания произвольного требования

$$\gamma = \frac{\lambda_1 M_1 + \lambda_2 M_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \text{ (сек.);}$$

– отношение $t_{\text{отн}} = \frac{q}{Q} \cdot 100\%$,

где q – количество экспериментов, в которых длительность зеленого света по обоим направлениям приняла значение $T_j^{\max}$, $j = 1, 2$, а

Q – количество всех экспериментов.

С помощью имитационной модели решалась задача оптимизации адаптивного алгоритма по критерию $\gamma \rightarrow \min$. Фрагменты полученных результатов для различных значений параметров λ_1 , λ_2 , $T_1^{\max}$, $T_2^{\max}$ и фиксированных интенсивностях обслуживания $\mu_1 = \mu_2 = 1, 2$ приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Результаты при $\lambda_1 = 0,1$, $\lambda_2 = 0,1$, $T_1^{\max} = 45$ и $T_2^{\max} = 50$

λ_1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
λ_2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
γ	42,39	35,44	29,65	36,16	31,47	25,91	16,71	26,05	22,48	20,54	18,11	14,63	11,58

Таблица 2

Результаты при $\lambda_1 = 0,1$, $\lambda_2 = 0,1$, $T_1^{max} = 35$ и $T_2^{max} = 30$

λ_1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
λ_2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
γ	51,76	37,54	35,47	41,21	38,96	37,24	31,37	32,19	22,48	29,27	18,11	16,55	14,67

Таблица 3

Результаты при $\lambda_1 = 0,4$, $\lambda_2 = 0,1$, $T_1^{max} = 65$ и $T_2^{max} = 60$

λ_1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
λ_2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
γ	82,71	74,7	68,72	74,17	75,55	69,66	49,45	71,32	68,16	59,83	65,46	58,84	56,79

Из таблиц 1–3 следует, что для интенсивностей $\lambda_1 = 0,1$, $\lambda_2 = 0,1$ при $T_1^{max} = 45$ и $T_2^{max} = 50$ наименьшее значение среднего времени ожидания начала обслуживания произвольной заявки будет равно $\gamma = 11,58$; аналогично для $\lambda_1 = 0,1$, $\lambda_2 = 0,1$ при $T_1^{max} = 35$ и $T_2^{max} = 30$ значение $\gamma = 14,67$, а для интенсивностей $\lambda_1 = 0,4$, $\lambda_2 = 0,1$ при значениях $T_1^{max} = 65$ и $T_2^{max} = 60$ наименьшее $\gamma = 49,45$.

Ниже приведены некоторые результаты, иллюстрирующие зависимость отношения $t_{отн}$ от входных параметров имитационной модели.

В таблицах 4–6 принята следующая шкала:

- в 0 – 30% случаев алгоритм реализует свою адаптивную функцию;
- в 31 – 50% случаев алгоритм вырождается в простейший циклический;
- в 51 – 80% случаев алгоритм вырождается в простейший циклический;
- в 81 – 100% случаев алгоритм работает как простейший циклический.

Таблица 4

Значения $t_{отн}$ при $T_1^{max} = 25$ и $T_2^{max} = 3$ и различных интенсивностях λ_1 , λ_2

$\lambda_2 \backslash \lambda_1$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,05	53,50%	70,50%	88,00%	74,50%	88,00%	77,00%	73,00%	74,50%	69,00%
0,1	53,50%	80,50%	91,00%	90,00%	88,00%	77,00%	73,00%	74,50%	69,00%
0,15	76,50%	70,50%	88,00%	74,50%	77,00%	93,50%	88,00%	95,50%	92,50%
0,2	84,50%	78,00%	88,00%	84,50%	95,00%	98,00%	97,00%	96,50%	93,50%
0,25	91,50%	87,00%	89,50%	96,50%	97,50%	96,50%	93,50%	99,00%	93,50%
0,3	78,00%	89,50%	93,50%	96,00%	96,50%	99,00%	99,00%	97,50%	96,50%
0,35	89,50%	89,50%	91,50%	95,50%	99,00%	97,50%	95,50%	96,50%	99,00%
0,4	87,00%	95,50%	92,50%	96,00%	98,50%	98,00%	96,50%	95,50%	95,00%
0,45	79,50%	99,00%	95,00%	98,00%	95,50%	98,00%	99,00%	100,0%	100,0%
0,5	89,50%	96,50%	96,50%	99,00%	99,00%	96,50%	98,00%	100,0%	100,0%

Таблица 4 отражает ситуацию, когда в преобладающем числе случаев адаптивный алгоритм теряет свою функцию и вырождается в циклический с фиксированным ритмом.

Таблица 5

Значения $t_{\text{отн}}$ при $T_1^{\text{max}} = 60$ и $T_2^{\text{max}} = 50$ и различных интенсивностях λ_1, λ_2

$\lambda_2 \backslash \lambda_1$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,1	5,00%	11,47%	15,00%	18,00%	24,50%	35,45%	34,00%	23,78%	24,00%
0,15	21,26%	33,50%	41,39%	37,50%	38,50%	47,00%	61,00%	36,14%	26,15%
0,2	28,00%	51,20%	48,96%	48,50%	39,45%	58,21%	79,12%	47,75%	28,45%
0,25	42,93%	47,50%	53,12%	53,96%	61,14%	75,50%	75,01%	68,41%	52,19%
0,3	48,52%	54,00%	56,21%	54,00%	63,12%	81,23%	94,00%	71,39%	79,27%
0,35	52,00%	56,50%	57,49%	63,20%	66,00%	77,50%	83,20%	78,12%	83,00%
0,4	47,62%	59,30%	58,60%	58,00%	69,45%	74,22%	88,10%	90,00%	91,12%
0,45	50,28%	61,30%	66,31%	67,00%	69,20%	87,45%	82,45%	90,14%	91,78%
0,5	59,36%	62,40%	69,76%	71,45%	76,14%	79,64%	86,12%	91,47%	96,14%

Из таблицы 5 видно, что при указанных параметрах адаптивный алгоритм сохраняет свою функцию примерно в половине случаев.

Таблица 6

Значения $t_{\text{отн}}$ при $T_1^{\text{max}} = 90$ и $T_2^{\text{max}} = 100$ и различных интенсивностях λ_1, λ_2

$\lambda_2 \backslash \lambda_1$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,1	0,00%	0,00%	0,00%	1,50%	0,50%	4,00%	6,50%	6,00%	13,00%
0,15	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%	2,00%	5,50%	6,00%	13,00%	10,00%
0,2	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%	4,50%	3,50%	8,00%	13,00%	10,50%
0,25	1,00%	0,50%	1,00%	3,50%	3,50%	5,00%	8,00%	15,00%	19,00%
0,3	5,50%	7,50%	3,00%	8,00%	8,00%	12,00%	17,00%	16,50%	22,50%
0,35	6,50%	14,50%	10,50%	18,50%	13,50%	17,00%	20,50%	25,50%	30,00%
0,4	12,00%	14,00%	12,50%	20,50%	23,50%	21,00%	31,00%	32,50%	40,00%
0,45	24,00%	20,00%	24,00%	25,00%	24,00%	37,50%	35,50%	51,50%	52,00%
0,5	27,50%	20,00%	28,00%	29,50%	38,00%	47,00%	45,50%	52,50%	51,50%

Таблица 6 иллюстрирует ситуацию, где практически в 100% случаев алгоритм выполняет свою адаптивную функцию.

Список литературы:

- [1] Кретов А.Ю. Обзор некоторых адаптивных алгоритмов светофорного регулирования перекрестков // Известия Тульского государственного университета. – Технические науки, 2013
- [2] Пройдакова Е.В. Подход Ляпунова-Яблонского как метод исследования приоритетной управляющей системы обслуживания. Труды IX Международной конференции «Дискретные модели в теории управляющих систем», Москва и Подмосковье 20–22 мая 2015 г. – М.: МАКС Пресс, 2015.
- [3] Пройдакова Е.В. Численное исследование циклической и приоритетной систем управления конфликтными потоками требований // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 3(1). – С. 199–205.

TRAFFIC CONTROL ADAPTIVE SYSTEM WITH QUEUE PASSING ALGORYTHM

E.V. Proidakova, A.A. Rybakova

Keywords: *control adaptive system, queue passing algorithm, cyclic control system, imitating simulation.*

The article deals with the adaptive control system of conflicting traffic flows based on the algorithm of passing queues. The study is carried out analytically, as well as numerically, by means of the simulation method, the problem of optimization of the considered adaptive algorithm is also solved.

Статья поступила в редакцию 19.10.2017 г.

Раздел II

**Судостроение, судоремонт
и экологическая безопасность судна**

Section II

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

УДК 629.5.081.4

И.Н. Лучков, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

КОНЦЕПЦИЯ ЛИСТОГИБОЧНОЙ МАШИНЫ С ЧПУ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Ключевые слова: корпусообработывающий цех; гибка листов; листогибочное оборудование.

В статье предложена концепция принципиально нового листогибочного оборудования для заготовительных цехов судостроительных верфей. Приведены его схема и описание.

Обшивка корпусов современных судов может включать до 85% криволинейных листов: цилиндрических, конических, парусовидных, седлообразных и т.д. Поэтому одним из важнейших элементов технологического процесса изготовления листовых корпусных деталей является именно их формообразование. Современные технологические процессы гибки характеризуются сложностью применяемых технологий, уникальностью используемого гибочного оборудования и непосредственным влиянием качества формообразования деталей на трудоёмкость и себестоимость последующих сборочных работ, а также на надёжность и долговечность изготавливаемых корпусных конструкций.

Для изготовления гнутых элементов обшивки обычно применяют свободную гибку, которая основана на последовательном упругопластическом изгибе отдельных участков заготовок под действием внешних или внутренних усилий. При этом большая часть мощности (до 90 %) тратится на упругое последствие [1]: пружинение и создание поля взаимно уравновешенных остаточных напряжений по всем поперечным сечениям, подвергнутым изгибу. Высокие значения потребляемой мощности приводят к значительной фондо-, метало- и энергоёмкости применяемых технологий гибки.

Наряду со свободной гибкой в судостроении накоплен некоторый положительный опыт гибки деталей методами минисилового бесштампового ротационно-локального деформирования [2, 3]. Энергия здесь затрачивается на пластическое деформирование заготовки только в очаге пластических деформаций и почти не распространяется на упругое деформирование в соседних участках листа. Благодаря локальному характеру нагружения деформации сосредотачиваются в ограниченной области непосредственно под нажимным роликом. При этом затрачиваемые на гибку усилия снижаются в 15–20 раз, облегчается конструкция гибочной машины, снижается её установленная мощность при сохранении производительности, а металлоёмкость оснастки снижается до 100 раз. Немаловажным является и то, что внутренняя структура металла по сравнению, например, с гибкой на прессах, остаётся более однородной и уменьшаются остаточные напряжения. Это делает гнутые листы более податливыми при последующих сборочных работах [1].

Важное значение имеет и выбранный способ гибки. В корпусообработывающих цехах верфей наиболее распространена так называемая «холодная» гибка без нагрева заготовки. Ограниченно используется и «горячая» гибка с общим нагревом всей заготовки, а также гибка местными нагревами.

Таким образом, в современных корпусообработывающих цехах для гибки применяют различные типы листогибочного оборудования, принцип действия которого основан на одном или комбинации нескольких из описанных выше принципов. Основными типами оборудования являются [1–3]:

- 1) листогибочные вальцы;
- 2) консольные гидравлические прессы;
- 3) порталные гидравлические прессы (в том числе многоплунжерные);
- 4) кромкогибочные прессы;
- 5) многофункциональные гибочно-правильные станки;
- 6) машины с ротационно-локальным принципом деформирования;
- 7) станды для гибки местными нагревами.

В связи с общемировыми тенденциями на расширение использования ЧПУ, в том числе при формообразовании деталей, особый интерес представляет оборудование, перспективное с точки зрения полной автоматизации всех гибочных операций. Это позволит роботизировать гибку деталей, путём создания робототехнических комплексов (РТК) и гибких производственных модулей (ГПМ), а на их основе автоматизированных гибочных участков (ГАУ). Актуальность такой работы подчёркивает необходимость обеспечения требований Федерального закона о техническом регулировании и стандартов в области менеджмента качества серии ISO 9000 и экологического менеджмента серии ISO 14000.

Анализ применяющегося в настоящее время на отечественных верфях листогибного оборудования различных типов показывает, что: 1) значительная часть станочного и машинного парка устарела не только физически, но и морально; 2) оборудованию, функционирующему на различных физических принципах, присущи определённые недостатки, как правило, выражающиеся в парадоксальных закономерностях (либо высокие фондо- и энергоёмкость при относительной простоте конструкции машины и управлении процессом гибки, либо, напротив, низкие фондо- и энергоёмкость при высокой сложности управления и обслуживания). То есть, актуальным является вопрос создания принципиально нового гибочного оборудования, в котором совмещались бы достоинства существующего и уже хорошо себя зарекомендовавшего оборудования, но не имело присущих ему недостатков.

На средне- и малотоннажных судах (именно такие суда составляют основу отечественного транспортного флота) обшивку, как правило, конструируют из листов толщиной не более 10–12 мм [4; 5]. Примерно такой же диапазон толщин рассматривается и зарубежными авторами, например, в работах [6–10]. Поэтому перспективное листогибное оборудование в первую очередь следует разрабатывать для диапазона толщин до 12 мм.

Ниже излагается концепция такой листогибочной машины с ЧПУ для бесшаблонного и бесштампового формообразования листовых деталей сложной формы из углеродистых и низколегированных сталей различных марок. Концепция машины предполагает комбинированный принцип действия, сочетающий достоинства свободной минисиловой бесштамповой гибки на многоплунжерном прессе и гибки локальными нагревами. Принципиальная конфигурация машины пояснена на рисунке 1.

Изображённая листогибочная машина-автомат представляет собой секционированную стальную платформу большой жёсткости с встроенными электромагнитами и вертикально-подвижными цилиндрическими секциями (плунжерами) со сферическими поверхностями в верхней части. В сферические поверхности плунжеров, в свою очередь, встроены удерживающие электромагниты большой держащей силы с устройствами для высокочастотного индукционного нагрева токами высокой частоты (ТВЧ) локальных участков размещаемого на этих поверхностях изгибаемого листа. Схема плунжера представлена на рисунке 2.

Сферическая поверхность верхней части плунжера позволяет изгибать металл без повреждения его поверхности. Для предотвращения излишних деформаций при сложных изгибах применён локальный нагрев ТВЧ. Локализация участков нагрева по листу и их количество должны определяться в зависимости от марки материала, формы, размеров и кривизны изготавливаемых деталей. Технология использования местных нагревов подробно описана, например, в работе [5].

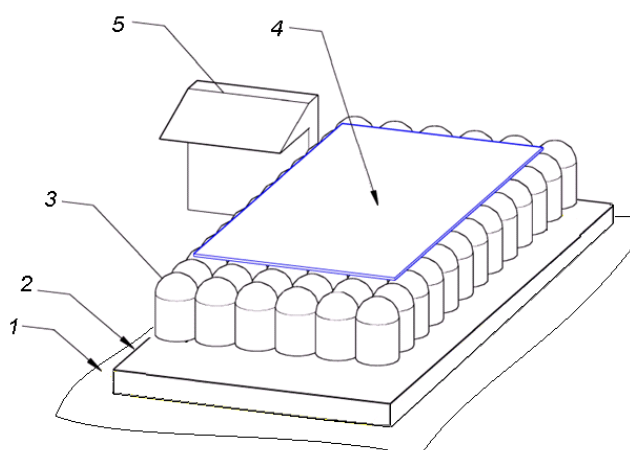


Рис. 1. Концептуальная конфигурация листогибочной машины нового поколения:
1 – основание (пол цеха); 2 – секционированная стальная платформа большой жёсткости со встроенными приводными электромагнитами; 3 – вертикально-подвижные цилиндрические секции со встроенными удерживающими электромагнитами; 4 – изгибаемый лист; 5 – пульт управления

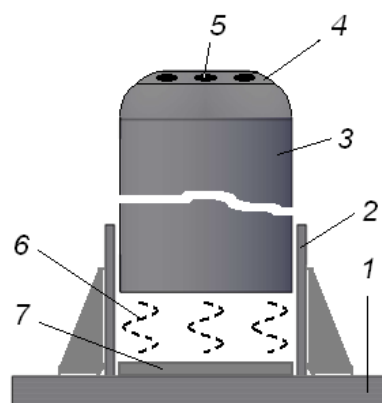


Рис. 2. Схема вертикально-подвижной цилиндрической секции:
1 – секционированная стальная платформа большой жёсткости;
2 – направляющий стакан; 3 – вертикально-подвижная цилиндрическая секция; 4 – удерживающая электромагнитная шайба; 5 – индуктор ТВЧ;
6 – электромагнитное поле, приподнимающее секцию;
7 – приводной электромагнит

Вертикальное перемещение плунжерам обеспечивают приводные электромагниты, встроенные в секционированную пластину, расположенную под ними и вмонтированную в пол цеха (как вариант может использоваться гидравлический привод). В качестве направляющих применены отрезки толстостенных стальных труб, вертикально установленных и жёстко закреплённых к пластине. При необходимости выдвинуть отдельный плунжер под ним уменьшают положительный заряд электромагнитного поля и увеличивают его отрицательный заряд. При необходимости опустить плунжер, напротив, уменьшают отрицательный заряд поля и увеличивают положительный. Тем самым можно придавать изгибаемому листу любую погибь (см. рисунок 3).

Управление машиной осуществляется дистанционно по заданной программе. Разработка управляющих программ может осуществляться в одной из сред, реализующих принцип сквозного CAD/CAM/CAE проектирования корпусных деталей и управ-

ления технологическими процессами их изготовления. В частности, успешно могут быть применены программные комплексы на платформах CATIA, DELMIA, AVEVA, GPSS/W, GSPT, Vissim, РИТМ-Судно и др. Промышленный компьютер с интуитивно понятным интерфейсом и пультом управления для ввода управляющих программ и их оперативной корректировки (при необходимости) размещается на выносной консоли.

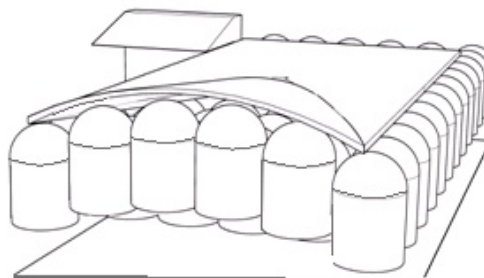


Рис. 3. Схема минисиловой бесштамповой гибки листа двойкой кривизны на гибочной машине с ЧПУ нового поколения (система позиционирования и контроля формы детали условно не показаны)

Подача листа на гибку и его укладка на образующей поверхности машины может осуществляться роботом-манипулятором, оборудованном траверсой с электромагнитными захватами, или с помощью тележек-манипуляторов. Они же могут использоваться для поддержания заготовки в процессе гибки. Позиционирование листа на образующей поверхности должно осуществляться с точностью не менее $\pm 2,5$ мм. Точность позиционирования может обеспечиваться посредством встроенной лазерно-акустической измерительной системы (например, ЛАИС), которая, кроме того, обеспечивает автоматический контроль формы согнутой детали.

Описанная листогибочная машина-автомат занимает минимум производственной площади, не требует заглубления фундамента и специальной штамповой оснастки, не требует специальной переналадки формообразующей поверхности под новую конфигурацию детали, управляется интеллектуальной системой ЧПУ, поэтому обеспечивает точный расчёт схемы приложения усилий и их величину, а так же контроль формы согнутой детали. Собственно процесс гибки отличается высокой производительностью и точностью.

Таким образом, представленное инновационное решение листогибочного оборудования нового поколения может составить альтернативу как уже существующему морально и физически устаревшему оборудованию, так и вновь разрабатываемому. Для толщин до 10–12 мм оно является даже более перспективным по сравнению с лучшими современными образцами по ряду основных показателей (фондо- и материалоёмкость, трудоёмкость обслуживания, обеспечиваемая точность деталей и др.).

Список литературы:

- [1] Александров В.Л. Судостроительное предприятие в условиях рынка: проблемы адаптации и развития / В.Л. Александров, А.В. Перелыгин, В.Ф. Соколов; под общ. ред. В.Л. Александрова. СПб: Судостроение, 2003. – 424 с. – ISBN 5-7355-0636-6.
- [2] Догадин А.В. Технология судостроения: учеб. пособие / А.В. Догадин, А.С. Роганов, И.А. Соколова. – СПб: Изд-во СПбГМТУ, 2017. – 241 с., ил. ISBN 978-5-88303-567-7.
- [3] Технология и технологическое оборудование корпусообработывающих цехов судостроительных предприятий / А.А. Васильев [и др.]. – СПб: АО «ЦТСС», 2016. – 200 с., 140 ил. ISBN 978-5-902241-30-0.
- [4] Огнев Н.В. Инновационный подход к созданию средств технологического оснащения для судостроения [Текст] / Н.В. Огнев, Е.Г. Бурмистров, Д.А. Галочкин // Великие реки 2011: труды 14-го междунар. науч.-пром. форума. Т.1 / ВГАВТ. – Н. Новгород, 2012. – С. 276–278.

- [5] Технология тепловой гибки листов местными нагревами при изготовлении деталей обшивки корпусов судов. Инструкция 74-0103-06-77. – Л. : ЦНИИ ТС. – 1977.
- [6] The optimization of servo press method for sheet metal forming. Jun-Ku Lee, Hyun-Cheol Kim, 13th International LS-DYNA Users Conference, Detroit, USA – June 2014.
- [7] A review on analysis and structural optimization of upper beam of press brake machine. Shailesh Patel, M J Zinzuvadia, V H Chaudhari. – April 2016.
- [8] Deformation minimal bending of compact manifolds^ case of simple closed curve. Oksana Bihun, Carmen Chicone. – 2008.
- [9] Two New Quadrilateral Elements Based on Strain States. Professor, Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran 2 Ph.D. Candidate, Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. -April 2014.
- [10] Bending stress modeling of dismountable furniture joints applied with a use of finite element method - Milan Šimek, Petr Koňas – 2009.

THE CONCEPT OF SHEET BENDING MACHINE WITH NC OF NEW GENERATION

I.N. Luchkov

Key words: hull processing shop; sheets bending; sheet bending equipment.

The article suggests the concept of a fundamentally new sheet-bending equipment for the procurement departments of shipyards. Its scheme and description are given.

Статья поступила в редакцию 15.01.2018 г.

УДК 629.5.081.4

Д.В. Рыжов, магистрант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

*Е.Г. Бурмистров, профессор., д.т.н, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СРАЩИВАНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ СУПЕРБЛОКОВ НА ПЛАВУ

Ключевые слова: суперблоки, формирование корпуса на плаву

В статье рассматриваются характерные особенности стыковки на плаву суперблоков корпусов судов после отдельного их спуска на воду. Обосновывается новый метод стыковки суперблоков на плаву.

Формирование корпусов судов на плаву является сложной инженерной и научно-технической задачей, требующей высокой квалификации судостроителей. Предварительно изготовленные сборочные единицы имеют значительную массу и габариты, сложную геометрию и малую жёсткость. В практике судостроения данная задача решается для каждого конкретного случая, а варианты её решения отличаются большим разнообразием.

Основное различие сращивания блоков на плаву по сравнению с аналогичной операцией на стапеле сводится к необходимости точного предварительного сведения блоков в условиях отсутствия жёсткого основания и достаточно высоких требований к точности предварительных сборочных работ. Поэтому весьма важным является обеспечение требуемой посадки блока на плаву по крену и дифференту и его весовой

нагрузки. Исходя из изложенного, стыковка блоков на плаву должна производиться в спокойную, тихую погоду при отсутствии волнения акватории. Это накладывает определённые ограничения на сроки выполнения сборочных работ ввиду плохо прогнозируемого изменения погодных условий в месте проведения стыковочных работ (на достроечной базе) [1, 2].

Отмеченные особенности и ограничения создают необходимость применения при сборке суперблоков на плаву нескольких специально разработанных центрирующих устройств, в отличие от сборки корпуса из блоков на стапеле, когда достаточно одного центрирующего устройства (ЦУ) в ДП или специальных направляющих (полозьев). Принцип действия ЦУ показан на приведенных на рис. 1 фрагментах анимационного ролика компьютерной модели процесса сращивания блоков на плаву [3].

Разработанная авторами данной статьи технология сращивания корабельных суперблоков на плаву с применением центрирующих устройств включает следующую основную последовательность работ:

а) установка базового блока (суперблока, к которому стыкуются все последующие суперблоки) в акватории с использованием штатных и технологических швартовных устройств;

б) подготовка базового блока к стыковке (удифферентовка и укрепление, пробивка контрольных и базовых линий, проверка плоскостей визирования и центрующих устройств, приварка, вывешивание кранцев со стороны монтажных торцов и др.).

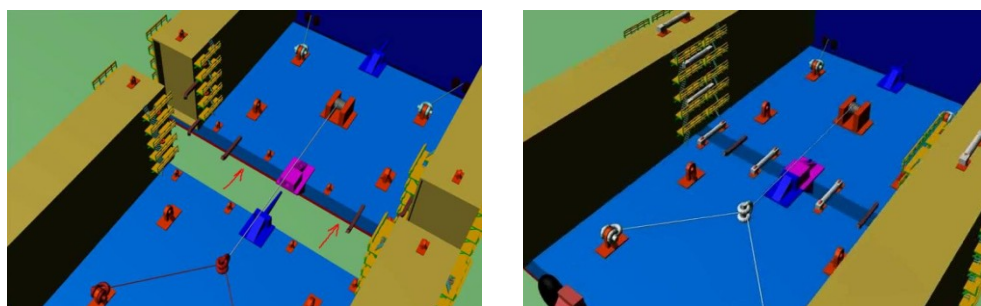


Рис. 1. Фрагменты анимационного ролика компьютерной модели процесса сращивания блоков на плаву

Конструктивные особенности стыкуемых суперблоков, как правило, позволяют производить удифферентовку и укрепление путём приёма жидкого балласта в штатные балластные цистерны. Однако удифферентовка в ряде случаев может производиться только путём приёма твёрдого балласта, например, щебня или песка на палубу блока с перемещением его в горизонтальной плоскости бульдозером. Отклонения положения базового модуля по крену и дифференту от горизонтальной плоскости не должны превышать 0,5 град. Все отклонения должны фиксироваться контрольными замерами [4].

Перед проведением сборочных операций необходимо разработать схему установки ЦУ и прочей сборочной оснастки. Элементы собственно ЦУ предварительно устанавливаются на специально подготовленные фундаменты на палубы стыкуемых блоков на электроприхватки.

в) выполнение указанных выше работ на стыкуемом смежном блоке. Предварительное укрепление и удифферентовка смежного блока должны выполняться с точностью не менее 2 град;

г) установка с помощью буксиров-толкачей смежного блока относительно базового на расстоянии (20...25) м;

д) закрепление конца буксирного троса от лебёдки (или шпиля) на центрующем стержне ЦУ №1 стыкуемого блока с заведением троса через центрующее отверстие ЦУ №1 базового блока;

- е) буксировка стыкуемого блока с помощью лебёдки (шпиля) до расстояния между блоками (0,5...1,0) м;
- ё) заведение в технологические обуха на палубе, платформах, бортах и продольных переборках стыкуемых блоков талрепов;
- ж) окончательное укрепление и удифферентовка смежного блока относительно базового. За базовую плоскость при этом должна приниматься плоскость главной палубы либо платформ базового блока. Допускаемые отклонения по излому (из-за допусков на дифферент) должны составлять не более 0,5 град.; по смещению в вертикальной плоскости (относительно палубы базового блока) – не более 5 мм;
- з) пробивка осевой линии в ДП оптическим или лазерным визиром;
- и) контрольная проверка взаимного расположения стыкуемых блоков по положению центров ЦУ №1 относительно плоскости палубы;
- й) выбор кранцев по всему стыкуемому контуру;
- к) доводочное перемещение (синхронно по правому и левому бортам) с помощью лебёдки и талрепов смежного блока с базовым до начала входа центрирующего стержня ЦУ №1, в центрирующее конусное отверстие (контактные поверхности всех центрирующих устройств, предварительно должны быть обильно смазаны литолом);
- л) контрольная проверка взаимного положения блоков по центрам центрирующих устройств. При необходимости, доводочное взаимное укрепление и удифферентовка блоков;
- м) доводочное перемещение (синхронно по правому и левому бортам) с помощью лебёдки и талрепов стыкуемого блока с базовым до начала входа центрирующих стержней ЦУ №2 и №3 (устанавливаются на главной палубе по правому и левому борту) в ответные центрирующие отверстия. Центрирующий стержень ЦУ №1 при этом должен полностью и плотно войти в соответствующее центрирующее отверстие;
- н) контрольная проверка взаимного положения блоков по центрам центрирующих устройств. При необходимости, доводочное взаимное укрепление и удифферентовка блоков;
- о) доводочное перемещение (синхронно по правому и левому бортам) с помощью лебёдки и талрепов стыкуемого блока с базовым. Центрирующие стержни ЦУ №2 и №3 при этом должны полностью и плотно войти в соответствующие центрирующие отверстия;
- п) контрольная проверка взаимного положения блоков по центрам центрирующих устройств;
- р) доводочное перемещение (синхронно по правому и левому бортам) с помощью лебёдки и талрепов стыкуемого блока с базовым до взаимного касания монтажных кромок блоков (см. рис. 2);

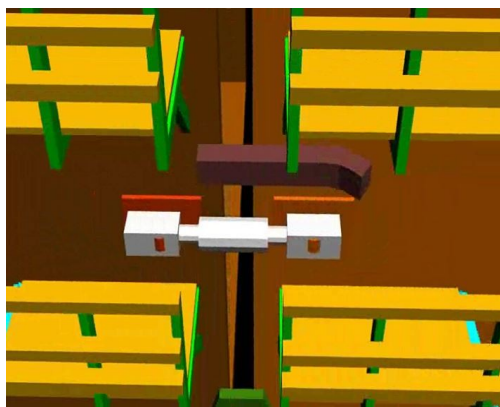


Рис. 2. «Стяжка» блоков талрепами

с) контрольная проверка зазоров между монтажными кромками блоков по всему монтажному контуру. Зазоры не должны превышать 2 мм;

т) в случае, если величины выявленных зазоров превышают допускаемые – при черчивание монтажной кромки с припуском, отведение с помощью талрепов стыкуемого блока на расстояние, удобное для подрезки и разделки кромок под сварку, но не более 300 мм, подрезка и разделка кромок, повторное стыкование блоков в последовательности, описанной в пунктах н) – с). При необходимости, указанные операции повторить до получения требуемых зазоров;

у) дифференцирование смежного блока путём приёма балласта до получения в районах монтажных стыков по бортам клиновидного зазора между блоками с величиной в верхней части не более 10 мм;

ф) установка распорных клиньев в зазор между блоками по линии палубы и технологических «закусов» в клиновидный зазор между бортами стыкуемых блоков;

х) установка и приварка в районе монтажных соединений с внутренней стороны блоков сборочных гребёнок;

ц) окончательная проверка взаимного расположения блоков, зачистка монтажных кромок и их сдача под сварку (рис. 3);

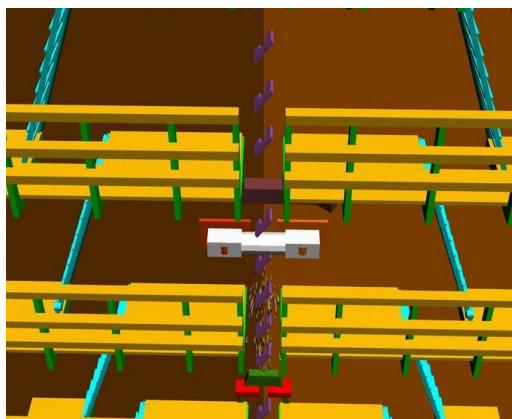


Рис. 3. Установка гребёнок и сварка блоков между собой

ч) сварка монтажных соединений в направлении снизу-вверх одновременно несколькими сварщиками по всем стыкуемым вертикальным монтажным кромкам. По мере сварки необходимо выбирать и переставлять выше по стыку технологические «закусы», одновременно подтягивая друг к другу с помощью талрепов верхние кромки стыкуемых блоков;

ш) сварка монтажных кромок по платформам и палубам;

щ) установка и сварка забойных элементов продольного набора (кильсонов, карлингсов, стрингеров) в районе монтажных стыка;

э) контроль качества сварных соединений, их испытания на водонепроницаемость;

ю) контроль килевой линии и контрольные обмеры собранного корпуса судна.

Сварка блоков между собой по п.п. ч) и ш) включает следующие этапы:

1) сварка незаваренных при сборке блоков участков пазов обшивки;

2) установка керамических подкладок на монтажные стыки с внутренней стороны блоков;

3) сварка вертикальных, а затем горизонтальных монтажных стыков по обшивке, платформам и палубам;

4) приварка забойных балок продольного набора к обшивке;

5) сварка стенок забойных балок набора между собой;

- 6) сварка полок забойных балок между собой;
- 7) удаление временных креплений.

На практике, при разработке рабочей технологии сращивания блоков, кроме перечисленной последовательности работ необходимо пользоваться ОСТ 5.9542-72, ч. 3, регламентирующим стапельную сборку судов [5], [6].

На всех этапах строительства целесообразно применять математическое моделирование с использованием современного ПО для уменьшения «подгоночных» работ [7], [8], [9].

Допускаемые отклонения размеров для идентичных точек частей корпуса от проектных значений после сращивания всех блоков не должны превышать указанных в ОСТ 5.9613-75: по полушироте для скул и скруглённого ширстрека – 2 мм, для бортов – 5 мм, по высоте для верхней палубы у бортовых кромок – 2 мм и для верхней палубы у ДП – 3 мм. Для обеспечения сращивания корпуса в заданных теоретических размерах кромки монтажного стыка каждого блока должны иметь технологический припуск не менее 20 мм, удаляемый при подготовке кромок к стыкованию. Стягивающие, центрирующие и фиксирующие приспособления должны представлять собой комплекс тяговых средств и приспособлений, предназначенных для совмещения на плавучих кромках и креплении между собой стыкуемых блоков. Для стягивания блоков должны применяться лебёдки, грузоподъёмностью (3...5) т, устанавливаемые на палубе, а также гидравлические домкраты-стяжки с развиваемым усилием не менее (5...20) т. или винтовые талрепы с развиваемым усилием (5...10) т. Для фиксации монтажных кромок с заданным монтажным зазором должны использоваться фиксирующие замки, располагаемые у кромок монтажного стыка в надводной части корпуса.

Список литературы:

- [1] Мацкевич В.Д. Сборка и сварка корпусов судов / В.Д. Мацкевич. – Л.: Судостроение, 1968 – 402 с.
- [2] Адлерштейн Л.Ц. Постройка корпусов судов на стапеле / Л.Ц. Адлерштейн, А. Розин, В.Ф. Соколов, М.Р. Шраерман – Л.: Судостроение, 1977 – 304 с.
- [3] Бурмистров Е.Г., Огнев Н.В. Некоторые особенности технологии стыкования наплавку корабельных суперблоков / Е.Г. Бурмистров, Н.В. Огнев – ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012.
- [4] Адлерштейн Л.Ц. Механизация корпусных работ на стапеле / Л.Ц. Адлерштейн, А. Розин, В.Ф. Соколов, М.Р. Шраерман – Л.: Судостроение, 1973. – 312 с.
- [5] Желтобрюх Н.Д. Механизация и автоматизация корпусного производства / Н.Д. Желтобрюх – Л.: Судостроение, 1972 – 176 с.
- [6] Дурмашкин С.Ш., Лобзов Н.И. и др. «Постройка судов из частей, отдельно спущенных на воду». Л.: Судостроение, 1974, с. 15–19, 96–98.
- [7] Shipbuilding and Marine Engineering in Japan. – Japan Ship Centre (JETRO), 2013
- [8] «The Shipbuilding market. Analysis and Forecast of World Shipbuilding Demand 1995–2010», Drewry Shipping Consultants, 1995
- [9] Ship knowledge. A modern encyclopedia, K. van Dokkum, Dokmar, 2012.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR SPLICING SHIP SUPERBLOCKS AFLOAT

D.V. Ryzhov, E.G. Burmistrov

Keywords: *superblocks, formation of the hull afloat*

Features of docking of large blocks of vessels hulls after separate launching into water are considered. A new method of docking the superblocks afloat is being developed.

Статья поступила в редакцию 29.11.2017 г.

УДК 629.55.04–035.3:628.54

А.И. Филиппова, магистрант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Н.Ш. Ляпина, к.х.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДОЛИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ СУДНА ПОРОЖНЁМ

Ключевые слова: судно, древесные материалы, массовая доля, водоизмещение судна порожнем, зависимость, отходы.

В статье рассмотрены вопросы разработки методики определения доли древесины в составе судов. Выполнен сбор информационных данных по проектам судов различных категорий. Проведено статистическое исследование количества древесины в составе корпуса и надстройки судна. Определены зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем.

Создание средств для передвижения по воде ведёт свою историю с древнейших времён. Впервые такие средства появились не позднее периода к неолиту (новый каменный век), когда уже были созданы каменные орудия труда и человек получил возможность обрабатывать дерево – наиболее древний строительный материал – тысячами служивший человеку для постройки судов [1].

В настоящее время на учёте только Российского Речного Регистра состоит около 22,5 тыс. судов разных типов и классов: наливные, сухогрузные, пассажирские суда, суда смешанного (река-море) плавания. Большое количество данных судов морально и физически устарело и требует значительных затрат на поддержание требуемого для безаварийной эксплуатации технического состояния. Однако, рост степени износа и возраста судов требует всё возрастающих затрат на поддержание их технического состояния. В какой-то момент они могут оказаться сопоставимыми с прибылью от эксплуатации данного судна. Перед судовладельцем неизбежно встаёт вопрос выбора: либо дальнейшая эксплуатация судна после капитального ремонта (часто сопряжённого с переоборудованием, модернизацией или реновацией), либо выведение судна из эксплуатации в холодный отстой или для последующей «цивилизованной» утилизации [2, 3]. Холодный отстой для таких судов обычно заканчивается тем, что они переходят в разряд «брошенных» судов. Теряя свою плавучесть, находясь в затопленном или полузатопленном состоянии, они захламляют береговую линию водоёмов и заводских акваторий, создают угрозу для безопасного судоходства [4].

В РФ сегодня эксплуатируется большое количество судов, уже выработавших свой эксплуатационный ресурс, либо близких к этому порогу. По оценке специалистов: «Сейчас средний возраст грузового флота в России – 32 года, пассажирского – 33 года, круизного – 41 год. Более 75 % самоходных грузовых судов и буксиров имеют возраст свыше 25 лет. В последние пять лет вывод из эксплуатации грузового флота превышал ввод новых судов в 20 раз. По экспертной оценке, до 2030 года владельцам придётся поставить на прикол 534 судна, из них в европейской части страны – 416 судов, по Амурскому бассейну – 21 судно, по Енисейскому – 23 судна, по Кубанскому бассейну – 12 судов, по Ленскому – 9, по Оби – 46, по Северной Двине и Печорскому бассейнам – 7». Это достаточно долгий период для того, чтобы некогда эксплуатируемые суда, были списаны и подвергнуты утилизации [5].

Под термином «утилизация» понимают этапы, включающие: разработку документации для ее проведения; демонтаж оборудования, устройств; разделка судна на крупногабаритные элементы; выделение из общей массы металлургического компо-

нента; переработка кабелей, покрытий; захоронение не утилизируемых материалов и части оборудования [6, 7].

Раздельный сбор отходов, образующихся при разделке судна, в настоящее время предполагается лишь для металлосодержащих компонентов [8]. Древесные же материалы чаще всего попадают в число промышленных отходов, не подвергающихся сепарации и вывозимых с предприятий для захоронения за определенную плату. Хотя именно их можно было использовать в качестве вторичного сырья [9].

Для того чтобы оценить количество образующихся древесных материалов при разделке судов было проведено исследование нескольких категорий судов с различным содержанием древесных компонентов. Для анализа были выбраны следующие категории судов: пассажирские суда, танкеры, сухогрузные теплоходы.

Для каждой группы были рассмотрены суда, имеющие в проектных материалах весовую нагрузку по дереву. Также для получения статистики были выписаны следующие данные: длина, ширина и высота судна, а также водоизмещение судна порожнем.

На основании полученных данных, с помощью программы Microsoft Excel, были построены графические зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем. На графиках для различных типов судов получены аппроксимирующие кривые и их уравнения, которые дают возможность более наглядно увидеть эти зависимости.

Оценку массовой доли древесных материалов производили отдельно для каждой категории судов.

Пассажирские суда. Для оценки массовой доли древесных материалов при разделке пассажирских судов было отобрано 12 судов имеющих в проектных данных весовую нагрузку по дереву [10, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Все проектные сведения представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сводная таблица массы древесных материалов
и главных размерений пассажирских судов**

№	Проект судна	Масса древесных материалов, M_d , т	Длина судна, L , м	Ширина судна, B , м	Высота судна, H , м	Водоизмещение порожнем, D , т	Доля дерева, $\frac{M_d}{D} \cdot 100\%$
1	№ Р132	6,66	32,8	2,5	2,7	125,3	5,32
2	№ 81	6,10	33	6	2,6	120	5,09
3	№ 1570	18,42	40,6	6,7	2,5	151,8	12,13
4	№ 1630	18,48	40,6	6,7	2,5	151,8	12,17
5	№ Р104	3,57	41	4,6	3,18	81,1	4,40
6	№ 2044	0,35	10,5	3,52	1	8,69	4,03
7	№ Р118	1,81	19	4,75	1,3	35,75	5,06
8	№ 17091	0,54	21	3,6	2,6	13,5	4,00
9	№ 14200	0,67	23,8	4	3	16,8	3,99
10	№ 1746	1,24	25,8	6,5	5,5	24,4	5,08
11	№ 352	1,04	27,44	4,4	3,2	20,4	5,10
12	№ Р69	1,14	30,4	3,65	1,4	38,25	2,98

В программе Microsoft Excel построена графическая зависимость доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем (рис. 1). На графике показана аппроксимирующая кривая, отображающая принятую нами степенную зависимость между долей древесных материалов и водоизмещением судна порожнем для пассажирских судов, а также уравнение этой кривой.

Подставив в уравнение $y = 1,9088x^{0,2695}$, вместо x водоизмещение судна порожнём D (из таблицы 1) получим примерное значение доли древесных отходов в составе раздельяемого судна.

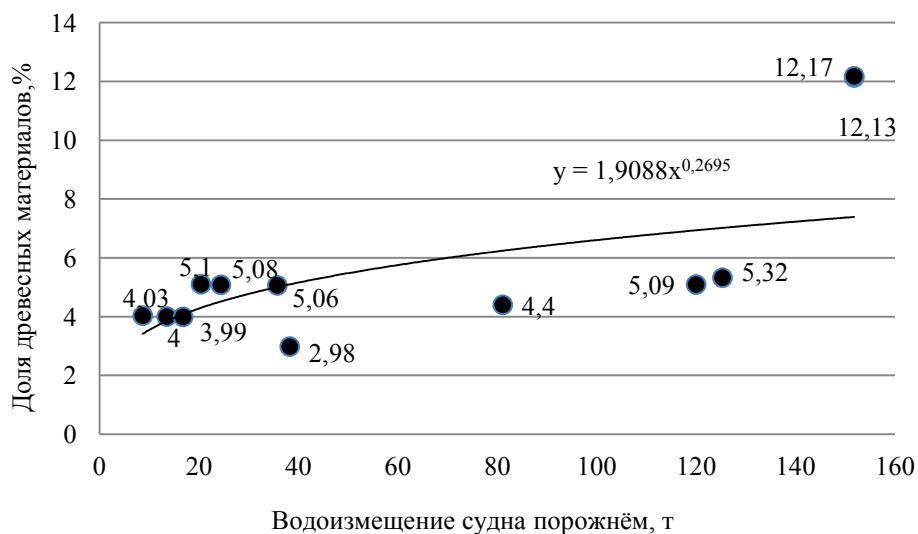


Рис. 1. График зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнём (пассажирские суда)

Танкеры. Для оценки массовой доли древесных материалов при разделке танкеров было отобрано 14 судов имеющих в проектных данных весовую нагрузку по дереву [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Все проектные сведения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сводная таблица массы древесных материалов и главных размеров танкеров

№	Проект судна	Масса древесных материалов, M_d , т	Длина судна, L , м	Ширина судна, B , м	Высота судна, H , м	Водоизмещение порожнём, D , т	Доля дерева, $\frac{M_d}{D} \cdot 100\%$
1	№ 587	43,9	107,5	13,4	4,8	1000	4,39
2	№ 576Т	21,6	107,2	13	4,8	820	2,63
3	№ 81180	9,88	83	12	3,5	843	1,17
4	№ 1754Б	17,68	86,14	12,5	3,2	441	4,01
5	№ 866М	17,46	62	9,2	2,8	289,4	6,03
6	№ 866	16,5	62	9,2	2,4	254,7	6,48
7	№ Р42	19,18	62	9,2	2,8	336	5,71
8	№ 550	43,9	128,6	16,5	5,5	1368	3,21
9	№ 1577	44,3	128,6	16,5	5,5	1502	2,95
10	№ Р77	20,9	105	14,8	4,4	938	2,23
11	№ Р42М	17,67	63,7	9,2	2,6	797,8	2,22
12	№ 1754А	14,41	85,14	12,5	2,5	441	3,27
13	№ 1754	15,9	85	12,5	2,5	441	3,61
14	№ Р135	13,03	56	9,2	2,1	271,6	4,79

В программе Microsoft Excel построена графическая зависимость доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем (рис. 2). На графике показана аппроксимирующая кривая, отображающая принятую нами степенную зависимость между долей древесных материалов и водоизмещением судна порожнем для танкеров, а также уравнение этой кривой.

Подставив в уравнение $y = 97,447 x^{-0,522}$, вместо x водоизмещение судна порожнем D (из таблицы 2) получим примерное значение доли древесных отходов, ожидаемых при утилизации судов.

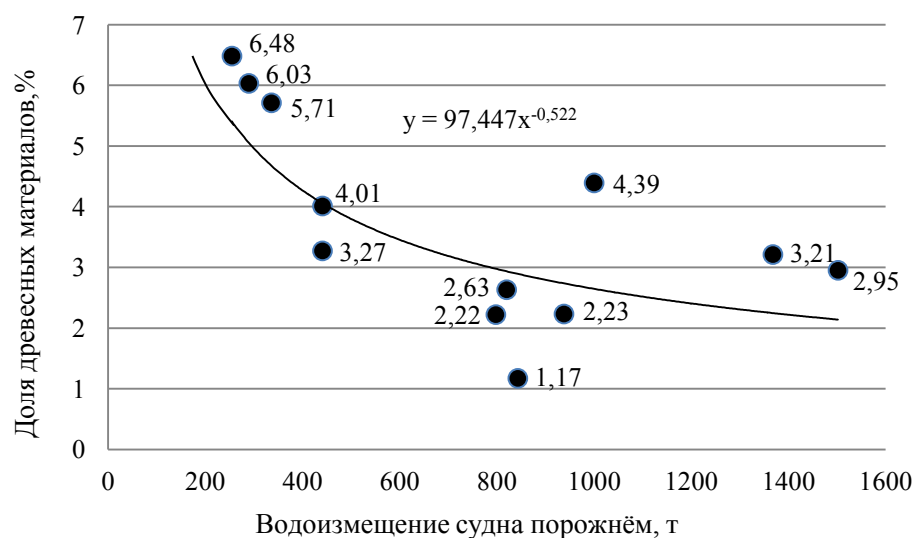


Рис. 2. График зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем (танкеры)

Сухогрузные теплоходы. Для оценки массовой доли древесных материалов при разделке сухогрузных теплоходов было отобрано 38 судов имеющих в проектных данных весовую нагрузку по дереву [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Все проектные сведения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Сводная таблица массы древесных материалов и главных размеров сухогрузных теплоходов

№	Проект судна	Масса древесных материалов M_d , т	Длина судна, L , м	Ширина судна, B , м	Высота судна, H , м	Водоизмещение порожнем, D , т	Доля дерева, $\frac{M_d}{D} \cdot 100\%$
1	№ 1743.1	1,09	105	14,8	5	1190	0,1
2	№ 1743	1	105	14,8	5	1040	0,1
3	№ P32.3.2	30,30	108,6	14,8	4,3	1135	2,66
4	№ P32БУ	29,96	108,6	14,8	4,3	1120	2,68
5	№ 2-95А	32,43	110	13	5,5	1212	2,68
6	№ 2-95А/В	36,44	110	13	5,5	1362	2,53
7	№ 791	30,5	110,15	13	5,5	1140	2,68
8	№ P32	10,93	96,6	14,8	4,3	918	1,19

№	Проект судна	Масса древесных материалов M_d , т	Длина судна, L , м	Ширина судна, B , м	Высота судна, H , м	Водоизмещение порожнём, D , т	Доля дерева, $\frac{M_d}{D} \cdot 100\%$
9	№ Р32А	20,86	96,6	14,8	4,3	925	2,26
10	№ 21-88	40,84	100	12,2	4,9	1212	3,37
11	№ Р25Б	15,93	96	12,5	3,4	606	2,63
12	№ Р19	10,42	93	12	4,4	674	1,55
13	№ Р97И	15,8	90	15	2,8	641,9	2,46
14	№ Р97Т	15,8	90	15	2,8	601	2,63
15	№ Р97	9,83	90	15	2,8	570	1,73
16	№ 576	11	90	13	4,8	667,4	1,65
17	№ 11	54,2	90	13	4,8	1386	3,91
18	№ Р25	10,24	85	12,5	3,4	447	2,29
19	№ Р25А	10,3	85	12,5	3,4	481	2,14
20	№ 936	20,27	83,7	11	4	459	4,42
21	№ Р168	17,99	83	12	3,5	722	2,49
22	№ 559Б	8,58	79,9	15	2,8	402	2,13
23	№ ТУ-3100А	35,1	76	11	3,5	531	6,61
24	№ 573	36,6	75	11	3,5	813	4,50
25	№ 829	19,4	71,8	11,5	3	426	4,55
26	№ 27-410	31,37	66,5	8,16	2,5	252	12,45
27	№ Р40	16,75	65	14	2	260	6,44
28	№ 276	31,37	64,8	8,16	2,6	300	10,46
29	№ 414А	15,3	63,6	10	2	306	5,00
30	№ 414Н	17,8	63,14	10	2	217	8,20
31	№ 414Б	17,8	62,2	10	2	241	7,39
32	№ 765А	41,4	62	9,2	2,4	225	18,40
33	№ 765рф	42,8	62	9,2	2,8	249,5	17,15
34	№ 2036	12,3	85	12,5	3,4	415	2,96
35	№ Р86А	11,39	78	15	2	424	2,69
36	№ 81110	10,39	78	15	2	459	2,26
37	№ 912В	11,70	61,5	9	2,2	274,4	4,26
38	№ 272Т	10,25	65,2	14	2	239,3	4,28

В программе Microsoft Excel построена графическая зависимость доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем (рис. 3). На графике показана аппроксимирующая кривая, отображающая принятую нами степенную зависимость между долей древесных материалов и водоизмещением судна порожнем для сухогрузных теплоходов, а также уравнение этой кривой.

Подставив в уравнение $y = 2467,9 x^{-1,064}$, вместо x водоизмещение судна порожнём D (из таблицы 3) получим примерное значение доли древесных отходов, ожидаемых при утилизации судов.

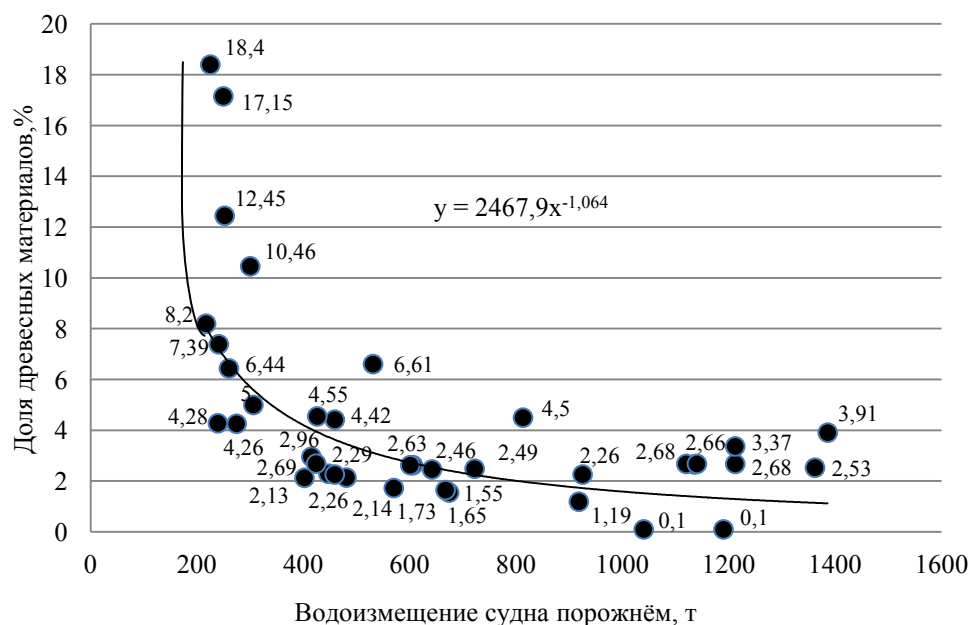


Рис. 3. График зависимости доли древесных материалов от водоизмещения судна порожнем (сухогрузные теплоходы)

Средние значения проектных сведений для различных типов судов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Средние значения массы древесных материалов и главных размерений для различных типов судов

№	Тип судна	Масса древесных материалов, M_d , т	Длина судна, L , м	Ширина судна, B , м	Высота судна, H , м	Водоизмещение порожнем, D , т	Доля дерева, $\frac{M_d}{D} \cdot 100\%$
1	Пассажирские суда	5,00	28,83	4,74	2,62	65,65	5,78
2	Танкеры	20,88	87,30	12,12	3,53	695,96	3,76
3	Сухогрузные теплоходы	20,96	84,36	12,53	3,46	645,88	4,34

Данный статистический подход позволит в последствие уменьшить трудоемкость расчета образования отходов при утилизации судов подобных проектов, у которых по разным причинам отсутствует проектная документация. Если среди брошенных или подготавливаемых к списанию судов подобные проекты отсутствуют, то воспользовавшись уравнениями полученных кривых можно оценить количество древесных материалов, ожидаемых при разделке судна. Это актуально для старых судов, поскольку проектная документация, после 40 лет эксплуатации, может быть утеряна или пришла в негодность.

На наш взгляд, подобным образом можно оценить массовую долю древесных материалов, образующихся при утилизации других категорий судов.

Список литературы:

- [1] Судостроение [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://refoteka.ru/r-93459.html>
- [2] Cairns, G 2014, 'A critical scenario analysis of end-of-life ship disposal: The «bottom of the pyramid» as opportunity and graveyard', *Critical perspectives on International Business*, vol. 10, no. 3, pp. 172–189.
- [3] Gregson N., 2011, 'Performativity, corporeality and the politics of ship disposal', *Journal of cultural economy*, 4 (2). pp. 137–156. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://dro.dur.ac.uk/10411/>
- [4] Студнев С.В. Совершенствование организационно-технологических принципов подготовки производства на заключительном этапе жизненного цикла судна : дис. ... канд. техн. наук. – Н. Новгород, 2015. – С. 11–19.
- [5] Распоряжение Правительства РФ от 29.02.2016 № 327-р «О Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года».
- [6] Ronald W. Hess, Denis Rushworth, Michael V. Hynes, John E. Peters., 2001, 'Disposal options for ships'. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.questia.com/read/104294600/disposal-options-for-ships>
- [7] Developments and issues on recycling of ships. Article by Dr. Nikos Mikelis, presented at the East Asian Seas Congress, Haikou City, Hainan Province, PR China, 12-16 December 2006. [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.imo.org/includes/blastData.asp/doc_id=7420/Developments.pdf
- [8] Бурмистров Е.Г., Сычева И.А. «Организационно-технологический аспект проблем утилизации судов». Материалы научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности функционирования и развития транспорта Поволжья». – ч. 1, ФГОУ ВПО ВГАВТ, Н. Новгород, 2003, с. 97–100.
- [9] Филиппова А.И., Ляпина Н.Ш., Мясникова И.Б. Проблемы извлечения и использования вторичных материалов на заключительном этапе жизненного цикла судна // Студенческий: электрон. научн. журн. 2017. № 18(18). URL: <https://sibac.info/journal/student/18/87157>
- [10] Справочник по серийным транспортным судам. Том 1. Грузо-пассажирские и пассажирские суда, суда на подводных крыльях, суда на воздушной подушке, суда для переправ. М.: «Транспорт», 1972, – 224 с.
- [11] Справочник по серийным транспортным судам. Том 2. Сухогрузные теплоходы, танкеры и рефрижераторы. М.: «Транспорт», 1973, – 296 с.
- [12] Справочник по серийным транспортным судам. Том 5. Пассажирские и грузопассажирские суда: суда для переправ; грузовые сухогрузные теплоходы; танкеры; толкачи и буксирные теплоходы. М.: «Транспорт», 1967, – 184 с.
- [13] Справочник по серийным речным судам. Том 6. Пассажирские, грузопассажирские суда, грузовые сухогрузные теплоходы, танкеры, толкачи и буксиры, несамоходные грузовые суда. М.: «Транспорт», 1970, – 144 с.
- [14] Справочник по серийным речным судам. Том 7. Пассажирские суда, сухогрузные теплоходы и танкеры, толкачи, буксиры, баржи, прочие суда. М.: «Транспорт», 1981, – 232 с.
- [15] Серийные речные суда. Том 8. Пассажирские суда, сухогрузные теплоходы и танкеры, толкачи, буксиры, баржи, прочие суда. М.: «Транспорт», 1987, – 232 с.
- [16] Справочник по серийным речным судам. Том 9. Пассажирские суда, сухогрузные теплоходы, танкеры, толкачи, буксиры. М.: 1993, Издание А.О. «Трансконсалтинг», 1994, – 13 п.л. – 232 с.
- [17] Справочник по серийным транспортным речным судам. Том 10. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы; танкеры; толкачи-буксиры; баржи. М.: А.О. «Минибот», 1994, – 142 с.

THE ESTIMATION OF THE SHARE OF WOOD-BASED MATERIALS FROM THE DISPLACEMENT OF EMPTY VESSEL

A.I. Filippova, N.Sh. Lyapina

Key words: vessel, wood materials, mass share, displacement of empty vessel, dependence, waste.

In the article the questions of the development of methodology of determining the share of wood in the ship composition. The collection of information data on the projects of various categories ships was carried out. A statistical study of the amount of wood in the hull and

superstructure is made. The dependence of the share of wood-based materials from the displacement of the empty vessel is defined.

Статья поступила в редакцию 26.12.2017 г.

УДК 629.535.4

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

Н.И. Кималтний, аспирант ФГОУ ВО «ВГУВТ», главный эксперт ВВФ РРР 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СУДОСТРОЕНИИ

Ключевые слова: *альтернативные источники энергии, парусные суда, ветрогенератор, роторные суда, солнечные панели.*

Рассматривается вопрос применения альтернативных возобновляемых источников энергии в судостроении. Приведен зарубежный опыт применения судов с использованием силы ветра и солнца. Приведены типы солнечных панелей.

Стремительное развитие научного и инженерингового потенциала в судостроении, увеличило тенденцию внедрения энерго- и экологически эффективных технологий в отрасли. Намети́лась устойчивая тенденция применения технологий, использующих возобновляемые источники энергии, которые могут привести к замещению иных на 30% [1]. Данные технологические решения основаны на использовании сил ветра, воды, земли и солнца. К подобным устройствам можно отнести ветровые турбины, солнечные электростанции (СЭС), солнечные фотоэлектрические системы (ФЭС), геотермальные электростанции (ГеоЭС), гидроэлектростанции (ГЭС) и приливные турбины (ПТ). Также намети́лась тенденция применения водорода в энергетике. Экспертами ожидается, что через 10–15 лет водород в технически развитых странах начнет активно вытеснять и постепенно вытеснит органические энергоносители с рынка энергии [2].

Большая часть из указанных выше технологических решений находится на начальных этапах развития применительно к судостроению.

Оценка возможности применения наиболее перспективных методов энергосбережения за счет альтернативных источников энергии в судостроении представлена в табл. 1, где максимальный показатель соответствует 10 баллам [3].

Таблица 1

Оценка возможности применения альтернативных методов энергопотребления на судах

Методы энергопотребления	Завершенность технологии	Простота в использовании	Потенциал в разработке	Окупаемость	Итого
Ветер	6	10	10	6	32
Волнение	3	3	1	1	8
Солнечная энергия	5	8	7	6	26
Береговое обеспечение электроэнергией	6	10	1	1	18

Из указанной выше таблицы видно, что наиболее перспективными методами снижения энергопотребления на судах является применение технологических решений с использованием сил ветра и солнца.

Ветер. Данный вид судовой движущей силы имеет достаточно долгую историю технологического роста: начиная от парусных судов, заканчивая судами с размещенными на борту ветрогенераторами (ВГ).

Голландская компания Dykstra разработала свой вариант сухогруза Ecoliner с возможностью самостоятельно загружать и выгружать грузы, так как мачты могут быть использованы в качестве кранов. Проектировщики Dykstra заявляют о возможности использования парусного движения на других типах судов, таких как танкеры, балкеры и тяжелые грузовые суда [4].



Рис. 1. Сухогруз Ecoliner

Разработано большое количество конструкций ВГ. В зависимости от ориентации оси вращения по отношению к направлению потока ВГ классифицируют на конструкции с горизонтальной и вертикальной осью вращения. ВГ с горизонтальной осью вращения подразделяются на конструкции с параллельным направлением ветрового потока и перпендикулярным направлением ветра (подобные водяному колесу).

Также суда с ВГ классифицируются на суда, движущиеся за счет генерации энергии, полученной за счет силы ветра и суда, движущиеся за счет силы ветра, образующейся за счет движения вспомогательного двигателя.

Наибольшее распространение получили суда с ВГ второго типа с вертикальной осью вращения, к которым можно отнести роторные. Эти суда имеют особое устройство ротор (в виде вращающихся башен), которое позволяет рационально использовать основную энергию для их движения. Данные виды судов могут иметь на борту от одного до четырех устройств, которые вращаются вспомогательным двигателем.

Примером данного типа судов является грузовое судно Германского коммерческого флота «E-SHIP 1». Судно «E-SHIP 1» имеет водоизмещение 12 970 тонн при длине корпуса 130 м. На верхней палубе размещены четыре ротора типа «flettner» высотой 27 метров и диаметром 4 метра. С использованием данных устройств компания-оператор «Enercon» зафиксировала экономию топлива 15% (вместо ранее планируемых 40% при скорости в 16 узлов) [5].

Роторные суда могут лавировать и ходить всеми курсами относительно ветра. Однако они имеют ряд недостатков:

- размещение на борту вспомогательного двигателя для вращения ротора;
- запас топлива;
- судно должно лавировать при движении не только против ветра, но и при попутных ветрах.



Рис. 2. Грузовое судно «E-SHIP 1»

Самое необычное применение силы ветра было использовано на контейнеровозе MS Beluga Skysails с дополнительной тягой в виде воздушного змея, с площадью кайта 160 м² при длине судна 132 метра. По заверениям управляющая компания сообщает об экономии топлива на (10–12)% (вместо ранее планируемых (20–30)%). Руководство компании SkySails GmbH заявляет о планах модернизации судна до 320 м², что, по их мнению, позволит сэкономить около 30% топлива. SkySails утверждает, что использование ее технологии во всем мире сможет сократить выбросы углекислого газа более чем на 146 миллионов тонн (около 0,6% от общего объема выбросов CO₂ в мире). SkySails оценивает потенциальный рынок модернизации своей системой около 40 000 судов [6].



Рис. 3. Контейнеровоз MS Beluga Skysails

Исходя из выше сказанного, можно установить, что внедрение данного альтернативного метода энергопотребления на судах не позволяет полностью отказаться от использования топлива, но дает возможность его экономии в среднем до 15%.

Солнце. На судах достаточно много свободного не используемого палубного пространства, которое более энергоэффективно можно было бы использовать при размещении на нем солнечных панелей (СП). Но так называемая «солнечная полезная площадь» зависит от типа судна, его параметрических размеров, размещения рубки, конструкции надстройки и т.д. В связи с этим количество и размер СП, а значит и количество полученной ими энергии, также индивидуально. Немаловажным фактором

размещения СП является значение солнечной радиации, так как в разных широтах количество солнечных дней различно.

Учитывая вышесказанное, определим наиболее оптимальный тип СП для размещения на судах [3, 7, 8].

Монокристаллические СП (МКСП). Для производства МКСП используют очищенный кремний. После получения монокристалла и быстрого охлаждения (с 1400°C) его разделяют на тонкие пластины толщиной до 300 мкм, которые соединяются между собой тонкой сеткой из электродов. Особенностью также является то, что все зерна его кристаллов параллельны, а сами кристаллы направлены в одну сторону. МКСП обладают высокими показателями стабильности работы. КПД составляет 22%. В связи с трудоемкостью и высокой точностью производства МКСП имеет высокую себестоимость. Цвет панелей – черный.

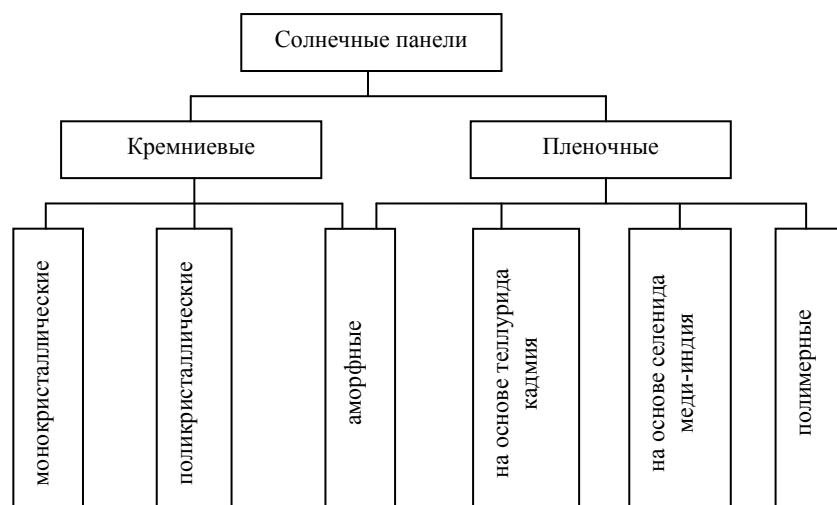


Рис. 4. Типы солнечных панелей

Поликристаллические СП (ПКСП). Для получения поликристаллов, кремниевую субстанцию медленно охлаждают (с $800\text{--}1000^{\circ}\text{C}$), что значительно снижает стоимость производства СП данного типа, по сравнению с МКСП. Поликристаллы «смотрят» в разные стороны, а в середине каждого кристалла зерна расположены не параллельно, что приводит к стабильной работе и в пасмурную погоду. КПД – 18%. Цвет панелей – темно-синий.

Аморфные СП (АСП). АСП относятся к комбинированному типу, так как они совмещают в себе кремниевый (материал изготовления) и пленочный тип панелей (технология производства). Материалом изготовления является силан (кремневодород), который наносят на подложку внутри СП. КПД – 5%. Данный тип панелей хорошо работает в пасмурную погоду, по сравнению с кристаллическими панелями. СП обладает высокой механической эластичностью (сгибание не приводит к повреждению материала и падению его производительности), малой толщиной (около 1 мкм), высоким уровнем оптического поглощения (МКСП и ПКСП ниже в 20 раз).

СП на основе теллурида кадмия (СПТК). СПКТ характеризуется высоким уровнем светопоглощения, так как основным материалом изготовления СП является кадмий, обладающий данным свойством. Сам материал очень ядовит, но уровень кадмия, который уходит в атмосферу при эксплуатации слишком низок, чтобы нанести вред здоровью человека. КПД – 10%. Стоимость получения 1 кВт мощности СПТК оказалась на (20–30)% ниже, чем у кремниевых СП.

СП на основе селенида меди-индия (СПСМИ). В данном типе СП используют в качестве фоточувствительных полупроводников такие материалы как медь, индий и

селен. КПД составляет 20%. Некоторые производители заменяют небольшое количество элементов с индием галлием, так как первый элемент востребован при производстве плоских мониторов, а галлий имеет несколько похожие свойства. Однако КПД панели с таким элементом становится меньше.

Полимерные солнечные панели (ПСП). В качестве проводников выступают полифенилен, фуллерены и фталоцианин меди. Толщина пленки составляет всего 100 нм. КПД – 5%. Но данный вид батарей обладает рядом положительных параметров, таких как низкая себестоимость СП, легкость, отсутствие вредных выбросов в атмосферу, высокая механическая эластичность и экологичность.

Примером применения судов с СП является автовоз «Auriga Leader», предназначенный для перевозки автомобилей Toyota. На верхней палубе 200-метрового судна было размещено 328 СП, которые покрывают 7% от общего энергопотребления. Полученная энергия использовалась для освещения кают и запуска ряда технических приборов и устройств. В процессе эксплуатации установлены следующие недостатки, а именно: трудности с генерацией и накоплением энергии в неблагоприятных погодных условиях. В результате в ходе модернизации судно оснастили новой системой гибридного питания, и двигатель адаптировали под топливо с низким содержанием серы [8].



а)



б)

Рис. 5. Автовоз «Auriga Leader» (а);
солнечные панели на борту «Auriga Leader» (б)

Проведем анализ средней стоимости СП с учетом цены за 1 Вт производимой мощности в рублях [9–12]. Результаты представлены на рис. 6.

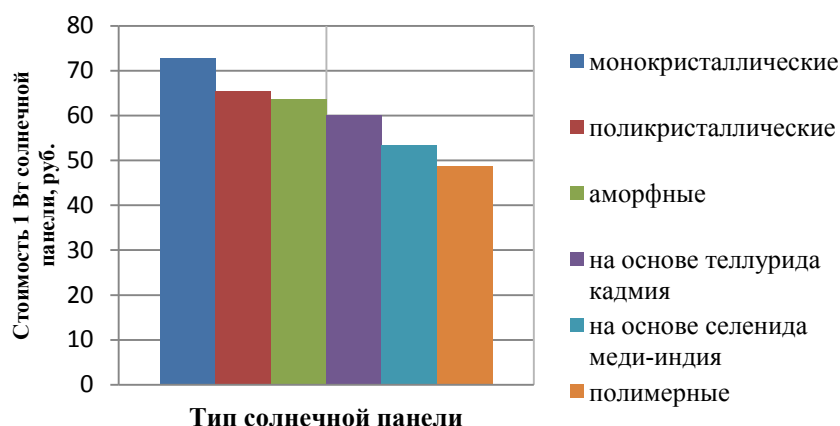


Рис. 6. Средняя стоимость СП с учетом цены за 1 Вт производимой мощности в рублях

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что для судостроения наиболее приемлемыми являются пленочные СП. Не стоит упускать тот факт, что суда в ходе эксплуатации постоянно испытывают продольный и поперечный изгиб, поэтому немаловажным показателем при выборе СП является высокий уровень механической эластичности, которым обладает ПСП.

Эффективность применение одного из указанных выше технологических решений получения энергии существенно снижается за счет не стабильных климатических условий в разных регионах планеты. Наиболее универсальным технологическим решением в судостроении можно считать использование судовых комбинированных систем (СКС) возобновляемых источников энергии: ВГ + СП.

На рис. 7 представлена схема СКС с непосредственным подключением генерирующих установок к распределительной сети объекта электроснабжения. Все основные функции по распределению и управлению потоками энергии в рассматриваемой СКС обеспечивает буферный накопитель электроэнергии (БНЭ), который состоит из двунаправленного импульсного преобразователя и блока аккумуляторных батарей.

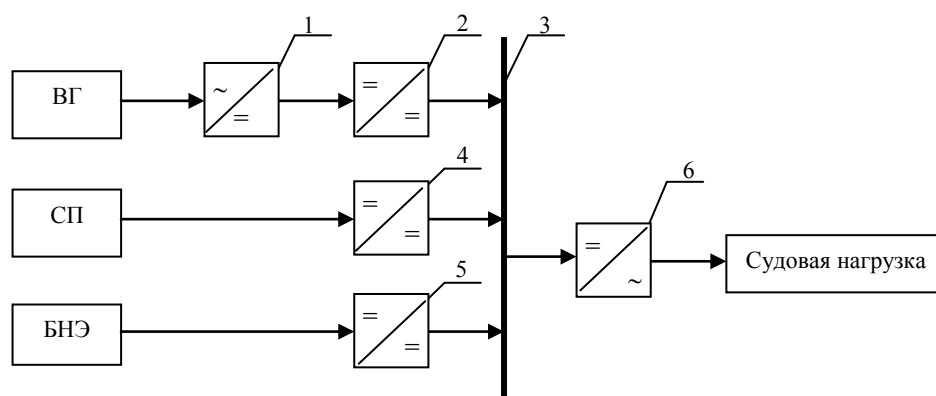


Рис. 7. Судовая комбинированная система: 1 – управляемый выпрямитель; 2, 4 – конвертор напряжения; 3 – шина переменного тока 220/380В, 50Гц; 5 – двунаправленный импульсный преобразователь; 6 – инвертор напряжения

Достоинством предлагаемой СКС является то, что функциональные возможности системы БНЭ могут быть существенно расширены: при введении в систему управления входных сигналов о текущих скоростях ветра с ВГ и величине солнечной радиации с СП. Также можно предусмотреть установку дополнительных модулей, которые позволят получать и обрабатывать информацию об условиях окружающей среды с метеорологического комплекса, рассчитать в режиме реального времени оптимальные значения текущих нагрузок для каждого генерирующего агрегата исходя из принципа максимума отбора мощности, и выбирать управляющие воздействия для каждого преобразователя генерирующего источника.

Создание и внедрение подобной системы обеспечит повышение энергетической эффективности СКС за счет:

- снижения удельного расхода топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии;
- увеличение ресурса дизель-генераторов;
- снижения себестоимости вырабатываемой электроэнергии, обеспечиваемого уменьшением общесудового расхода топлива;
- повышение уровня надежности судового электроснабжения, обеспечиваемого резервом генерируемых мощностей.

Зарубежный опыт говорит, что применение возобновляемых источников энергии возможно и позволяет сократить энергопотребление до 20%, что так же ведет к снижению эксплуатационных затрат, снижению вредных выбросов, тем самым к улучшению экологического состояния.

Список литературы:

- [1] Mark Z. Jacobson, Mark A. Delucchi Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials // Energy Policy. - № 39, 2011. - P. 1154–1169
- [2] Радченко Р.В. Водород в энергетике: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2014. – 229 с.
- [3] Energy efficiency in shipping Review and evaluation of the state of knowledge / H. Lassesson, K. Andersson/ Department of Shipping and Marine Technology Division of Sustainable.
- [4] Dykstra [Электронный ресурс]// WASP (Ecoliner). – Режим доступа: <http://www.dykstra-na.nl/designs/wasp-ecoliner/> (дата обращения: 10.05.2017).
- [5] Enercon [Электронный ресурс]// Classrenewalforthe ‘E-Ship 1’. – Режим доступа: https://www.enercon.de/en/news/news-detail/cc_news/show/News/class-renewal-for-the-e-ship-1/ (дата обращения: 17.05.2017).
- [6] Skysails [Электронный ресурс]// SkySails Propulsionfor CargoShips. – Режим доступа: <http://www.skysails.info/english/skysails-marine/news/> (дата обращения: 20.05.2017).
- [7] Ship Propulsion//Chalmers university of technology. – Göteborg, Sweden, 2009 – P. 37.
- [8] Ahmed A. Salem, Ibrahim Sadek Seddiek Techno-economic approach to solar energy systems onboard marine vehicles//Polish maritime research. – 3(91), 2016, Vol. 23. – P. 64–71.
- [9] Marineinsight [Электронный ресурс]//Auriga Leader – The World’s First Partially Propelled Cargo Ship. – Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/auriga-leader-the-worlds-first-partially-propelled-cargo-ship/> (дата обращения: 15.05.2017).
- [10] ЭнэроЛавка [Электронный ресурс]// Солнечные панели. – Режим доступа: <https://energolavka.ru/catalog/solnechnye-paneli/> (дата обращения: 12.05.2017).
- [11] Tiu [Электронный ресурс]// Солнечные панели. – Режим доступа: <https://nn.tiu.ru/Monokristallicheskie-solnechnye-elementy.html?category=1007/> (дата обращения: 12.05.2017).
- [12] GWS-Energy [Электронный ресурс] // Солнечные батареи. – Режим доступа: <http://gws-energy.ru/solnechnye-batarei/> (дата обращения: 12.05.2017).
- [13] Alibaba [Электронный ресурс] // Солнечные панели. – Режим доступа: <https://russian.alibaba.com/trade/search?SearchText=%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85+%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D0%B8&selectedTab=products&viewType=GALLERY> (дата обращения: 13.05.2017).

THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE SHIPBUILDING INDUSTRY

E.A. Cherepkova, N.I. Kshaltniy

Keywords: *alternative energy sources, sailing ships, wind generator, rotary ships, solar panels.*

The use of the alternative renewable energy sources in the shipbuilding industry is considered. The foreign experience of the use of ships using the wind and sun forces is given. The types of solar panels are given.

Статья поступила в редакцию 01.02.2018 г.

Раздел III

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



Section III

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

УДК 368.1

О.Л. Домнина, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**С.Е. Овченкова**, студентка ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СТРАХОВОГО РЫНКА ПФО

Ключевые слова: *региональный страховой рынок, Приволжский федеральный округ, страхование*

В статье приведен анализ состояния регионального страхового рынка на примере Приволжского федерального округа, показаны основные тенденции и отличительные особенности его развития от страхового рынка РФ.

Страхование является частью финансового рынка России. При этом регионы нашей страны имеют свои особенности социально-экономического развития, что влияет на развитие и страхового рынка. Данная работа посвящена анализу страхового рынка Приволжского федерального округа (далее ПФО). Ее целью является дать краткую характеристику данного регионального рынка, выявить особенности развития страхования в данном регионе. Уделено в ней внимание и Нижегородской области как части ПФО.

Основными показателями, характеризующими развитие страхования региона являются страховые премии (СП), страховые выплаты (СВ) и уровень выплат [1,2]. Динамика страховых премий по ПФО в отраслевом разрезе представлена в табл. 1, а структура страховых премий и страховых выплат в табл. 2.

Таблица 1

Динамика страховых премий по ПФО за 2014–2016 годы
(составлено на основании данных 3)

	2014	2015		2016	
	Страховые премии, руб.	Страховые премии, руб.	Темпы изменения, %	Страховые премии, руб.	Темпы изменения, %
Добровольное страхование, всего	91 526 878	78 827 845	–13,87	92 919 377	17,88
Страхование жизни	14 973 939	17 426 560	16,38	26 553 552	52,37
Страхование от несчастных случаев и болезней	14 896 471	11 253 303	–24,46	14 817 730	31,67
Медицинское страхование	9 404 485	9 632 867	2,43	9 657 067	0,25
Страхование имущества	48 094 853	37 238 437	–22,57	36 382 322	–2,30
Страхование гражданской ответственности	2 152 724	2 235 243	3,83	4 329 303	93,68
Страхование финансовых и предпринимательских рисков	22 557 803	22 261 191	–1,31	1 179 403	–94,70
Обязательное страхование	28 591 177	40 878 865	42,98	44 320 464	8,42
ОСАГО	27 363 819	39 798 645	45,44	43 072 989	8,23
Добровольное и обязательное страхование	120 780 815	120 386 920	–0,33	137 239 841	14,00

Таблица 2

Структура страховых премий и выплат по ПФО за 2014–2016 годы

	2014		2015		2016	
	доля СП, %	доля СВ, %	доля СП, %	доля СВ, %	доля СП, %	доля СВ, %
Добровольное страхование, всего	75,78	69,96	65,48	59,62	67,71	37,52
Страхование жизни	12,40	5,28	14,48	7,22	19,35	7,71
Страхование от несчастных случаев и болезней	12,33	2,89	9,35	2,71	10,80	2,73
Медицинское страхование	7,79	12,24	8,00	12,39	7,04	11,29
Страхование имущества	39,82	47,00	30,93	35,69	26,51	22,67
Страхование гражданской ответственности	1,78	2,37	1,86	1,51	3,15	0,82
Страхование финансовых и предпринимательских рисков	18,68	0,19	18,49	25,78	0,86	0,10
Обязательное страхование	23,67	29,93	33,96	40,10	32,29	54,68
ОСАГО	22,66	29,73	33,06	40,02	31,39	54,37
Добровольное и обязательное страхование	100	100	100	100	100	100

Анализируя данные статистики, можно отметить, что 2016 год оказался благополучным для страховых компаний, так как в соответствии с предыдущим годом наблюдается рост объемов страховых премий практически по всем видам страхования. Особенно высокий рост премий наблюдается в страховании гражданской ответственности (93,6%), в страховании жизни (52,4%) и в страховании от несчастных случаев и болезней (31,7%).

На протяжении трех лет структура страховых премий остается практически неизменной. Основная доля страховых премий приходится на добровольные виды страхования. При этом за последние три года наблюдается незначительное снижение доли страховых премий по добровольному страхованию (с 75,8% до 67,7%). В то же время доля страховых выплат резко сократилась за этот же интервал времени с 69,9% до 37,5%. Причиной данных изменений, на наш взгляд, послужил рост страховых выплат по ОСАГО. Среди добровольных видов страхования в ПФО наибольшая доля страховых премий приходится на страхование имущества (22,7% от общего объема премий по добровольному и обязательному страхованию).

Размер страховых выплат в ПФО, их уровень представлен в динамике за 2014–2016 годы в табл. 3.

Как видно из табл. 3, изменилось и соотношение между темпами роста страховых премий и страховых выплат. Следует отметить резкий рост за последние 3 года убыточности ОСАГО (с 65,3% в 2014 году до 80,9% в 2016 году), что вызывает ряд опасений о перспективах развития данного вида страхования. Значительные показатели убыточности демонстрирует и медицинское страхование (на уровне 75%).

В свою очередь, в добровольном страховании гражданской ответственности идет явная тенденция к снижению уровня выплат и потеря интереса со стороны страхователей. Скорее всего, это вызвано с увеличением лимитов ответственности по ОСАГО.

Страхование имущества является одним из крупнейших сегментов добровольного страхования, так как в 2014 году на его долю в совокупных страховых премиях приходится 39,82%. В последующие годы наблюдается снижение уровня страховых премий с 48,09 млрд. руб. в 2014 году до 36,38 млрд. руб. в 2016 году. Вероятнее всего, что данная тенденция связана с демпингом страховых компаний на фоне жилищного

кризиса. Вслед за уменьшением собираемых премий по страхованию имущества наблюдается и уменьшение страховых выплат. Сокращается по страхованию имуществу и уровень выплат с 58,7% в 2014 году до 39,9% – в 2016.

Таблица 3

Структура и динамика страховых выплат по ПФО
(составлено на основании данных 3)

	2014		2015		2016	
	Страховые выплаты, руб.	Уровень выплат, %	Страховые выплаты, руб.	Уровень выплат, %	Страховые выплаты, руб.	Уровень выплат, %
Добровольное страхование, всего	42 042 741	45,93	37 294 323	47,31	24 044 006	25,88
Страхование жизни	3 171 604	21,18	4 514 845	25,91	4 942 489	18,61
Страхование от НС и болезней	1 736 156	11,65	1 696 130	15,07	1 749 131	11,80
Медицинское страхование	7 355 145	78,21	7 748 069	80,43	7 234 708	74,92
Страхование имущества	28 245 852	58,73	22 325 541	59,95	14 528 232	39,93
Страхование ГО	1 421 401	66,03	943 560	42,21	527 723	12,19
Страхование финансовых и предпр. рисков	112 583	0,50	16 128 780	72,45	61 723	5,23
Обязательное страхование	17 983 448	62,90	25 083 266	61,36	35 044 216	79,07
ОСАГО	17 868 126	65,30	25 032 646	62,90	34 847 848	80,90
Добровольное и обязательное страхование	60 093 424	49,75	62 552 431	51,96	64 088 222	46,70

Если сравнивать тенденции развития страхования (табл. 4) в РФ и ПФО, то можно отметить, что большая доля страхования в РФ, как и в ПФО приходится на добровольное страхование. Тем не менее, в ПФО доля премий по добровольному страхованию значительно уступает общероссийскому (67,7% по ПФО против 83,4% в целом по РФ). Наблюдающаяся диспропорция между добровольным и обязательным страхованием вызвана, на наш взгляд, снижением реальных доходов населения в округе на фоне роста стоимости ОСАГО и увеличением по нему лимитов ответственности. В тоже время превышение доли страховых премий по ОСАГО в ПФО над общероссийскими показателями почти в два раза на фоне роста убыточности данного вида страхования может говорить о росте мошенничества в данном виде страхования.

Минимальное количество страховых премий приходится на долю страхования финансовых и предпринимательских рисков в ПФО. Кроме того, прослеживается значительная разница в динамике роста медицинского страхования в ПФО и РФ (0,25% в ПФО против почти 7% по России).

Анализируя сборы страховых премий, собираемые в регионах, которые входят в ПФО (табл. 5), можно обратить внимание на следующие тенденции. Представленные 14 регионов, которые входят в состав ПФО, различны по объему собираемых страховых премий. Можно выделить пятерку лидеров по объему собираемых страховых премий: Республика Татарстан (19%), Самарская область (15%), Нижегородская область (12%), Республика Башкортостан (11%), Пермский край (10%). В целом, структура рынка страхования в регионах рассматриваемого округа достаточно стабильна. По всем регионам ПФО наблюдается плавная динамика сбора страховых премий.

Таблица 4

**Сравнительные данные по структуре страховых премий
в Приволжском федеральном округе и Российской Федерации
(составлено на основании данных 3)**

	РФ			ПФО		
	Страховая премия, руб.	Доля, %	Темп изме- нения, %	Страховая премия, руб.	Доля, %	Темп изме- нения, %
Добровольное страхова- ние, всего	1 180 631 588	83,44	15,32	92 919 377	67,71	17,88
Страхование жизни	215 740 164	15,25	66,32	26 553 552	19,35	52,37
Страхование от несчаст- ных случаев и болезней	10 7990 780	7,63	33,50	14 817 730	10,80	31,67
Медицинское страхова- ние	137 816 419	9,74	6,87	9 657 067	7,04	0,25
Страхование имущества	459 851 300	32,50	22,72	36 382 322	26,51	-2,30
Страхование граждан- ской ответственности	241 287 847	17,05	7,41	4 329 303	3,15	93,68
Страхование финансо- вых и предпринима- тельских рисков	30 233 953	2,14	36,09	1 179 403	0,86	-94,70
Обязательное страхова- ние	17 945 078	1,27	-1,20	44 320 464	32,29	8,42
ОСАГО	234 368 827	16,56	7,17	43 072 989	31,39	8,23
Добровольное и обяза- тельное страхование	1 415 000 415	100,0	35,80	137 239 841	100,0	14,00

Таблица 5

**Структура и динамика страховых премий в ПФО
(составлено на основании данных 3)**

	Регион	СП, руб.			Доля СП,%		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
1	Республика Башкортостан	13 616 838	13 809 333	16 666 377	11,27	11,47	12,14
2	Кировская область	3 964 189	4 145 655	4 601 075	3,28	3,44	3,35
3	Республика Марий Эл	1 820 269	2 070 137	2 273 278	1,51	1,72	1,66
4	Республика Мордовия	1 936 014	2 115 840	2 361 076	1,60	1,76	1,72
5	Нижегородская область	15 024 508	15 382 057	17 121 804	12,44	12,78	12,48
6	Оренбургская область	6 760 263	6 430 791	7 041 816	5,60	5,34	5,13
7	Пензенская область	3 458 816	3 627 578	4 172 859	2,86	3,01	3,04
8	Пермский край	10 711 926	11 256 917	13 013 214	8,87	9,35	9,48
9	Самарская область	19 286 640	16 637 336	20 102 560	15,97	13,82	14,65
10	Саратовская область	7 799 488	7 011 444	7 948 691	6,46	5,82	5,79
11	Республика Татарстан	23 161 702	23 940 391	25 746 165	19,18	19,89	18,76
12	Удмуртская Республика	5 282 349	5 716 678	6 404 886	4,37	4,75	4,67
13	Ульяновская область	4 162 124	4 395 454	5 517 933	3,45	3,65	4,02
14	Чувашская Республика	3 795 689	3 847 309	4 268 107	3,14	3,20	3,11
	Всего по ПФО	120 780 815	120 386 920	137 239 841	100,0	100,0	100,0

Таблица 6

Отдельные показатели развития страхового рынка в ПФО
(составлено на основании данных 4,5,6,7)

№ пп	Регион	Количество региональных страховщиков		Среднеду- шевые дохо- ды насе- ления, руб.	Числен- ность насе- ления, чел.	Страховая пре- мия на душу населения, тыс. руб./чел.
		2015	2017			
1	Республика Башкортостан	2	1	28 141	4 066 972	4,098
2	Кировская область			21 202	1 291 684	3,562
3	Республика Марий Эл			18 243	684 684	3,320
4	Республика Мордовия		1	17 774	808 541	2,920
5	Нижегородская область	1	1	30 406	3 247 713	5,272
6	Оренбургская область			22 238	1 989 589	3,539
7	Пензенская область			21 679	1 341 526	3,111
8	Пермский край		1	28 726	2 632 097	4,944
9	Самарская область	6	6	26 488	3 203 679	6,275
10	Саратовская область	2	1	19 434	2 479 260	3,206
11	Республика Татарстан	15	12	32 813	3 885 253	6,627
12	Удмуртская Республика	1	1	23 895	1 516 826	4,223
13	Ульяновская область	2	2	21 985	1 252 887	4,404
14	Чувашская Республика	3	2	17 747	1 235 863	3,454
	Всего по ПФО	32	28	25 732,85	29636574	4,631
	По РФ			30 738	146 804 372	9,639

Проанализируем количество региональных страховых компаний, работающих в ПФО (табл. 6). За период времени с 2015 по 2017 годы наблюдается незначительное снижение количества страховых организаций на территории республики Башкортостан, Татарстан и Чувашской республики. Однако, в республике Мордовия и Пермском крае наблюдается положительная динамика. Основная концентрация страховых организаций приходится на республику Татарстан и Самарскую область. В целом, если в 2015 году на рынке ПФО работало 32 региональных страховых компаний, то к 2017 году их осталось 28.

По показателю страховой премии на душу населения видно, что в целом по ПФО он составляет лишь 4 631 руб./человека, в то время как в целом по России этот показатель равен 9 639 руб./чел., что говорит о недостаточном проникновении страхования на рынок в рассматриваемом округе. Лидируют в нем такие регионы как республика Татарстан (6 627 руб.), Самарская область (6 627 руб.), Нижегородская область (5 272 руб.), Пермский край (4 944 руб.). Одной из причин низкого проникновения страхования в ПФО являются более низкие показатели среднедушевых доходов населения (в среднем 25 732 руб. в ПФО против 30 738 руб. в среднем по России). В тех же регионах, где среднедушевые доходы повыше и приближаются к общероссийским (такие как республика Татарстан, Нижегородская область, Пермский край, республика Башкортостан) и проникновение страхования тоже выше.

Таким образом, подытоживая сказанное необходимо отметить, что:

- ПФО является достаточно развитым рынком страхования, так как он занимает второе место после Центрального федерального округа по объему собираемых премий;
- на динамику страхового рынка оказали влияние такие факторы, как социально-экономическое состояние региона и показатели уровня жизни населения;

– для развития страхования в регионе страховым компаниям необходимо изыскивать пути удешевления страховых полисов (использование франшиз, коробочных продуктов, развитие электронного документооборота и др.) а также разрабатывать мероприятия по выявлению и борьбе со страховым мошенничеством.

Список литературы:

- [1] Домнина О.Л., Заборин А. Анализ состояния Российского страхового рынка/ Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2013. – № 35. – С. 231–237.
- [2] Дюкина Т. О., Петров А. П. Статистические показатели в системе анализа страхового рынка// Инновации. – 2012. – № 6. – С. 59–62.
- [3] Статистические показатели и информация об отдельных субъектах страхового дела/ http://www.cbr.ru/finmarket/supervision/sv_insurance/ (дата обращения: 02.01.2017)
- [4] Ростова Е.П., Горохова А.В. Комплексный анализ страхового рынка регионов Приволжского Федерального округа/ Журнал «Регионология Regionology». – 2016. – №2. – с. 55–68
- [5] Реестры субъектов страхового дела/ <http://www.cbr.ru> (дата обращения: 02.01.2017)
- [6] Данные Росстата/ <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 02.01.2017)
- [7] Сайт Полномочного представителя Президента Российской Федерации в Приволжском федеральном округе. URL: <http://www.pfo.ru> (дата обращения: 02.01.2017)

THE VHD INSURANCE MARKET DEVELOPMENT ANALYSIS

O.L. Domnina, S.E. Ovchenkova

Keywords: *regional insurance market, Volga Federal district, insurance*

The article presents the regional insurance market state analysis on the example of Volga Federal District. The main Russian Federation insurance market development tendencies and peculiarities are shown.

Статья поступила в редакцию 09.01.2018 г.

УДК 338.1

О.С. Крайнова, к.э.н., доцент ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» (филиал в г. Н. Новгороде)

О.А. Суханова, ст. преподаватель ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» (филиал в г. Н. Новгороде)
603155, г. Нижний Новгород, ул. Б. Печерская, 51

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЫНКА КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В ЭКОНОМИКЕ СФЕРЫ УСЛУГ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

Ключевые слова: *аренда, вакантность помещений, доходность объектов, инвестирование в недвижимость, коммерческая недвижимость, производственно-складская недвижимость, спрос на недвижимость.*

Проведенная авторами оценка состояния экономики региона через призму состояния рынка аренды и продажи коммерческой недвижимости является распространенной в мире и демонстрирует тесную взаимосвязь показателей активности на рынке с показателями окупаемости бизнеса, доходности предприятий, расширения рабочих мест

и т.д. В статье показано, что объекты недвижимости занимают особое место в любой экономической системе, в т.ч. исходя из усредненных показателей занятости арендуемых офисных помещений, динамики роста или снижения арендных ставок, специалисты судят об общем экономическом состоянии региона и целесообразности инвестирования в соответствующие проекты развития недвижимости.

1. Введение

Аренда коммерческой недвижимости является эффективным индикатором не только для оценки уровня развития рынка, но и экономики в целом, а именно – рыночных отношений и социально-экономического развития региона и страны [1].

Исходя из усредненных показателей занятости арендуемых офисных помещений, динамики роста или снижения цен на аренду офисных помещений, судят об общем экономическом состоянии региона и целесообразности инвестирования в соответствующие проекты развития недвижимости.

При занятости помещений свыше 90–95% инвестиционная активность считается весьма перспективной – экономика на подъеме [2]. Среднегодовая занятость на уровне показателей менее 75–80% может свидетельствовать об общем экономическом спаде, что и демонстрирует рынок коммерческой недвижимости Нижнего Новгорода.

Статистические данные, чаще всего публикуемые в западных периодических и специальных изданиях для описания состояния на рынках недвижимости крупнейших городов мира, как правило, содержат информацию о ставках арендной платы (Rents) и показателях доходности (Yields) [3]. На сегодняшний день российская статистика не имеет возможности предоставлять подобную информацию и основывается только на показателях арендной платы, более того, статистика учитывает только цену, которая выставлена на активное предложение, и не учитывает фактическую цену сделки, что делает статистические данные недостаточно объективными.

Так, например, анализируя данные по ценам на аренду и продажу коммерческой недвижимости, можно увидеть ситуацию на 5–10 % лучше, чем имеющаяся информация о подтвержденных (непосредственно прошедших) сделках [4].

2. Материалы и методы

Анализируя динамику рынка на основе первичного исследования, отмечаем, что в 3 квартале 2017 года число объектов коммерческой недвижимости, предлагаемых к аренде в Нижнем Новгороде, снизилось на 7,6% по сравнению с предыдущим кварталом. Наиболее заметно сократилось число производственно-складских объектов (на 11,9%), тогда как число помещений формата «street retail» сократилось всего на 2,8% [4, 5].

По состоянию на 1 октября 2017 года в структуре предложения коммерческой недвижимости более половины (52%) составляют офисные помещения, за ними следуют объекты «street retail» – за 3 месяца их доля выросла до 32%. На индустриальную недвижимость приходится 16% предложений об аренде.

Большинство объектов формата «street retail», представленных на нижегородском рынке, расположено в Верхней части города (59%), в том числе 35% – в Нижегородском районе. Вторую позицию занимает Советский район с показателем – 17%. На третьем месте – Автозаводский район, его удельный вес в общем объеме предложения равен 13%. При исследовании выявлена следующая структура помещений по площади (рис. 1):

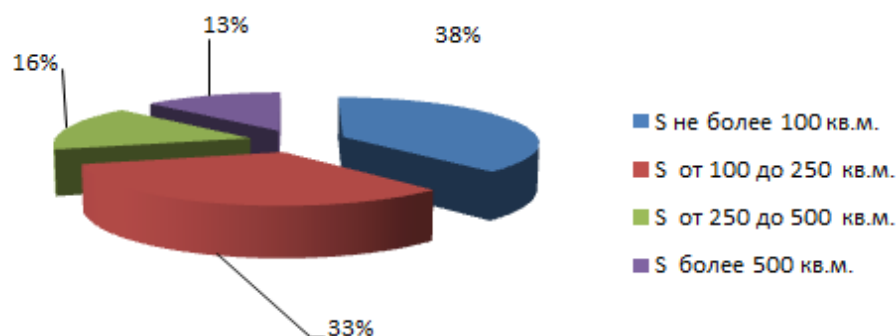


Рис. 1. Доля недвижимости по размеру площадей в формате «street retail» в 2017 г. (составлено авторами по материалам [4])

Таким образом, из рис. 1 видно, что наибольшую долю торговых помещений (38%) составляют помещения площадью не более 100 кв. м, на крупногабаритные же помещения, площадью более 500 кв. м, приходится 13% от общего числа объектов. В динамике средняя площадь помещений формата «street retail» в 3 квартале 2017 года возросла на 10 кв. м и составила 140 кв. м.

На рынке офисных помещений наиболее широко представлена «верхняя часть» города – на нее приходится 70% от общего числа объектов, в том числе 45% офисов расположено в Нижегородском районе. На Советский район приходится 17% офисов. Удельный вес каждого из других районов не превышает 9%.

Площадь 46% помещений составляет до 100 кв. м, эта доля продемонстрировала рост на 6 п.п., тогда как доля помещений с площадью от 100 до 250 кв. м возросла на 2 п.п. до уровня в 29%. Увеличился и удельный вес помещений площадью от 250 до 500 кв. м – с 10% до 13% (рис. 2). Эта тенденция нашла отражение и в росте средней площади предлагаемых в аренду офисов в Нижнем Новгороде, в частности, по состоянию на 1 октября 2017 г. она составила 116 кв. м, что на 22 кв. м выше, чем во 2 квартале.

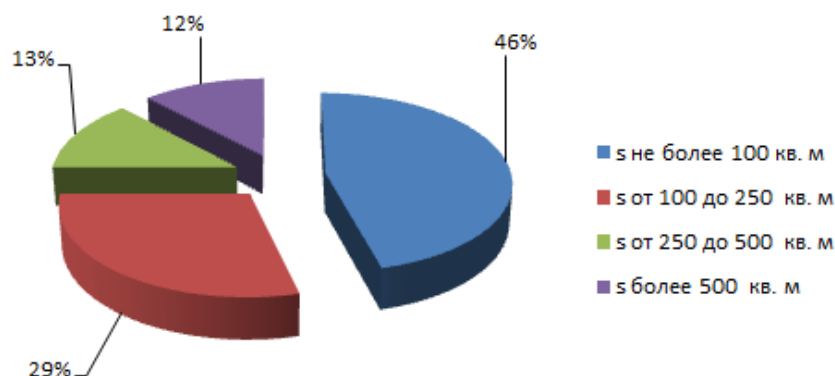


Рис. 2. Доля офисной недвижимости по размеру площадей в 2017 г. (составлено авторами по материалам [4])

Для рынка индустриальной недвижимости характерна обратная сегментам офисной и торговой недвижимости ситуация – здесь на «верхнюю часть» города приходится лишь треть предложения (33%). В «нижней части» города наиболее представлены Сормовский (21%) и Канавинский (17% объектов) районы.

Около трети предложения (32%) составляют небольшие производственно-складские объекты площадью до 250 кв. м., причем на более крупные склады площадью

более 500 кв. м приходится 46% предложения. По состоянию на 1 октября 2017 года средняя площадь производственно-складских помещений в Нижнем Новгороде составляла 400 кв. м, тогда как в области это значение в 2,5 раза выше – 1000 кв. м.

Демонстрируемая динамика позволяет говорить о том, что отсутствие новых крупных объектов на рынке коммерческой недвижимости Нижнего Новгорода при условии возросшей активности арендаторов привело в 3 квартале 2017 года к сокращению объемов предложения и снижению уровня вакантности помещений. В сегменте «street retail» он составляет около 30%, для офисов – около 25%, а в сегменте индустриальной недвижимости равен 30% [4].

Наибольшим спросом в минувшем квартале пользовались у арендаторов офисные помещения – на них приходилось более половины запросов (52%). Доля торговых помещений формата «street retail» в 3 квартале снизилась с 39 до 28%, а складов – с 24% до 20% соответственно.

При анализе спроса выявлено, что в сегменте «street retail» наибольшую активность проявляют продуктовые операторы. Самыми востребованными помещениями для них являются объекты площадью до 200 кв. м. Стабильный спрос формируют и предприятия общественного питания, причем эксперты отмечают рост числа новых заведений с более высоким средним чеком. В целом по сегменту 2/3 запросов арендаторов приходилось на помещения площадью до 100 кв. м, расположенные в «верхней части» города.

Рынок офисных помещений в Нижнем Новгороде также не пополнился новыми объектами. При этом интерес со стороны арендаторов к этому сегменту заметно вырос, офисный рынок постепенно восстанавливается. Наибольшим спросом в 3 квартале 2017 года пользовались недорогие офисы класса В и С, что касается наиболее востребованного размера офисов, то 42% арендаторов интересовали помещения площадью от 100 до 250 кв. м.

Спрос на рынке производственно-складской недвижимости в 3 квартале 2017 года оставался стабильным. Традиционно наиболее высокую активность в этом сегменте проявляют ритейлеры (более 50% в структуре спроса), дистрибьюторские и производственные компании (15–20%). Более половины арендаторов (58%) интересовали помещения площадью более 500 кв. м. Основные требования к помещениям: ровный пол, потолки не менее 6 м, наличие автораппы.

На рынке инвестиций в коммерческую недвижимость в 3 квартале 2017 года позитивные тенденции были несколько занижены опасениями инвесторов вследствие нестабильности в банковском секторе.

Продолжая исследование, обратимся к общероссийской статистике [6, 7, 8, 9]. Так, в целом за 9 месяцев 2017 года по данным Colliers International объем инвестиционных сделок на российском рынке недвижимости составил 2,7 млрд. долл. Наибольшее число сделок было заключено в сегменте торговой недвижимости (37%). На офисы пришелся 31% спроса. Необходимо отметить, что на Москву и Санкт-Петербург суммарно пришлось 93% от общего объема сделок, тогда как на регионы – всего 7%. Согласно прогнозу Colliers International по итогам 2017 года общий объем инвестиционных сделок составит около 4,5 млрд. долл. [5].

Что касается Нижнего Новгорода, то в 3 квартале 2017 года был зафиксирован рост числа запросов на покупку коммерческой недвижимости на 22% по сравнению с предыдущим кварталом. При этом соотношение интереса покупателей к различным сегментам рынка близко к общероссийскому: 38% запросов приходилось на торговые помещения, 31% – на офисную недвижимость. Как и ожидалось, в 3 квартале 2017 года на рынке коммерческой недвижимости Нижнего Новгорода продолжилось оживление. Рост арендных ставок был зафиксирован в сегменте торговой и складской недвижимости, коммерческие условия для аренды офисных помещений не изменились.

Вслед за ростом спроса со стороны потенциальных арендаторов стали расти и ставки на аренду помещений формата «street retail», следуя классическим экономиче-

ским законам. В 3 квартале 2017 года средняя ставка увеличилась на 2,9%, составив 691 руб. за 1 кв. м. Возросло и число помещений, предлагаемых к аренде по ставке от 500 до 750 руб. – в настоящее время оно составляет 31% [4].

Почти четверть от общего числа помещений формата «street retail» приходится на объекты со ставкой от 750 до 1000 руб.

По районам города рост стоимости аренды происходил неравномерно: наибольшее увеличение было зафиксировано в Ленинском, Приокском и Сормовском районах. Тем не менее, Нижегородский район по-прежнему остается самым дорогим с точки зрения аренды торговой недвижимости. Средняя арендная ставка здесь составляет 750 руб. за 1 кв. м. За ним следуют Автозаводский и Приокский районы с показателями 714 руб. за 1 кв. м и 711 руб. за 1 кв. м, соответственно. Дешевле всего торговые помещения можно арендовать в Московском районе (511 руб. за 1 кв. м).

Стоимость покупки помещений формата «street retail» в 3 квартале также возросла и составила 70 295 руб. Прирост составил 3,9%. Доходность объектов «street retail» за истекшие 3 месяца незначительно снизилась – с 11,9% до 11,8%. Средний срок возврата инвестиций составляет 8,5 лет.

Итоги 3 квартала 2017 года свидетельствуют о продолжающейся стабилизации на рынке офисной недвижимости. Арендная ставка за 3 месяца практически не изменилась, составив 561 руб. за 1 кв. м. При этом доля помещений, имеющих на рынке по ставкам от 500 до 750 руб., возросла на 2 п.п. до уровня в 44%.

Стоимость аренды по районам города изменялась разнонаправлено: в Ленинском и Автозаводском районах был отмечен рост, в Московском и Советском, напротив, снижение. Однако, в целом, ситуация не изменилась: самые дорогие офисы предлагаются в Нижегородском районе (в среднем, по 600 руб. за 1 кв.м), а самые дешевые можно арендовать в Московском районе (в среднем, 466 руб. за 1 кв. м).

Приобрести 1 кв. м офисных помещений можно за 66 250 руб. Таким образом, доходность офисной недвижимости составляет 10,2%, а срок окупаемости – 9,8 года.

В 3 квартале 2017 года был зафиксирован скачок арендных ставок на рынке производственно-складской недвижимости – за 3 месяца они выросли на 5,5% до уровня в 249 руб. за 1 кв. м. При этом ставки зависят от класса помещений: для объектов класса А они составляют от 265 руб. за 1 кв. м, для класса В – от 190 руб.

В Нижнем Новгороде 60% помещений предлагаются по ставке от 100 до 250 кв.м. В области индустриальная недвижимость значительно дешевле – средняя ставка аренды здесь равна 150 руб. за 1 кв. м. Однако, за последние 3 месяца она возросла на 30 руб. Самые дорогие склады расположены в «верхней части» города – Нижегородском и Советском районах (в среднем, 300 руб. за 1 кв. м). Самые бюджетные помещения находятся в Сормовском районе (200 руб. за 1 кв. м). Несмотря на рост арендных ставок, средняя стоимость покупки производственно-складской недвижимости в 3 квартале снизилась на 5,2% и составила 18 960 руб. В области она не превышает 14 400 руб.

Благодаря снижению стоимости покупки складской недвижимости и росту арендных ставок, доходность индустриальной недвижимости в 3 квартале возросла с 14,2% до 15,8%, а срок окупаемости сократился до 6,3 года.

3. Результаты

Наметившаяся в конце I полугодия 2017 года тенденция к оживлению на рынке коммерческой недвижимости в 3 квартале получила свое развитие. Рост спроса способствовал сокращению уровня вакантности коммерческих помещений, а также увеличению средних арендных ставок [10].

В сегменте торговых помещений «street retail» прогнозируется дальнейшее снижение доли незанятых помещений на 2–3% до конца года. Сокращению свободных площадей будут способствовать продуктовые операторы, а также предприятия обще-

ственного питания. Арендные ставки в сегменте «street retail» в 4 квартале 2017 года могут достигнуть 700 руб. за 1 кв. м.

На рынке офисных помещений Нижнего Новгорода до конца года также прогнозируется рост спроса, поскольку 4 квартал характеризуется стабильно высокой активностью в части заключения сделок по аренде и покупке офисов. Ставки аренды при этом могут вырасти на 1–2% до уровня в 570 руб. за 1 кв. м.

На рынке складской недвижимости ввод новых объектов ожидается лишь в 2018 году – к июню должна быть сдана первая очередь торгово-логистического парка на Московском шоссе. До конца 2017 года и предложение, и спрос, вероятнее всего, будут стабильны. Доля вакантных объектов до конца года, по мнению авторов, не изменится, а арендные ставки сохранятся на уровне 240–250 руб. за 1 кв.м.

4. Обсуждение

Таким образом, на основании обобщенной авторами аналитики рынок демонстрирует оживление в сегменте коммерческой недвижимости, что является положительным индикатором экономического положения региона. Традиционно активизация бизнеса и инвестиционной активности в регионе обязательно сопровождается активизацией на рынке офисной и складской недвижимости, повышением спроса, заполняемости и ставок арендной платы на первоклассные офисные помещения [11]. Однако следует отметить, что в первую очередь сейчас востребованы бюджетные офисы, что не позволяет в полной мере говорить о заполняемости офисов. При этом арендные ставки на «элитные офисы», значительно снизившись в 2014–2015 годах, так и не обозначили стремительного подъема в 2017 г.

5. Заключение

При увеличении инвестиционной привлекательности региона стимулируется новое строительство и реконструкция офисных комплексов, вслед за ними – служб современного сервиса (в том числе, информационно-аналитических, телекоммуникационных центров и технопарков), торговых комплексов, центров досуга и т.д. [12, 13].

Такие процессы сегодня характерны для крупнейших традиционных и новых центров деловой активности, как, например: европейских столиц, в том числе Москвы и Санкт-Петербурга, бурно прогрессирующих мегаполисов Юго-Восточной Азии, Китая и Индии [12]. В Нижнем Новгороде эти процессы так же имеют место быть, однако большинство из них были начаты еще до кризиса.

Объекты недвижимости занимают особое место в любой экономической системе, поскольку с ними прямо или косвенно связаны социальные интересы людей и хозяйственная деятельность субъектов. Недвижимость выступает в качестве естественного пространственного базиса, на котором осуществляется жизнедеятельность людей и составляет основу национального богатства страны.

Список литературы:

- [1] Суханова О.А. Рынок коммерческой недвижимости как индикатор состояния экономики. В сборнике: Научные труды Московского университета имени С.Ю. Витте Сборник научных статей. Московский университет им. С.Ю. Витте. Москва, 2016. С. 155–163.
- [2] Черемисин А.И. Категория «недвижимость» в методологии экономики недвижимости // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 2. № 70. С. 221–222.
- [3] Обзор рынка коммерческой недвижимости: Россия. ИТОГИ 2016-ПРОГНОЗ НА 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://in-res.com/news/2016-12-29-analitiki-podvodyat-itogi-goda-na-rossiyskom-rinke-kommercheskoj-nedvizhimosti.html> (дата обращения: 30.11.2017)
- [4] Аналитика ГК «Триумф» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://triumfnn.ru/> (дата обращения: 30.11.2017)

- [5] Обзор CBRE: итоги 2017 года и прогноз на 2018 год на рынке коммерческой недвижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdanie.info/2393/2467/news/11363> (дата обращения: 04.12.2017)
- [6] Аналитика Colliers за I квартал 2017 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hotelier.pro/news/item/2605-colliers/2605-colliers> (дата обращения: 30.11.2017)
- [7] Colliers International: Обзор рынка инвестиций, III квартал 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rgud.ru/market-news/colliers-international-obzor-rynka-investitsiy-iii-kvartal-2017/> (дата обращения: 30.11.2017)
- [8] Материалы V Ежегодного круглого стола по складской недвижимости Hard Industrial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3423254> (дата обращения: 30.11.2017)
- [9] Погорелова Ю. По итогам трех кварталов 2017 г. объем чистых инвестиционных сделок в России вырос на 40% / Ведомости. 10.10.2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://in-res.com/news/2016-12-29-analitiki-podvodyat-itogi-goda-na-rossiyskom-rynke-kommercheskoy-nedvizhimosti.html> (дата обращения: 30.11.2017)
- [10] Сатаева А.Е., Сатаева Д.М. Строительные диалекты: историческое наследие регионов России // Концепт. 2017. Т. 1. С. 65–70.
- [11] Прокофьев К.Ю. Рынок недвижимости: понятие, анализ (на примере рынка городской жилой недвижимости) // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 3 (354). С. 43–55.
- [12] Путятин С.А. Мониторинг рынка недвижимости и его использование в управлении недвижимостью. В сборнике: Прорывные научные исследования как двигатель науки. 2016. С. 85–86.
- [13] Кривов А.В. Формирование кадастра объектов недвижимости – формирование новейшей информационной технологии в экономике и управлении региональной недвижимостью в России. В сборнике: Теория и практика развития экономики на международном, национальном, региональном уровнях. 2014. С. 205–212.

THE COMMERCIAL PROPERTY MARKET IN THE SERVICE SECTOR'S ECONOMY ANALYTICAL REVIEW: A REGIONAL PERSPECTIVE

O.S. Kraynova, O.A. Sukhanova

Keywords: rent, premises vacancy, the objects profitability, real estate investment, commercial property, industrial property, demand for property.

The authors' regional economy state estimation through the prism of commercial real estate renting and selling market condition is common in the world and demonstrates the close correlation between the activity indicators in the market and the business return rates as well as the enterprises profitability, jobs expansion, etc. In the article it is shown that the real estate objects occupy a special place in any economic system considering the rented office premises average rates, the growth dynamics or rental rates reduction. Thus, one can judge about the region general economic state and the corresponding real estate development projects investment feasibility.

Статья поступила в редакцию 16.01.2018 г.

Раздел IV

**Экономика, логистика, управление
на транспорте**



Section IV

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

УДК 651.61:551.326

*М.А. Абдулатипов, руководитель ФГБУ «АМП Каспийского моря»
414016, г. Астрахань, ул. Капитана Краснова, 31*

*В.М. Иванов, зав. кафедрой, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕКУЩЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕДОКОЛЬНЫХ ПРОВОДОВ В МОРСКОМ БАССЕЙНЕ

Ключевые слова: модель, текущее планирование, ледокольная проводка, караван, оптимизация.

В статье приведена экономико-математическая модель текущего планирования ледокольных проводок в морском бассейне и показана ее работоспособность на условном примере. Приведены результаты расчетов при различных целевых функциях, отмечены общность и отличия в планах ледовых проводок при оптимизации по экономическим и технологическим критериям.

В настоящее время в 6 морских бассейнах, не считая Северного морского пути, существует необходимость в ледокольных проводках караванов судов. Однако вопросы планирования организации ледокольных проводок до настоящего времени не стали предметом тщательного исследования научного сообщества. Вместе с тем, именно от эффективной организации работы флота в зимний период в значительной степени зависит привлекательность отрасли с позиции бизнес-клиентуры. Не случайно, одной из причин низкой конкурентоспособности водного транспорта называют ограниченность периода его работы в зимний период [1, 2].

В части организации ледокольных проводок в настоящее время принимаются решения на двух уровнях:

- стратегическом, когда на 1–2 года Федеральным агентством «Росморречфлот» формируется специальная комиссия, которая разрабатывает План расстановки ледоколов в зимний период, где по каждому бассейну указываются координаты мест сбора судов в караваны, а также количество, тип ледоколов и условия их работы (на постоянной основе, в аренде и т.п.);
- оперативном, когда приказами капитанов морских портов создаются комиссии по ледокольным проводкам, которые формируют штабы ледокольных проводок, функционирующие с момента наступления первых признаков льдообразования и до завершения нахождения льдов в акватории морских бассейнов.

Однако уровень текущего планирования, который по своей сути должен увязать оперативные решения со стратегическими, в настоящее время фактически отсутствует. А о том, что такая увязка необходима, говорит то, что за 1–2 года вперед практически невозможно хотя бы приблизительно определить перспективы работы ледоколов в конкретном морском бассейне. Предсказать с достаточной степенью вероятности ледовые условия и количество запланированных к ледокольной проводке судов возможно не ранее, чем за 1–2 месяца до начала льдообразования. Именно в этот период и должен разрабатываться текущий план ледокольных проводок судов в морском бассейне. На наш взгляд, одной из причин отсутствия такого плана является недостаточность соответствующих методических разработок.

В современных условиях разработка такого плана целесообразна с использованием компьютеров на основе соответствующих экономико-математических моделей [3–5]. Один из возможных вариантов такой модели приведен ниже.

При формировании экономико-математической модели приняты следующие обозначения:

i – индекс типа ледокола, $i \in I$;

j – индекс рейса ледокола из одного пункта морского бассейна в другой, $j \in J$;

l – индекс пункта (порта), $l \in L$;

z – индекс каравана судов, определяющий количество одновременно проводимых судов за один рейс, $z \in Z$;

x_{ijlz} – количество отправок ледоколов i -го типа в j -ый рейс из l -пункта с z -ым караваном судов, ед.;

g_{ijlz} – количество грузовых судов с ледоколом i -го типа на j -ом рейсе, отправляемых из l -пункта в составе z -го каравана, ед.;

G_{jl} – количество грузовых судов, которое необходимо отправить из l -го пункта в j -ый рейс, ед.;

f_{ijlz} – потребность в ледоколах i -го типа на одно отправление на j -ом рейсе, отправляемых из l -пункта с z -ым караваном судов; судо-сутки; рассчитывается на основании суммы времени рейса с учетом минимально-необходимых начально-конечных операций и времени ожидания ледоколом формирования каравана;

F_i – наличие ледоколов i -го типа, судо-сутки;

$p_{ijlz}^{s_{bx}}$ – параметр, характеризующий отправление ледоколов i -го типа в j -ый рейс из l -пункта с z -ым караваном судов;

$p_{ijlz}^{s_{bx}}$ – параметр, характеризующий прибытие ледоколов i -го типа по завершении в j -го рейса в l -пункт с z -ым караваном судов;

ε_{ijlz} – эксплуатационные расходы ледоколов i -го типа за 1 отправление на j -м рейсе из l -го пункта с z -ым караваном судов, руб.

В принятых обозначениях экономико-математическая модель формирования навигационного плана ледокольной проводки судов имеет вид:

функция цели: Эксплуатационные расходы ледоколов на ледовые проводки должны стремиться к минимуму:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} \varepsilon_{ijlz} \cdot x_{ijlz} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях:

1. Необходимо за плановый период отправить все грузовые суда в j -ые рейсы из l -ых пунктов морского бассейна:

$$\sum_{i \in I} \sum_{z \in Z} g_{ijlz} \cdot x_{ijlz} = G_{jl} \text{ при условии } j \in J \wedge l \in L \quad (2)$$

2. Потребность в судах i -го типа для освоения заданного количества ледовых проводок не должна превышать их наличие:

$$\sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} f_{ijlz} \cdot x_{ijlz} \leq F_i \text{ при условии } i \in I \quad (3)$$

3. Сумма выходящих из l -го пункта ледоколов и приходящих в него в целом за плановый период должна быть равна нулю:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{z \in Z} p_{ijlz}^{s_{bx}} \cdot x_{ijlz} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{z \in Z} p_{ijlz}^{s_{bx}} \cdot x_{ijlz} = 0 \text{ при условии } l \in L \quad (4)$$

5. Переменные должны быть больше нуля:

$$X_{ijlz} \geq 0 \text{ при условии } i \in I \wedge j \in J \wedge l \in L \quad (5)$$

Рассмотрим возможности модели на следующем гипотетическом примере.

Пример. Необходимо сформировать план ледокольных проводок при наличии в условном морском бассейне двух ледоколов разных типов: ледокол 1 – менее мощный, ледокол 2 – более мощный и, соответственно, имеющий более высокие эксплуатационные расходы. В морском бассейне имеются два порта, расположенные соответственно в пунктах Б и В, в которые (из которых) в точку чистой воды морской акватории (пункт А) осуществляется ледокольная проводка караванов судов. Продолжительность периода ледокольных проводок судов принята 5 месяцев: с пятнадцатого ноября текущего года по 15 апреля следующего года, или 120 календарных дней.

Продолжительность рейсов приведена в таблице 1. В этой же таблице указано плановое количество судов, подлежащих ледокольной проводке и пункта А в порты Б и В и выводу из портов в точку чистой воды при условии, что часть из них будет передислоцирована после выгрузки в одном порту под погрузку в другой порт.

Таблица 1

Продолжительность рейсов ледоколов во льдах

Тип ледокола	Рейсы					
	из А в Б	из А в В	из В в А	из Б в А	из В в Б	из Б в В
Продолжительность рейсов ледокола 1, сут.	0,75	1,10	1,05	0,70	0,50	0,55
Продолжительность рейсов ледокола 2, сут.	0,70	1,00	0,95	0,65	0,45	0,5
План отправления грузовых судов, ед.	70	450	12	432	24	82

В караване может быть от 1 до 5 грузовых судов. Также предусмотрена возможность передвижения ледоколов между пунктами А, Б, и В без каравана.

На основании принятых значений в соответствии с приведенной экономико-математической моделью была сформирована матрица для решения задачи симплекс-методом. Результаты решения в Excel посредством функции «Поиск решения» показали, что для выполнения плана отправления грузовых судов необходимо выполнить 215 ледокольных проводок плюс один рейс ледокола 2 из пункта В в пункт А без каравана судов. При этом в среднем в караване должно быть 4,97 единиц судов, а среднее время ожидания ледокольной проводки одним судном составит 1,41 сут. Время ожидания конкретным судном ледокольных проводок (t_{ijlz}) рассчитывалось по формуле:

$$t_{ijlz} = t_{ijlz}^c - t_{ijlz}^z, \quad (6)$$

где: t_{ijlz}^c – момент прибытия грузового судна в l -ый пункт для последующего отправления в j -ый рейс в составе z -го каравана судов с i -ым ледоколом, сут.;

t_{ijlz}^z – момент отправления i -го ледокола из l -го пункта в j -ый рейс с z -ым караваном судов, сут.

Усредненные значения размеров караванов и времени ожидания судами по направлениям движения приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Усредненные параметры ледовых проводок по рейсам ледоколов
с караванами судов (вариант 1)**

Показатели	Рейсы					
	из А в Б	из А в В	из Б в В	из В в А	из В в Б	из Б в А
Среднее количество судов в караване, ед.	5,0	5,0	4,0	5,0	4,4	5,0
Среднее время ожидания ледокольной проводки одним судном в начальном пункте рейса, сут.	3,47	0,57	22,5	0,54	10,94	2,92

Для организации ледокольных проводок потребуется работа ледокола 1 в течение всего планового периода и ледокола 2 в течение 73,6% планового периода.

Очевидно, что при организации ледокольных проводок целесообразно принимать во внимание не только эффективную работу ледокольного флота, но и учитывать потребности в сокращении расходов по флоту как за время самих ледокольных проводок, так и за время их ожидания. Поэтому авторами был выполнен второй вариант расчета, где в качестве функции цели выступали суммарные расходы по ледокольному и грузовому флоту:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} (\mathcal{E}_{ijlz} + \mathcal{E}_{ijlz}^e) \cdot X_{ijlz} \rightarrow \min \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{ijlz}$ – эксплуатационные расходы по грузовым судам за время их ледокольной проводки и ожидания при движении за i -ым ледоколом за j -ый рейс из l -го пункта в составе z -го каравана, руб.

Результаты расчета по второму варианту показали, что для выполнения плановых показателей (см. табл. 1) аналогично первому варианту необходимо выполнить 215 ледокольных проводок плюс два рейса ледоколов без каравана судов: ледокола 1 из пункта В в пункт А и ледокола 2 из пункта В в пункт А. В среднем в караване должно быть 4,97 единиц судов, но среднее время ожидания ледокольной проводки одним судном составит 1,39 сут. Усредненные значения размеров караванов и времени ожидания судами по направлениям движения приведены в таблице 3. Из нее следует, что лишь на рейсе из пункта В в пункт Б произошли изменения по сравнению с предыдущим вариантом плана. При этом потребность в ледоколах и эксплуатационные расходы по ним не изменились по сравнению с предыдущим вариантом, в то время как расходы по судам снизились на 1,1%.

Таблица 3

**Усредненные параметры ледовых проводок по рейсам ледоколов
с караванами судов (вариант 2)**

Показатели	Рейсы					
	из А в Б	из А в В	из Б в В	из В в А	из В в Б	из Б в А
Среднее количество судов в караване, ед.	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Среднее время ожидания ледокольной проводки одним судном в начальном пункте рейса, сут.	3,47	0,57	22,5	0,54	10,0	2,92

Поскольку при изменении функции цели не произошло существенных изменений в плане ледокольных проводок, то авторами статьи было решено в формуле (3) вместо знака неравенства поставить знак равенства, т.е. условие 2 модели примет вид – потребность в судах i -го типа для освоения заданного количества ледовых проводок должна точно соответствовать их наличию:

$$\sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} f_{ijlz} \cdot x_{ijlz} = F_i \text{ при условии } i \in I \quad (8)$$

Причиной внесения данного изменения связана с тем обстоятельством, что в соответствии с планом ледокольных проводок, разрабатываемым на уровне ФА «Росморречфлот», предполагается обязательная готовность ледоколов к работе в течение всего планового периода. В качестве функции цели аналогично предыдущему варианту были приняты суммарные расходы по ледокольному и грузовому флоту.

Результаты расчета показали, что потребность в ледокольных проводках караванов судов составляет 215 рейсов. Но при этом резко выросло число рейсов ледоколов без караванов, а именно ледокола 2 из пункта А в пункт В – 15 рейсов, из пункта Б в пункт А – 16 рейсов, из пункта В в пункт В – 17 рейсов. Что касается среднего количества судов в караване и времени ожидания грузовыми судами ледокольной проводки, то здесь по сравнению с предыдущим вариантом изменений нет. Расходы по ледоколам выросли по сравнению с первым и вторым вариантами – на 6,9%, а расходы по грузовым судам за время их проводки и ожидания стали больше на 4,4% по отношению ко второму варианту и на 3,2% по отношению к первому.

В следующем, четвертом варианте расчетов авторы решили взять в качестве функции цели минимизацию общего времени ожидания грузовыми судами:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} t_{ijlz} \cdot x_{ijlz} \rightarrow \min. \quad (9)$$

При этом сохранено условие обязательности работы двух ледоколов в течение всего планового периода ледокольных проводок.

Результаты расчетов показали, что данный вариант плана полностью повторяет предыдущий как в части числа проводок, рейсов ледоколов без караванов судов, так и в части среднего размера караванов и времени ожидания судами ледокольных проводок. Аналогична ситуация и в части экономических показателей – они полностью идентичны предыдущему варианту расчетов.

И, наконец, авторы решили проанализировать еще один возможный вариант расчетов, когда в качестве функции цели принимается максимизация количества ледокольных проводок:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{z \in Z} x_{ijlz} \rightarrow \max \text{ при условии, что } z \neq 0 \quad (10)$$

при условии нахождения двух ледоколов в работе в течение всего планового периода. Рассуждения в части актуальности этого варианта сводились к тому, что ледоколы фактически представляют услуги по ледокольным проводкам грузовым судам, поэтому в современной транспортной системе обслуживания количество предоставляемых услуг желательно наращивать [6].

Результаты расчетов показали, что в этом, пятом варианте предполагается 271 рейс ледоколов и все с караванами судов. При этом в караване в среднем может находиться 3,95 судов, а среднее время ожидания одним судном ледокольной проводки составит 1,84 сут. Изменяются также и размеры караванов судов по направлениям движения и время ожидания грузовыми судами в пунктах отправления (см. таблицу 4).

Таблица 4

**Усредненные параметры ледовых проводок по рейсам ледоколов
с караванами судов (вариант 5)**

Показатели	Рейсы					
	из А в Б	из А в В	из Б в В	из В в А	из В в Б	из Б в А
Среднее количество судов в караване, ед.	2,2	5,0	1,0	5,0	1,5	2,3
Среднее время ожидания ледокольной проводки одним судном в начальном пункте рейса, сут.	4,5	0,57	40,0	0,54	15,6	3,76

В части экономических показателей можно сказать, что если по ледоколам ситуация по сравнению с 3 и 4 вариантами не изменилась, то расходы по грузовым теплоходам выросли по сравнению с наиболее оптимальным в этом отношении вторым вариантом на 28,4%.

Подводя итог приведенным исследованиям можно сказать, что выбор критерия оптимизации при разработке текущего плана связан со значительным количеством факторов влияния. Тем не менее, из представленного выше материала следует, что простое увеличение числа рейсов может привести к обратному относительно ожидаемого результату. Иллюстрацией последнего тезиса является вариант расчетов под номером пять, где, казалось бы, можно было ожидать улучшения обслуживания грузового флота, а вместо этого, показатели использования как ледоколов, так и грузовых судов существенно ухудшились.

Что касается первых четырех вариантов расчетов, то они во многом позволили получить аналогичные результаты, хотя в вариантах 3 и 4 количество рейсов ледоколов без караванов судов в условиях практической деятельности является чрезмерно большим. Однако этот фактор реально отрегулировать за счет введения соответствующих ограничений. Вместе с тем, результаты исследования свидетельствуют о том, что основные параметры плана ледокольных проводок при расчете по экономическому и технологическому критерию примерно аналогичны.

На наш взгляд, основным результатом выполненного исследования можно считать то, что приведенная выше экономико-математическая модель работоспособна, т.е. позволяет получать оптимальные решения при формировании плана ледокольных проводок судов в морском бассейне. Таким образом, при разработке текущих планов ледокольных проводок судов у специалистов появляется возможность «проиграть» значительное количество возможных вариантов решений и выбрать наиболее приемлемые из них. Тем более, что в перспективе ожидается существенный рост объемов перевозок водным транспортом в зимний период [7–9].

К сказанному можно добавить, что в соответствии с принципами непрерывного планирования [10] целесообразно не ограничиваться одним вариантом плана в момент начала ледовых проводок, а проводить такие расчеты через определенные интервалы времени, в течение которых возможно существенное изменение ранее принятых исходных данных, например, изменение процессов льдообразования, или интервала поступления судов в пункты отправления в рейс (например, так называемое «залповое» поступление судов, когда суда могут поступать на обслуживание с гораздо меньшим интервалом, чем это происходило ранее).

Список литературы:

- [1] Мониторинг развития внутреннего водного транспорта /Министерство экономического развития Российской Федерации. Департамент развития секторов экономики. – М.: 2016. 13 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/2637b043-9a00->

- 4e9b-83f0-57438d345393/montnsport_122016.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=2637b043-9a00-4e9b-83f0-57438d345393. Дата обращения: 20.10.2017.
- [2] Обзор российского транспортного сектора в 2016 году. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ru/pdf/2017/04/ru-ru-transport-survey.pdf>. Дата обращения: 20.10.2017.
- [3] Золотов В.В. Алгоритм автоматизированного формирования базовой схемы освоения плановых грузопотоков / В.В. Золотов, В.М. Иванов // Труды ГИИВТ.-Горький, 1980.-Вып. 173, ч. 1. – С. 66–71.
- [4] Кожухарь В.И. Проблемы совершенствования теории технического планирования на речном транспорте: автореферат диссертации на соискание уч.степени докт.техн.наук. – Горький, 1988. – 58 с.
- [5] Кузьмичев И.К. Совершенствование системы управления транспортным процессом на внутреннем водном транспорте: автореферат диссертации на соискание уч.степени докт.техн.наук. – Нижний Новгород, 2010. – 33 с.
- [6] Темникова А.А. Оценка работы ледокольного флота в Волго-Каспийском морском судоходном канале. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология, 2014. – №4. – С. 29–33.
- [7] United States Coast Guard. High Latitude Region Mission Analysis Capstone Summary. July 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://assets.fiercemarkets.net/public/sites/govit/hlssummarycapstone.pdf>. Дата обращения: 05.09.2017.
- [8] Ronald O'Rourke. Coast Guard Polar Icebreaker Modernization: Background and Issues for Congress. July 1, 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/233529641/RI-34391-Icebreaker>. Дата обращения: 05.09.2017.
- [9] Отраслевой портал «Российское судоходство». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rus-shipping.ru/ru/stats/?id=526>. Дата обращения: 20.10.2017.
- [10] Иванов В.М. Непрерывное планирование транспортного процесса – новый ресурс оптимизационных задач управления работой флота / В.М. Иванов, И.К.Кузьмичев // Наука и техника транспорта. – 2007. № 3. – С. 78–80.

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF CURRENT PLANNING OF ICEBREAKING CONDUCTINGS IN THE SEA BASIN

M.A. Abdulatipov, V.M. Ivanov

Key words: model, current planning, icebreaking conducting, caravan, optimization.

The article presents the economic-mathematical model of the current planning of icebreaking conductings in the sea basin and shows its working capacity on an example. The results of calculations for various objective functions are given, generality and differences in the plans of ice conductings by optimization of economic and technological criteria are marked out.

Статья поступила в редакцию 05.12.2017 г.

УДК 556.62

А.В. Брызгалов, аспирант ФГБОУ ВО ВГУВТ
Ю.Н. Уртминцев, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА

Ключевые слова: речные перевозки, организация работы флота, формы судоходства

Работа посвящена анализу современных форм организации перевозок и судоходства на внутреннем водном транспорте. Показаны произошедшие на рубеже двадцатого и двадцать первого веков изменения условий осуществления речных перевозок и способы адаптации к ним форм судоходства.

Рациональная организация перевозок всегда повышает эффективность работы судоходной компании. Учитывая, что флот технологически и организационно взаимодействует с другими объектами транспортной системы и внешней среды (портами, шлюзами, судоремонтными базами, грузоотправителями, грузополучателями, смежными видами транспорта и т.д.), работа флота должна быть согласована с работой этих элементов.

Типовые организационные подходы, ведущие к достижению согласованной работы флота и участников транспортного процесса, обычно рассматриваются как формы организации перевозок.

Следует отметить, что внутренний водный транспорт, как правило, обслуживает перевозки массовых грузов, что предполагает многократное отправление судов из пунктов погрузки. Это расширяет возможность применения устойчивых организационных форм работы флота.

На речном транспорте эксплуатационная наука традиционно выделяет две базовые (наиболее характерные) формы организации перевозок и, соответственно, организации работы флота как главного звена в перевозочном процессе – линейную и рейсовую [1]. При этом под линейной формой понимается обеспечение регулярного и ритмичного движения однотипных судов между определенными пунктами для освоения конкретного грузопотока, а под рейсовой – освоение перевозок судами любого типа и без установленной регулярности.

Линейная форма позволяет реализовать принцип оптимального соответствия типа судна и условий работы. Она создает также хорошую организационную основу для взаимодействия участников транспортного процесса, но требует наличия мощных и устойчивых грузопотоков. Рейсовая форма отличается большей гибкостью и применяется для освоения малых, неустойчивых грузопотоков, однако требует постоянных регулировочных решений и приводит к аритмичности транспортного процесса.

Основные научные проработки в области организации работы флота проводились во второй половине прошлого века для условий плановой экономики, при которой параметры работы транспорта, в том числе объемы перевозок грузов на предстоящую навигацию были заранее известны с достаточно большой вероятностью [1, 2, 3].

Условия эксплуатации речного флота в последние два десятилетия существенно изменились, в том числе:

- изменились социально-экономические условия в стране: на смену государственно-административной системе хозяйствования пришла рыночно ориентированная экономика;
- экономика страны периодически испытывает подъемы и спады, свойственные рыночной экономике;

- спрос на продукцию отдельных отраслей экономики и отдельных предприятий подвержен колебаниям;
- хозяйственные связи между предприятиями стали неустойчивыми;
- исчезла система централизованного планового распределения перевозок между видами транспорта и перевозчиками;
- возникла выраженная конкурентная среда, причем конкуренция проявляется как между судоходными компаниями, так и с предприятиями смежных видов транспорта.

В течение указанного периода на речном транспорте заметно упали объемы перевозок и, соответственно, уменьшилась доля мощных и устойчивых грузопотоков. При этом организация четко структурированных и стабильных грузовых линий часто бывает невозможна или нецелесообразна.

Современные условия эксплуатации флота заставили судоходные компании выработать форму судоходства, являющуюся промежуточной между линейной и рейсовой. Суть её состоит в том, что определенная группа флота закрепляется не за конкретным кольцевым маршрутом, охватывающим один или два (иногда три) грузопотока, а за группой грузопотоков (три, четыре и более). Такая форма позволяет сочетать элемент плановости и оптимальности транспортного процесса (для каждой группы флота на основании технико-экономических расчетов устанавливается сфера её работы) с возможностью оперативного перераспределения судов между грузопотоками при изменении объемов предъявления грузов. Подобную форму судоходства на морском транспорте называют «работа судов последовательными рейсами» [6, 7]. В последние годы на речном транспорте такая форма становится преобладающей.

Суть данной формы организации перевозок состоит в освоении определенной совокупности грузопотоков группой однотипных судов (закрепление группы флота за группой грузопотоков). При этом в течение навигации осуществляется многократное отправление судов по каждому грузопотоку, но без установленной регулярности (без постоянного интервала отправления).

Такая форма получила широкое распространение на речном транспорте не только вследствие уменьшения мощности грузопотоков, но и из-за неустойчивого характера многих из них. Сегодня при заключении договоров на перевозку грузов между судоходными компаниями и грузовладельцами часто не указывается объем перевозок, он определяется дополнительными соглашениями в течение навигации и подвержен значительным колебаниям по календарным периодам. В таких условиях менеджерам судоходных компаний приходится в рамках оперативного регулирования «перебрасывать» флот между грузопотоками (в рамках определенной группы грузопотоков). Данная форма судоходства является более устойчивой к колебаниям объемов грузопотоков, чем линейная.

Признаками рассматриваемой формы судоходства являются:

- наличие определенной группы территориально корреспондирующих грузопотоков, которые могут быть освоены одним и тем же флотом;
- грузы предъявляются в течение всей навигации или большей ее части;
- на перевозках используются однотипные суда;
- многократное отправление судов по каждому грузопотоку, но без постоянного интервала отправления;
- наличие типовых схем (маршрутов) движения флота (наличие ограниченного числа вариантов перехода судов между грузопотоками).

В условиях плановой экономики и достаточно стабильных грузопотоков отечественными учеными-эксплуатационниками основное внимание уделялось линейному судоходству, для которого были весьма глубоко и всесторонне проработаны его теоретические и методические основы [1, 2, 3, 6]. В настоящее время возникла потребность в создании подобных основ и для других форм судоходства.

Одним из важных вопросов при проведении исследований в этой области является формирование системы оценок (критериев), которая позволяла бы разделить спо-

собы освоения перевозок на типовые формы судоходства. При этом следует отметить определенное различие между понятиями «форма организации перевозок» и «форма организации работы флота». Первая из них затрагивает, прежде всего, интересы грузоотправителя – для него важно обеспечить согласованную с ним подачу судов (согласование по времени подачи и типам судов), вторая – интересы судовладельца, который должен сформировать план работы своих судов, обеспечивающий выполнение договоров на перевозку и рациональное использование флота.

Для определения формы организации перевозок (на конкретном грузопотоке) необходимо провести анализ таких параметров, как:

- период предъявления груза (время между первым и последним отправлением судов на грузопотоке);
- распределение перевозок по календарным периодам;
- коэффициент неравномерности перевозок по времени;
- количество отправок за период осуществления перевозок;
- средний интервал отправления (с дифференциацией по календарным периодам);
- степень устойчивости интервала отправления;
- типы используемых судов;
- степень однородности флота на перевозках;
- степень стабильности объемов грузовых отправок;
- количество перевозчиков, участвующих в освоении грузопотока;
- наличие или отсутствие доминирующего перевозчика.

Для оценки форм организации работы флота следует получить и проанализировать следующие характеристики:

- перечень грузопотоков, осваиваемых судами каждого типа;
- перечень грузопотоков, освоенных каждым судном определенного типа;
- степень устойчивости состава грузопотоков (повторяемости грузопотоков) для каждого судна определенного типа;
- наличие повторяющихся круговых рейсов (или оборотов) для судов определенного типа и каждого судна;
- показатель устойчивости схем работы каждого судна;
- показатель устойчивости схем работы судов определенного типа (или отдельных групп флота в рамках судов одного типа).

Источниками информации для проведения анализа форм организации перевозок и организации работы флота могут служить информационные массивы судоходных компаний, а также Администраций бассейнов внутренних водных путей, которые в рамках своей уставной деятельности осуществляют контроль за движением всех судов в рамках подведомственных бассейнов.

Проведение такого анализа позволит более четко выявить особенности современных форм судоходства, определить их эффективность, дать рекомендации по сфере рационального использования и конкретизировать систему оценок (критериев) для типизации существующих форм.

Список литературы:

- [1] Союзов А.А. Организация работы речного флота. – М.: Речной транспорт, 1957. – 516 с.
- [2] Малышкин А.Г. Организация и планирование работы речного флота: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
- [3] Ирхин А.П., Суворов В.С., Щепетов В.К. Управление флотом и портами: Учебник для вузов / Под ред. А.П. Ирхина. – М.: Транспорт, 1986. – 392 с.
- [4] Зачесов В.П. Технология и организация перевозок на речном транспорте: Учебное пособие для вузов / В.П. Зачесов, В.Г. Филоненко. – Ростов н/Д.: Феникс; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005. – 400 с. (Высшее образование)
- [5] Казаков Н.Н. Организация работы речного флота: учеб. пособие / Н.Н. Казаков; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 294 с.

- [6] Немчиков В.И. Организация и управление морским транспортом. – М.: Транспорт, 1982. – 344 с.
[7] Прокофьев В.А., Вепринская Т.А. Управление работой морского флота: Учебник. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 168 с.
[8] Бабурин В.А., Бабурин Н.В., Дмитриев В.И. Управление работой флота: Учебник / Под общей редакцией профессора В.А. Бабурина. – М.: МОРКНИГА, 2013. – 368 с.

MODERN FORMS OF ORGANIZATION OF WORK OF THE RIVER FLEET

A.V. Bryzgalov, Y.N. Urtminceva

Keywords: river transportation, organization of the fleet operation, forms of navigation

The work is devoted to the analysis of modern forms of transportations and navigation in inland water transport. The changes in the conditions for the implementation of river transportations and ways of adapting to them at the turn of the twentieth and twenty-first centuries are shown.

Статья поступила в редакцию 12.02.2018 г.

УДК 338.47:656[(47+57)+510]

В.И. Жмачинский, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
У Сяньюй, (КНР) аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКО-КИТАЙСКОГО ТОРГОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ (ТК)

Ключевые слова: транспортный коридор, торговый оборот, стратегия развития, Евразийский экономический союз (ЕАЭС), Шанхайская организация сотрудничества (ШОС), конкурентоспособность.

Стратегией социально-экономического развития России на период до 2020 г. ставится задача укрепления экономического сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона и прежде всего, с Китаем. Для решения этой задачи авторами статьи проведен анализ и дается оценка альтернативных вариантов развития транспортных коммуникаций в системе коридоров Восток-Запад-Восток. Рассматриваются перспективы развития существующих сухопутных и морских транспортных магистралей (Транссиб; БАМ; Южный морской путь), а также маршруты «Нового Шелкового пути (НШП)» и Северный морской путь (СМП). В результате делается вывод о перспективности развития Северного морского пути (СМП).

Организационно-экономические и политические реалии сегодняшнего дня требуют по-новому посмотреть на Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР) как на перспективный источник экономического роста. Трансформация территориальной структуры внешнеторговых связей оказывает существенное влияние на характер транспортного обслуживания на линии Китай-Россия-Европа. Отсюда вытекает миссия России – быть эффективной «связкой», активным посредником между Европой и АТР. В такой

стратегической постановке данная проблема непосредственно затрагивает двухсторонние интересы России и Китая.

Экономический интерес Китая определяется его транспортной стратегией, одним из ключевых направлений которой является формирование новых глобальных транспортных коммуникаций на линии Китай-Европа. И это не случайно. В последние годы страны ЕС занимают ведущее место среди партнеров КНР. Китай, в свою очередь, занимает 2-е место среди партнеров ЕС. Оборот двухсторонней торговли к 2015 году составил гигантскую сумму – 600 млрд. долл. Именно в силу этих причин Китай в 2013 г. инициировал разработку нового стратегического проекта «Экономический пояс Шелкового пути (ЭПШП)», главная идея которого состоит в создании сквозной транспортной магистрали от Тихого океана до Балтийского моря, включая и Россию.

Реализация проекта уже началась. Китай готов вложить в программу «Один пояс – один путь» до 40 млрд. долл. на строительство железных дорог, портов и других объектов транспортной инфраструктуры. По прогнозным оценкам в рамках этого грандиозного проекта ожидается довести товарооборот до 21 трлн. долл. в год. Новый «Шелковый путь» будет охватывать регионы Центральной и Западной Азии, которые еще остаются вне потоков экспортных товаров и капиталов КНР. Проект «Новый Шелковый путь», кроме международных, призван решать и задачи внутреннего развития страны. Во-первых, речь идет об экономической эффективности проекта, связанной с высокой доходностью и долгосрочностью. Во-вторых, проект будет способствовать развитию регионов Западного Китая и преодолению высокой асимметрии в социально-экономическом развитии регионов. В-третьих, выгода проекта для Китая связана с сокращением затрат на транспортировку (в сравнении с морским маршрутом).

Характеризуя двухсторонние отношения России и Китая, следует подчеркнуть, что с момента подписания в 2001 г. договора о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве процесс взаимного доверия и развития приобретает все большую и большую значимость. На фоне роста напряженности и конфронтации России и Запада российско-китайское сотрудничество развивается во всех межгосударственных сферах (внешнеполитической, экономической, военной и др.); общим признаком сотрудничества стал тренд под названием «поворот на Восток».

Одной из самых сложных сфер сотрудничества между Россией и КНР была и остается сфера экономического взаимодействия. Прежде всего, это связано с проблемой несопоставимости торгово-экономического потенциала двух стран. ВВП Китая в 2015 г. в 10 раз был выше ВВП России. Торговый оборот России составил всего около 3% внешней торговли Китая. По товарообороту Россия занимает 16 место среди торговых партнеров КНР. Показательна в этом отношении динамика товарооборота между двумя странами. В период с 2011 по 2014 гг. наблюдалась в целом позитивная, но достаточно противоречивая картина. В 2011 г. товарооборот достиг 79 млрд. долл., что на 42% больше 2010 г. В 2012 г. объем товарооборота составил 88 млрд. долл., с приростом в 11%. В 2013 г. произошло резкое замедление темпов роста: прирост – 1,1%, а объем товарооборота – 89,2 млрд. долл. Особого беспокойства это не вызвало, т.к. в 2014 г. прирост составил 6,8%, а товарооборот достиг 95 млрд. долл. По некоторым прогнозам в 2015 г. товарооборот должен был превысить 100 млрд. долл. Но ожидания не оправдались – товарооборот сократился на 28,6% и составил 68 млрд. долл. (в т.ч. экспорт России в КНР – 33 млрд. долл. (-20%), импорт из КНР – 35 млрд. долл. (-35%).

Справедливости ради, следует отметить, что замедление динамики торговли в 2015 г. КНР в целом, и в торговле с Россией в частности, связано с известными объективными факторами:

1. Замедление темпов экономического роста России и КНР;
2. Падением мировых цен на энергоносители и сырьевые товары, которые составляют более 70% российского экспорта в Китай;

3. Резкими колебаниями курса рубля к доллару, евро и юаню и снижением покупательной способности российских потребителей китайской продукции;

4. Введением западными странами экономических санкций по отношению к России, ухудшением внешнеторговых условий на мировом рынке, нестабильность финансового рынка и др.

5. Сокращением внешнеторгового оборота Китая на 316,64 млрд. долл. или на 8% (в т. ч. экспорт на 2,8%, импорт на 14,1%).

Территория России, соединяющая Запад и Восток является важной транзитной артерией для сухопутного транспортно-логического коридора. Однако вопрос о том, как реализация проекта «Новый Шелковый путь» повлияет на российско-китайское сотрудничество остается открытым и сложным.

Известно, что после распада Советского Союза, Китай, реализуя интеграционный процесс, создал Шанхайскую организацию сотрудничества (ШОС). Россия, стремясь сохранить позиции в Центральной Азии, сформировало Европейский экономический союз (ЕАЭС). Поскольку у ЕАЭС больше шансов на перспективу, Китай предложил объединить в будущем экономический пояс и ЕАЭС, создав благоприятные условия для повышения хозяйственной активности на территории Евразии.

При подключении России к проекту «Новый Шелковый путь» предполагалось, что путь пройдет по Среднему, Южному Уралу и северным территориям с возможным продлением до Казахстана. Это способствовало бы увеличению торговых оборотов и развитию транспортно-логистической инфраструктуры России. Однако Китаем в качестве газового варианта принят маршрут через Казахстан-Азербайджан, Грузию-Турцию. Другая трасса Шелкового пути пройдет через Иран. Маршрут по территориям Казахстан-Россия-Белоруссия еще обсуждается, несмотря на то, что он наиболее выгоден.

Таким образом, несмотря на близость политических интересов двух стран, в экономических отношениях сохраняются сдерживающие факторы развития: чрезмерная осторожность, сложный инвестиционный климат, негибкость законодательства, высокие ставки налогообложения, организационно-административные проблемы в создании совместных предприятий.

Масштабы товарооборота между Китаем и Европой (через Россию) в перспективе могут достигнуть гигантских размеров. Это потребует огромных инвестиций, эффективность которых будет зависеть и от географии маршрутов товарных потоков.

В настоящее время основные товарные потоки из Китая в Европу идут морским путем, который берет начало в городе Цюаньчжоу (провинция Фуцзянь). Далее маршрут следует через порты южнокитайских городов, Малаккский пролив и выходит в Индийский океан. По пути следования останавливается в торговых пунктах: Индии (Калькутте); Шри-Ланки (Коломбо); Мальдивах; Кении (Найроби). Далее маршрут продолжается по Красному морю, через Суэцкий канал, Грецию (Афины), Италия (Венеция) и выходит на сухопутный Шелковый путь (см. рис. 1).

Однако, перспективы развития товарооборота через Южный морской путь достаточно проблематичны. Речь идет, прежде всего, о большой протяженности этого пути. При нарастающей необходимости ускорения доставки ряда высокотехнологичных товаров потребителям использования этого маршрута имеет существенные ограничения. Следует также учитывать вероятность возникновения в перспективе ряда угроз в виде возможных препятствий со стороны США, монополизации морских перевозок западными транснациональными перевозчиками, роста тарифов на морскую торговлю, усиления конкуренции на транзитном контейнерном рынке и др. Все это вынуждает Китай искать и развивать трансконтинентальные сухопутные маршруты транзитных перевозок в контейнерном исполнении на линии Восток-Запад, в том числе и через Россию.

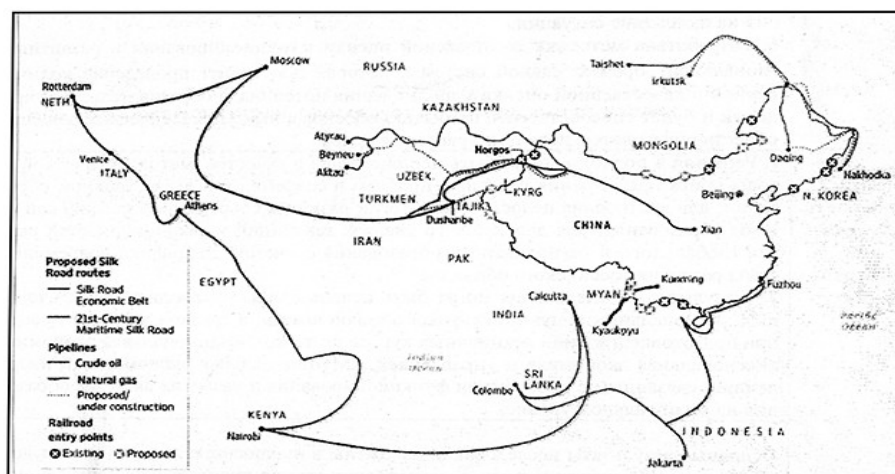


Рис. 1. Южный морской путь из Китая в Европу

Одним из стабильных транспортных коридоров на линии Восток-Запад-Восток является Транссибирская железнодорожная магистраль (Транссиб). Транзитные перевозки товаров в 41-дюймовых контейнерах осуществляется за 12–15 дней на расстояние 9–11 тыс. км. По сравнению с Южным морским путем экономия времени составляет 30 дней.

В течение последних лет в этом направлении сложилось несколько маршрутов доставки товаров на территории России. К примеру:

1. Гуанчжоу-Москва. Протяженность маршрута составляет 11500 км. При сроках доставки 14–15 дней. Отправка контейнеров производится еженедельно. Из Китая в Россию экспортируются товары повседневного спроса (бытовая техника, оборудование, одежда и т. д.). Импорт в Китай в основном продукты питания

2. Циндао-Москва (Санкт-Петербург). Маршрут берет начало в Циндао (провинция Шаньдун), через Маньчжурию в Москву, протяженностью около 8000 км, время доставки 20–22 дня.

В Циндао построен первый прибрежный мультимодальный транспортный центр таможенного контроля с подразделениями в портах Центральной Азии, Монголии. С открытием таможенных структур и расширением торговых отношений с Европой заметно расширилась сеть логистических каналов в Японии и Южной Кореи;

3. Баодин-Москва-Минск. Открытие этого маршрута грузовых перевозок позволило обеспечить прямой доступ Северного Китая к сухопутному транспортному коридору Восток-Запад. Протяженность маршрута около 9500 км, срок доставки грузов 12–14 дней. Основными отправителями грузов являются предприятия региона Пекин-Тяньзинь-Хэбэй, которые экспортируют в Россию изделия из пластмассы, автомобили, резину, аксессуары, одежду, меха, бытовую технику и другие предметы первой необходимости.

4. Харбин-Россия – маршрут, связывающий северные провинции Китая (Хэйлуни-зянь) с регионами России. Пробег от железнодорожной станции Харбин-Сяньфан в 6578 км. По железной дороге Биньчжоу до порта Маньчжурии, а затем по Транссибу 5574 км. до станции Билелан занимает 10–12 дней. Маршрут Харбин-Россия является одним из наиболее экономичных в коридоре Восток-Запад.

Вместе с тем, несмотря на некоторые традиции, следует отметить, что в силу неразвитости более сложных и современных механизмов организационно-экономического взаимодействия в рамках Транссиба, необходимо преодолеть ряд серьезных препятствий на пути перспективного развития магистрали. Речь, прежде всего, идет о переходе от отдельных стратегических областей к всестороннему взаимодействию, от

сотрудничества на межгосударственном к региональному и муниципальному уровню, от торговли энергоносителями и полезными ископаемыми к экспорту продукции перерабатывающих отраслей, сельского хозяйства, сферы услуг. Медленно развивается взаимодействие в области новых технологий. Сохраняют сложный характер таможенные и логистические процедуры, которые не соответствуют требованиям Всемирной торговой организации и Международной таможенной организации. Это приводит к дополнительным коммерческим затратам. Так, себестоимость экспорта одного контейнера в России составляет 2400 долл. а импорта 2600 долл., в то же время в Китае около 800 долл.

Расширяющиеся взаимодействие в области обрабатывающей промышленности и в сфере высоких технологий сдерживаются различиями в стандартах России и КНР, которые необходимо преодолеть путем ускорения процесса унификации стандартов.

Сотрудничество сторон в инвестиционно-финансовой сфере находится в зачаточном состоянии и это в то время, когда предприятия нуждаются в дополнительных источниках финансирования. К примеру, общий суммарный объем взаимных инвестиций в 2015 г. составил 9,6 млрд. долл. Из них 8,7 млрд. долл. со стороны Китая и лишь 0,9 млрд. долл. со стороны России. Финансовые санкции ряда западных стран в отношении России, резкое повышение волатильности российской валюты оказывают негативное воздействие на российско-китайское сотрудничество в финансовой сфере.

Указанные выше факторы ограничивают потенциальные возможности развития Транссибирской магистрали. Именно в связи с этими обстоятельствами на Петербургском экономическом форуме в 2013 г. был заявлен проект модернизации Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, целью которого является развитие транспортно-логистической инфраструктуры магистралей, расширение внешне экономических связей и укрепление статуса России в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

На реализацию проекта планируется направить 562 млрд. руб. (в т. ч. 302 млрд. руб. за счет средств ОАО «РЖД»), 150 млрд. руб. за счет Фонда национального благосостояния и 110 млрд. руб. за счет средств федерального бюджета РФ.

Бурный экономический подъем в Китае, с одной стороны, и ограниченные возможности существующих торговых путей (по суше – «Транссиб» и по морю Южный морской путь) привели к реанимации Шелкового пути. В начале 2014 г. глава КНР Си Цзиньпин представил проект «Нового Шелкового пути» (НШП), который предусматривает создание гигантского единого экономического пояса, включая многочисленные инфраструктурные объекты в Центральной Азии, России, Белоруссии, Европе.

Инициатива Китая носит интеграционный характер и основывается: во-первых, на объединении многих стран Азии и Европы; во-вторых, создание единой инфраструктуры; в-третьих, политической согласованности; в-четвертых, на развитых торговых взаимосвязях; в-пятых, на важных финансовых потоках. Базовым вариантом Нового Шелкового пути стал маршрут через Казахстан, который соединяет Китай со странами Балтии и Европы. По сравнению с Транссибирской магистралью протяженность маршрута через Казахстан короче на 2,8 тыс. км. В последнее время Китай проводит ускоренную модернизацию этого маршрута. В результате объем поставок грузов через Казахстан возрос с 15,2 млн. тонн в 2011 г. до 24,5 млн. тонн в 2015 г. Учитывая потенциальные возможности этого маршрута, его можно считать наиболее перспективным (рис. 2).

В связи с этим, если ранее основная часть грузов из стран Центральной и Восточной Азии перевозилась через Транссиб, то теперь уже половина товаров идет через Казахстан. Предполагается, что объемы перевозок через транскитайскую магистраль возрастут с введением в пограничном Достыке системы автоматического изменения ширины используемой колеи Talgo RD (с китайской колеи 1435 мм на российскую 1520 мм). В первое полугодие 2017 г. количество рейсов из Китая в Европу увеличилось по сравнению с 2016 г. на 612 (158%).

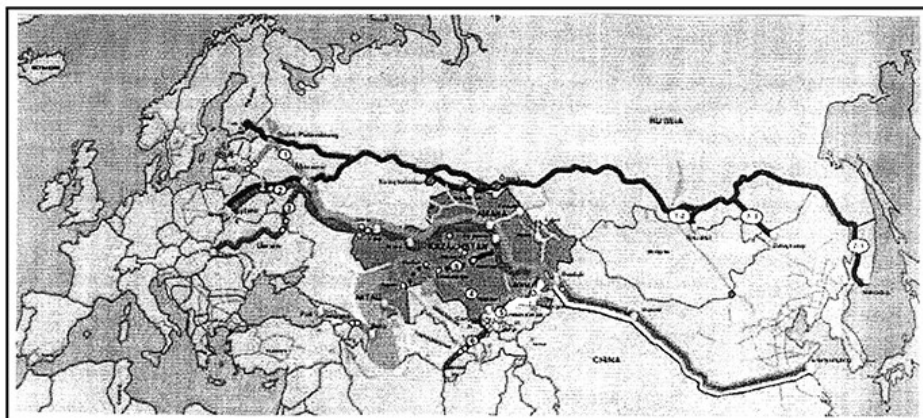


Рис. 2. Схема Транссибирской и Трансазиатской магистралей Восток-Запад

Основными маршрутами Нового Шелкового пути через Казахстан являются:

1. Чунцин-Дуйсбург через Казахстан, Россию, Беларусь, Польшу в Германию. Протяженность маршрута составляет 11 000 км. срок доставки 15 дней. Согласно таможенной статистике количество рейсов из Чунцина и в Чунцин составило около 45% от общего числа климатических и европейских рейсов, а стоимость перевозок – 85% от общей стоимости рейсов ЕС-Китай;

2. Чэнду–Лодзь через Казахстан, Россию, Беларусь в Польшу. Протяженность линии 9965 км. рейс занимает 14 дней. Маршрут открылся в 2013 году для перевозки локальной продукции JT-класса и другие экспортные товары. Ежегодная отправка товаров составляет 50–60 рейсов;

3. Чжэнчжоу-Гамбург через Казахстан, Россию, Беларусь, Польшу в Германию. Протяженность – 10245 км. пробег занимает 15 дней. Основными экспортерами товаров являются предприятия китайских провинций Хэнань, Шаньдун, Чжэцзян, Дучжэнь и другие города восточного Китая. Номенклатура товаров включает: одежду, канцтовары, шины, изделия ручной работы и др. В 2014 – первый год работы линии было отправлено 92 рейса с 42 600 тоннами груза, стоимостью 405 млн. долл.

4. Иу-Мадрид маршрут проходит через новую экономическую зону Шелкового пути от железнодорожной станции Иу (Китай) через Синьцзян –Ара, Ямагути и далее через Казахстан, Россию, Беларусь, Польшу, Германию, Францию в Испанию. Протяженность маршрута 13 052 км, длительность рейса около 21 дня. Это один из самых длинных маршрутов, который обслуживает 8 стран Европы и 6 провинций (автономных районов) Китая (Чжэцзянь, Аньхой, Хэнань, Шэньси, Ганьсу, Алашанькоу). Открытие этого маршрута поддерживали местные органы китайских провинций, субсидировав начальный этап работы и обеспечивая стабильность последующей деятельности.

5. Ухань-Чехия один из первых маршрутов, соединяющих Китай со странами Центральной Европы через Казахстан, Россию, Беларусь, Польшу в Чехословакию. Протяженность маршрута 10700км. время рейса 15 дней. Основной ассортимент товаров составляют ноутбуки, бытовая электроника и другие товары длительного пользования.

Рассматривая перспективы развития торгового сотрудничества между Россией и Китаем, авторы приходят к следующим выводам:

– В последние годы сложилась устойчивая тенденция укрепления российско-китайских отношений и взаимного доверия. Китай становится ключевым внешнеэкономическим партнером России на ближайшую и более отдаленную перспективу. Это позволило сформировать качественно новый плацдарм для дальнейшего сотрудничества с КНР;

– Россия постепенно перемещает вектор торгово-экономического сотрудничества с Запада на Восток, развивая торговые отношения с динамично развивающимися странами Азиатско-Тихоокеанского региона;

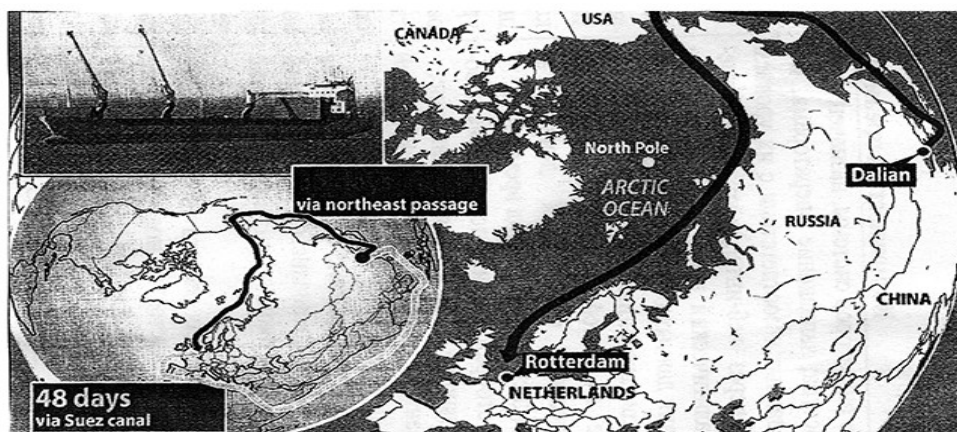
– Важным звеном развития торгового сотрудничества между двумя странами все более и более становится транспортное обслуживание процесса товарообмена. Особая роль в этом деле принадлежит китайскому проекту «Новый Шелковый путь» который предусматривает ускоренное строительство инфраструктурных объектов новой сквозной транспортно-логистического коридора Китай-Европа;

– Россия в программе «один пояс - один путь» выступает только как соучастник, поставщик сырья, транзитер. Позитивно оценивая стремление Китая к интеграции, Россия поддерживает китайский проект, но имеет мало выгод от его реализации;

– В условиях динамично меняющейся политической ситуации и конъюнктуры мировых рынков, меняются и векторы внешнеэкономических связей, в том числе и России. С одной стороны, это открывает дополнительные возможности инновационного совершенствования устоявшихся связей, с другой стороны – имеют место негативные факторы, ограничивающие сотрудничество.

В связи с этим, на Международной конференции «Россия и Китай: к новому качеству двухсторонних отношений», прошедшей в мае 2016 года, российскими и китайскими партнерами была поставлена задача к 2020 г. увеличить торговый оборот почти в 4 раза (до 200 млрд. долл.). Для реализации этой задачи России нужны новые инновационные проекты.

Одним из таких проектов, в сложившихся условиях полагаем целесообразным рассмотреть Северный морской путь (СМП) как евро-азиатский транспортно-логистический коридор, связывающий государства ЕС и Азиатско-Тихоокеанского региона с учетом того, что в долгосрочной перспективе СМП может стать привлекательным как для транзитных, так и внутренних перевозок. Интерес к СМП объясняется, прежде всего, тем, что он почти в два раза короче Южного морского пути: от Санкт-Петербурга до Владивостока по СМП 14 280 км. через Суэцкий канал 22 200 км. а вокруг мыса Доброй Надежды 29 400 км. Обзорная схема СМП Rotterdam – Dalian приведена на рис 3.



Это обстоятельство обеспечивает основные конкурентные преимущества СМП – сокращение продолжительности рейса и эксплуатационных расходов.

По оценкам аналитиков и специалистов прогнозный объем только внутренних перевозок по СМП может составлять 10–15 млн. тонн. Основными пользователями СМП в России сегодня являются «Норильский никель», «Газпром», «Роснефть»,

«Росшельф», «Лукойл» и другие крупные компании. Арктика в долгосрочной перспективе может стать мощной минерально-сырьевой базой не только для России. Учитывая это, развитие СМП как евро-азиатского транспортного коридора должно осуществляться как на национальном, так и на международном уровне.



Рис. 4. Схема использования СМП по обслуживанию портов Арктической зоны РФ

Следует отметить тот факт, что в последнее время Правительство РФ предприняло ряд конкретных шагов, направленных на улучшение инфраструктурного обеспечения и развития СМП, а также повышения его привлекательности для иностранных судовладельцев. Достаточно напомнить о том, что принята программа «Социально-экономического развития Арктической зоны РФ». На ее реализацию в период 2015–2020 гг. выделено 625 млрд. руб.

Кроме того, в марте 2013 г., после длительного перерыва, вновь воссоздана Администрация СМП в целях организации плавания судов, обеспечения безопасности мореплавания и защиты морской среды.

Своевременно принята и активно реализуется целевая программа развития атомного ледокольного флота. До последнего времени в акваториях СМП действовало 10 линейных, 6 атомных и 4 дизельных ледокола. Однако технические возможности многих из них были исчерпаны. В связи с этим, в 2016 г. со стапелей Балтийского завода сошел первенец, ледокол «Арктика», который в настоящее время работает на Ямале. В конце сентября 2017 г. спущен на воду самый мощный в мире ядерный ледокол «Сибирь», длиной 173 метра, с двумя реакторами РИТМ-200 по 175 Мвт, и автономностью плавания 7 лет. Корабли этого проекта, разработанные ЦКБ им. Крылова способны справиться с 3-х метровым льдом и обеспечить ледовую проводку грузовых судов в течение всего года. Начато строительство третьего судна этого проекта – ледокол «Урал». Его постройку планируется завершить в 2021 году.

Одновременно, в рамках развития СМП, осуществляется решение еще одной стратегической задачи – строительство полноценной линейки средних и крупнотоннажных судов и морской техники. С этой целью на судостроительном комплексе (ССК) «Звезда» (Приморье) заложены 4 танкера усиленного ледового класса дедвейтом 70 тыс. тонн. Заключено соглашение с корейской компанией Samsung Heavy Industries CO. Ltd на совместное строительство арктических челночных танкеров дедвейтом от 42 до 120 тыс. тонн для перевозки нефти и сжиженного газа, а также строительство буровых платформ.

Для обеспечения необходимого уровня конкурентоспособности СМП полагаем целесообразным рассмотреть:

Во-первых, условия свободного прохода судов всех флотов по СМП и открытость портов. Установить также одинаковый для всех порядок предоставления услуг;

Во-вторых, целесообразность введения новой системы тарифов на перевозки по СМП транзитных и экспортно-импортных грузовых и на оплату услуг при общем их снижении. Это значительно снизит ценовую привлекательность альтернативных маршрутов;

В-третьих, возможность значительного упрощения таможенных, логистических и процедур для допуска судов на трассу и обеспечения их плавания.

В-четвертых, формирование централизованной поисково-спасательной службы. Быстрого реагирования, способной оказать помощь в любой точке СМП.

Выполнение принятых программ и указанных выше рекомендаций будет способствовать, на наш взгляд, развитию СМП как международного евро-арктического транспортно-логистического коридора.

Оценивая перспективы развития российско-китайского торгового сотрудничества в системе транспортных коридоров «Восток-Запад-Восток», следует отметить, прежде всего, позитивный характер стратегии ускоренного развития собственной инфраструктуры как сухопутной, так и морской транспортной сети России. Подключение России к проекту «Нового Шелкового пути» зависит от степени развитости инфраструктуры и темпов модернизации железнодорожных магистралей Транссиба и БА-Ма. Это позволило бы в будущем реализовывать проект скоростной железнодорожной магистрали «Москва-Пекин».

Для Китая наиболее выгодно направление «Казахстан-Россия-Белоруссия», в реализации которого Китай уже существенно продвинулся. Рассматриваются и другие трассы Нового Шелкового пути (через Иран-Азербайджан-Турцию, через Крым, Украину и др.).

Одним из резервных вариантов, объединяющих Запад и Восток, является транзитная магистраль Северного морского пути (СМП), преимущества которого известны.

Список литературы:

- [1] Транспортная стратегия России до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 г. №1734р);
- [2] Стратегия – 2020: Новая модель роста – Новая социальная стратегия. Итоговый доклад по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года. Книга 2: под научной редакцией В. А. Мау, Я. И. Кузьминова – М.: Изд. дом «Депо» РАНХиГС, 2013.
- [3] О проекте реконструкции бам-транссиб (электронный ресурс) – режим доступа: <http://oz2014.zzd.ru/ru/investment/project-of-reconstruction-BAM-TSR/>.
- [4] China Railway Express (электронный ресурс) – режим доступа: <https://baike.baidu.com/item/中欧班列>
- [6] (электронный ресурс) – режим доступа: <http://www.lyg.gov.cn/ydy1/slxk/content/60a5dd24-3de3-4b39-ab5a-59a93c77b8cb.html>
- [7] (электронный ресурс) – режим доступа: http://www.360doc.com/content/17/0428/11/27551029_649311543.shtml
- [8] (электронный ресурс) – режим доступа: <http://business.sohu.com/20150912/n421109249.shtml>

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RUSSIAN-CHINESE TRADE COOPERATION IN THE SYSTEM OF TRANSPORT CORRIDORS (TC)

V.I. Zhmachinskiy, Wu Xiangyu

Key words: *transport corridor, trade turnover, development strategy, Eurasian Economic Union (EAEU), Shanghai Cooperation Organization (SCO), competitiveness.*

There is a task to strengthen economic cooperation with the countries of the Asia-Pacific re-

gion and «first of all» with China. It is a strategy of socio-economic development of Russia for the period up to 2020. To solve this problem, the authors of the article analyzed and evaluated alternative options for the development of transport communications in the East-West-East corridor system. The prospects for the development of existing land and sea transport highways (Transsib, BAM, South Sea Route), as well as the routes of the New Silk Road (NSR) and the Northern Sea Route (NSR) are considered. As a result, a conclusion is made about the prospects for the development of the Northern Sea Route (NSR).

Статья поступила в редакцию 05.02.2018 г.

УДК 338.24

Н.В. Мордовченков, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ» 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

В.М. Поляков, кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «НГИЭУ» 606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрская, 22а

ОПЫТ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕРТИФИКАЦИИ В ГЕРМАНИИ: ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ АСПЕКТ

Ключевые слова: аккредитация, акроним, конвенция, конкурентоспособность, контроль, логотип, маркетинг, международная организация, международный рынок, менеджмент, модификация, немецкая культура, охрана товарных знаков, продукция, сертификация, синдикативный эффект, стандартизация, технологический аудит, товар, услуга, философия мышления, эксперт, экспертиза качества.

На современном этапе развития инновационной экономики необходимость интеграционных процессов обусловлена выполнением требований международной системы качества. Цель работы заключается в изучении опыта и процесса совершенствования сертификации в Германии при решении глобальных и приоритетных инфраструктурных проблем. На основании анализа информационного ресурса по состоянию уровня сертификации в Германии использовался ресурс Интернета наряду с традиционными методами (анализ, синтез, обобщение); в работе использованы метод эффективности, метод сравнения и комплексного системного подхода. В работе выявлена значительная роль государства в повышении значимости сертификационных мер, повышении эффективности и качества института стандартизации в институциональной экономике на мезоуровне. Расширен дидактический перечень компонентов, входящих в необходимый «пул» конкурентоспособной сертификации: маркетинг, менеджмент (МВА), технологический аудит и стратегический контроллинг, инжиниринг и реинжиниринг, человеческий (интеллектуальный) капитал. При использовании этого подхода наблюдается синдикативный эффект, повышается производительность оборудования, труда и качества жизни граждан в условиях глобализации и государственного регулирования технологической экономики и трансформации интеллектуальной инфраструктуры на мезоуровне. Опыт формирования стратегии сертификации в Германии позволяет формировать отечественный вектор института сертификации и стандартизации с точки зрения повышения качества товаров, работ, услуг, повышенного внимания к подготовке высококвалифицированных специалистов в области решения инфраструктурных проблем с использованием ресурса сертификации и стандартизации.

Термин «сертификация» происходит от латинского прилагательного «certus, a, um» (верный, известный, не подлежащий сомнению), и латинского глагола «facere» (делать) [1], [2].

Согласно Википедии сертификация – это форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров. Под сертификацией понимается также сама процедура получения сертификата. [3], [4], [5]

Термин «сертификация» впервые был сформулирован и определен Комитетом по вопросам стандартизации (СЕРТИКО) международной организации по стандартизации ИСО и в 1982 г. включен в Руководство № 2 ИСО (ИСО/МЭК2) «Общие термины и определения в области стандартизации, сертификации и аккредитации испытательных лабораторий». В соответствии с этим международным документом сертификация определяется как действие, которое посредством сертификата соответствия или знака соответствия удостоверяет, что изделие или услуга соответствует определенным стандартам или другим нормативно-правовым актам и документам. В настоящее время под сертификацией понимается действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что надлежащим образом идентифицированная продукция, процесс или услуга соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу.

Одним из основных видов сертификации является сертификация изделий (товаров) или услуг. [1] В настоящей статье авторы ограничиваются рассмотрением вопросов, связанных только с этим видом сертификации.

Главным разработчиком стандартов в Германии является Немецкий институт по стандартизации (DIN – нем. Deutsches Institut für Normung). [6], [7] Эта организация была основана 22 декабря 1917 года. Первоначально она называлась Комитетом по стандартизации немецкой промышленности (NADI – нем. Normenausschuss der deutschen Industrie), а в 1926 году была переименована в Немецкий комитет по стандартизации (DNA, нем. Deutscher Normenausschuss). Новое название подчеркивало, что сфера действия комитета распространяется не только на промышленность. С 1975 года организация носит современное название [8]. В этом же году было подписано соглашение института с правительством ФРГ, в соответствии с которым DIN стал национальной организацией по стандартизации и получил право представлять интересы Германии на международном рынке товаров и услуг.



Рис. 1. Логотип DIN

Акроним DIN, который служит для обозначения немецких стандартов, часто некорректно расшифровывается как Deutsche Industrienorm (см., например, [9]).

Основная задача DIN состоит в разработке нормативно-технической документации (стандарты, технические условия, правила и т. п.). Для этого институт организует работу 26 тыс. экспертов из различных областей науки и техники. Членами DIN являются предприятия, союзы, государственные организации, торговые фирмы и научные институты.

Благодаря интенсивной работе немецких экспертов в сфере международной стандартизации и нормирования DIN является одним из общепризнанных мировых лидеров в области разработки стандартов и других нормативно-технических и технологических документов. В состав DIN входят в общей сложности 74 специализированных

нормативных комитета, занимающихся разработкой новых и модернизацией существующих стандартов и другой документации, а также сертификацией товаров и услуг.

Стандарты, издаваемые Европейским комитетом по стандартизации (CEN – англ. European Committee for Standardization), имеют обозначение EN [10]. Часто за основу этих стандартов принимают стандарты ISO (или других организаций). В мировой и европейской практике в этом случае используется двойное или тройное обозначение, например, DIN EN, DIN EN ISO и т. д. Ниже приводятся примеры стандартов, в состав названия которых входит аббревиатура DIN:

DIN – стандарт, который имеет национальное значение или является основой для разработки международного стандарта;

DIN EN – немецкое издание европейского стандарта (на немецком языке);

DIN ISO – стандарт ISO, принятый в Германии как национальный без каких-либо изменений;

DIN EN ISO – стандарт, который совместно разработали и издали ISO и Европейский комитет по стандартизации (CEN);

DIN IEC – действующий в Германии стандарт Европейской комиссии по электротехнике (IEC – англ. International Electrotechnical Commission; то же, что МЭК – рус. Международная электротехническая комиссия).



Рис. 2. Логотип IEC

IEC – это добровольная неправительственная организация, созданная в 1906 году. Практической сферой деятельности этой организации является стандартизация физических характеристик электротехнического и электронного оборудования. [11] Наряду с этим внимание IEC направлено также на электроизмерения, тестирование, утилизацию и безопасность вышеназванного оборудования. В состав IEC в настоящее время входят более 50 национальных комитетов по стандартизации технологий в соответствующих отраслях из разных стран.

С 1951 года DIN является членом Международной организации по стандартизации ISO (англ. International Organization for Standardization), [12] занимающейся выпуском стандартов. ISO была создана в 1946 году двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации, на основе двух организаций – ISA (англ. International Federation of the National Standardizing Associations), учрежденной в Нью-Йорке в 1926 году и расформированной в 1942 году, и UNSCC (англ. United Nations Standards Coordinating Committee), учрежденной в 1944 году.



Рис. 3. Эмблема ISO

Следует отметить следующий интересный факт: при выборе аббревиатуры для названия организации было использовано греческое слово *ισος* (исос или изос) – «равный», [13], поэтому на всех языках мира Международная организация по стандартизации имеет краткое название «исо».

Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции Европейской комиссии по электротехнике ИЕС (см. выше).

Кроме стандартизации, ИСО занимается проблемами сертификации. ИСО определяет свои задачи следующим образом: содействие развитию стандартизации и смежных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях. Официальными языками при реализации лингвистической инфраструктуры в деятельности ИСО являются английский, французский и русский.

В состав правовой базы сертификации в Германии включены законы в области охраны здоровья и жизни населения, защиты окружающей среды, безопасности труда, экономики ресурсов, защиты интересов потребителей. С 1990 г. в стране действует закон об ответственности за изготовление недоброкачественной продукции, который гармонизирован с законодательствами стран-членов ЕС и служит правовой базой для сертификации в рамках единого европейского рынка. Действующий закон распространяется на довольно широкий перечень товаров – от игрушек до некоторых видов нестандартизированного и специального (уникального) оборудования.

По данным Германского информационного центра ГАТТ/ВТО, Общенациональная система сертификации в стране включает в себя несколько систем сертификации. Потребности германской экономики на 80-90% удовлетворяют следующие системы, составляющие общенациональную:

- А – система сертификации на соответствие регламентам;
- А1 – система сертификации соответствия стандартам DIN;
- А2 – система сертификации VDE;
- А3 – система сертификации DVGW;
- В – система сертификации Германского института гарантии качества и маркировки RAL;
- С – система сертификации на знак GS промышленной технологии;
- Д – система контроля и надзора за соответствием строительных конструкций федеральным нормам;
- Е – система сертификации средств измерений, мер и эталонов;
- F – система сертификации соответствия разделу 24 Германского промышленного законодательства.

Система А1 охватывает все виды изделий, на которые установлены требования в стандартах DIN. Руководит ею Германский институт стандартизации. Система является добровольной. К ней имеют одинаковый доступ германские и зарубежные организации, заинтересованные в сертификации своей продукции. Непосредственные работы по сертификации в этой системе осуществляет Общество по оценке соответствия DIN CERTCO, которое участвует в нескольких соглашениях по сертификации в рамках ЕС и сотрудничает с международными организациями. Изделия, испытанные на соответствие требованиям стандартов DIN, маркируются логотипом DIN GEPRÜFT («испытано на соответствие требованиям DIN») (рис. 3).



Рис. 3. Знак соответствия требованиям DIN

Использование знака DIN сопровождается инспекционным контролем. Этот знак, введенный с 1972 г. в дополнение к унаследованному еще от довоенной Германии и зарегистрированному во всех странах, подписавших Мадридскую международную конвенцию о торговых знаках, знаку DIN, может использоваться только для маркировки сертифицированных изделий.

Если провести экскурс в историю, то следует отметить, что принятое в 1891 г. в Мадриде Соглашение о международной регистрации товарных знаков открыло возможность предоставления единого товарного знака для национальной и международной регистрации, который будет признаваться всеми странами-участницами.

Мадридское соглашение (немецкое название *Madridser Abkommen*) – это договор на уровне межправительственных соглашений ряда стран; в соответствии с этими соглашениями национальные товарные знаки в виде государственных брендов пользуются поддержкой и содействием стран-участниц ассоциации, трансформируются до уровня международной классификации системы сертификации качества (IR – нем. *international registriert*). [14], [15], [16] Эти межправительственные соглашения в зависимости от политической конъюнктуры и экономической ситуации в ЕС неоднократно (в 1900, 1911, 1925, 1934 и 1957 годах) подвергались ревизии (инвентаризации). Кардинальный пересмотр мадридских соглашений произошел в 1967 году в столице Швеции Стокгольме. Следует отметить, что международным языком общения в Мадридской правовой инфраструктуре согласно ст. 6 Мадридского соглашения является французский язык, однако, в качестве альтернативы заявки могут быть оформлены на английском языке. Этот либерально-демократический подход к оформлению договора о регистрации унифицированных товарных знаков направлен на преодоление автаркии – принципа территориального хеджирования (охраны) товарных знаков. [19].

Мадридское соглашение было заключено под эгидой ВОИС (WIPO) – Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO – англ. *World Intellectual Property Organization*), [10]. основанной в 1893 году международной организацией, которая, в свою очередь, является ответственной за соблюдение основных международных соглашений в области интеллектуальной собственности (в первую очередь, Парижской Конвенции об охране промышленной собственности от 20 марта 1883 года и Бернской Конвенции об охране литературных и художественных произведений, принятой 9 сентября 1886 года). С 1974 года ВОИС также выполняет функции специализированного учреждения ООН, занимающегося вопросами творчества и интеллектуальной собственности. В настоящее время членами ВОИС являются 188 стран мира (более 90%). [19] Штаб-квартира ВОИС находится в Женеве. Регистрационные сборы осуществляются в швейцарских франках. В 2007 году в ВОИС было подано 38 471 заявок на регистрацию товарных знаков. На рис. 4 представлена эмблема этой международной организации.



Рис. 4. Эмблема ВОИС

Инспекционный надзор за соблюдением законов по безопасности труда и закона о безопасности технического оборудования находится в ведении отделов производственного надзора министерств труда и социального обеспечения всех федеральных земель. Инспекция заключается в том, чтобы максимально затруднить активное применение оборудования, которое не прошло сертификационные испытания. Техническую (инжиниринговую) инспекцию осуществляют ассоциации, представляющие изготовителей оборудования, ответственных за предотвращение возможных несчастных случаев, за страхование и перестрахование, а также возмещение ущерба работникам предприятий. В их функциональные обязанности входят разработка и ретрансляция требований по безопасности энергетических установок и специального оборудования. Ассоциации в зависимости от отраслевой специализации организуют проверки на идентичность оборудования, учитывая при этом запросы функционирующих предприятий (фирм) или оформляя рекламации на несоответствия нормам сертификации качества, выявленных в ходе технической эксплуатации энергоустановок или специального оборудования. При этом технический контроль и экспертизу осуществляют высокопрофессиональные инспекторы-аналитики. В настоящее время получила широкую известность группа профессиональных экспертов по организации промышленного производства GBG (нем. Gewerbliche Berufsgenossenschaften – Профессиональная организация для промышленности).

Что касается подсистемы A2, то она в классификационном титульном «списке» относится к Союзу немецких электротехников (нем. аббревиатура VDE – Verband Deutscher Elektrotechniker), поддерживаемому профильным Институтом испытаний и сертификации (нем. аббревиатура PZI, которая расшифровывается как Prüf- und Zertifizierungsinstitut). В этот перечень сертификационной группы включены все виды (модификации) электротехнических и электронных приборов, техническая эксплуатация которых осуществляется по правилам VDE, а в некоторых случаях по регламентам качества DIN, а с 1980 года на испытательных стендах изделия проверяются на соответствие требованиям стандартов МЭК (IEC).. Процедура сертификации в рамках подсистемы A2, по аналогии с A1, может быть как обязательной, так добровольной, в зависимости от свода законов, способствующих на правовой основе регламентированию необходимых требований к отдельно взятому товарному изделию. Подсистема VDE является востребованной в мире. Подтверждением этому служит тот факт, что она является участником европейских и международных многосторонних соглашений о взаимном признании результатов испытаний и систем сертификации, что способствует возможности успешного ретранслирования знаков соответствия системы VDE за рубежом. Эти знаки соответствия прошли регистрацию по критерию качества в большинстве стран мира.

Система A3 – это система сертификации Ассоциации фирм по газо- и водоснабжению Германии DVGW (нем. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches; официальное англ. соответствие – The German Technical and Scientific Association for Gas and Water). Газовое оборудование в Германии в соответствии с Законом «Об обеспечении

безопасности технических устройств» подлежит обязательной сертификации на соответствие стандартам DIN. Несертифицированное газовое оборудование местные газовые компании отказываются подключать к системе единого централизованного газоснабжения. Особенностью требований к газовому оборудованию в Германии является соответствие тому типу (модификации) газа, который применяется в конкретной области страны, что учитывают предприятия-изготовители оборудования.

В классификационном перечне существует строка «прочие виды товаров», относящаяся к газовой сфере экономики, к системе водоснабжения, приготовления питьевой воды (ППВ). Несмотря на то, что сертификация осуществляется на добровольной основе, потребители и покупатели предпочитают приобретать предлагаемые изделия, имеющие сертификат качества (сертифицированные товары).

В рейтинге системы качества высокую строчку занимает группа В, называемая системой RAL (нем. *Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung*). Современным немецким менеджментом качества занимается Германский институт гарантии качества и маркировки, в состав которого входит около 150 подразделений, занимающихся вопросами сертификации качества. В этом процессе господствует принцип узкой специализации: каждое предприятие или структурное подразделение осуществляет свою миссию в отношении отдельно взятого вида изделия. К числу приоритетных видов продукции в сфере влияния системы RAL относятся сельскохозяйственные товары и строительные материалы [20]. Несмотря на то, что в системе проводят добровольную сертификацию, ее правила основаны на стандартах DIN. RAL – член европейских и международных организаций по испытаниям и сертификации и участник соглашений о взаимной идентификации, что способствует признанию сертификатов RAL за рубежом.

Система С – это система сертификации, которая подтверждает соответствие изделий требованиям Закона о безопасности приборов GSG (нем. *Gerätesicherheitsgesetz*; с 2004 г. заменен на GPSG – нем. *Geräte- und Produktsicherheitsgesetz* – Закон о безопасности приборов и продуктов) [21], что подтверждается маркировкой знаком GS (нем. *geprüfte Sicherheit* – букв. «испытанная безопасность»). В Германии действует около 100 официальных правительственных органов по сертификации, которые проводят испытания приборов на соответствие знаку GS. Система носит добровольный характер; однако, несмотря на то, что комплексная система сертификации выстраивается на добровольной основе, испытания проводятся на соответствие требованиям стандартов DIN, а также техническим правилам, которые являются общепризнанными и внесены в специальный сертификационный перечень (реестр).

Знаком, изображенным на рис. 5, отмечается соответствие стандартам и техническим требованиям следующих видов продукции:



Рис. 5.

- установочных материалов;
- аппаратуры бытового назначения;
- осветительного оборудования;

- трансформаторов, используемых для обеспечения энергобезопасности;
- радио- и телевизионных устройств для надежного функционирования СМИ.

На рис. 6 изображен знак, который указывает на соответствие требованиям стандартов кабелей и электрических шнуров.



Рис. 6.

Знаком, который показан на рис. 7, отмечается соответствие требованиям стандартов при подавлении (фильтрации) радиопомех.



Рис. 7.

Знак, изображенный на рис. 8, используется для маркировки сертифицированных электронных компонентов.



Рис. 8.

Вместе с тем Федеральное министерство по труду и социальному обеспечению устанавливает требования по инспекционному контролю, определяет испытательные центры, которые имеют право маркировать специальные приборы (технические средства труда) знаком GS, и вменяет в обязанность испытательным центрам обеспечивать свободный доступ к системе зарубежных заявителей (прием заявок на внешний контроль – экспертизу и техническую диагностику).

Система D в отличие от предыдущих является обязательной и касается продукции строительного профиля, на которую распространяются законодательные предписания и распоряжения. Как правило, это распоряжения органов управления федеральных земель. Общее руководство системой находится в ведении Германского института строительной техники (DIBT – нем. Deutsches Institut für Bautechnik), а основными нормативными документами системы являются стандарты DIN.

Система сертификации E функционирует в пределах установившихся требований немецкой метрологии на государственном уровне.

В качестве основного «законодателя мод» в сфере метрологии на федеральном уровне выступает Федеральный физико-технический институт. Наряду с этим, в федеральных землях существуют специальные аккредитационные организации – центры, миссией которых является осуществление технической диагностики и контрольных (контроллинговых) испытаний измерительных приборов в полном соответствии с Законом о поверке технических средств. Это касается приборов, работающих на электричестве, тепловой энергии, газе (в том числе озоне), воде, и средств труда, включая трансформаторы, запитанные на батареях, диодах и полупроводниковых резисторах, и трансформаторные подстанции, являющиеся энергоносителями для крупных потребителей. В системе существует несколько знаков соответствия, выдаваемых различными организациями; классификация этих знаков представлена в табл. 1.

Таблица 1

Система существующих знаков соответствия в Германии

№ п/п	Знак соответствия	Нормативно-правовая структура по выдаче знаков соответствия
1.	Знак о допуске	Федеральный физико-технический институт (ФФТИ)
2.	Знак поверки	Специализированная административная структура по поверке при ФФТИ
3.	Удостоверяющий знак	Испытательные центры, аккредитованные на федеральном уровне

Федеральный физико-технический институт использует рекомендации Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ), созданной в 1956 году и занимающейся разработкой общих вопросов законодательной метрологии. Официальная аббревиатура названия этой организации – OIML (фр. Organisation Internationale de Métrologie Légale). [22] Обязательными для исполнения в рамках деятельности этой организации являются также директивы ЕС.

Система F занимается сертификацией паровых котлов, баллонов высокого давления, средств транспортировки горючих жидкостей, взрывозащищенного электрооборудования, подъемно-транспортных устройств. Согласно распоряжению Федерального правительства установлен строгий режим инспекционного контроля за указанными товарами, которые определены как потенциально опасные: соответствие установленным требованиям проверяется до начала эксплуатации, периодически в процессе технической эксплуатации и в соответствии с территориальными ведомственными правилами (специальными нормативами).

Практическую работу по сертификации систем качества в Германии ведет Общество по сертификации систем качества DQS (англ. Document Quality System; нем. название – Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen), созданное еще до ввода в действие стандартов ИСО-9000. Это некоммерческая организация, которая осуществляет оценку систем качества и выдает сертификат и лицензию на использование знака соответствия, аккредитует организации на право проведения сертификации систем качества от имени DQS, обучает линейных инспекторов, представляет ФРГ в международных организациях в рамках своей компетенции.

В DQS аккредитованы коммерческие организации, которые получают благодаря этому право на деятельность по сертификации систем качества. Таким образом право на проведение сертификации получили германские общества и эксперты по техническому надзору TU (нем. technische Überwachung) в разных федеральных землях. С 1989 г. работы по сертификации систем качества регламентирует TU CERT – официально зарегистрированная на европейском уровне организация, деятельность которой основана на стандартах ИСО-9000.

Работами по аккредитации в Германии руководит Немецкий совет по аккредита-

ции DAR (нем. Deutscher Akkreditungsrat), который занимается аккредитацией в регламентируемых законодательством областях. В нерегламентируемой сфере эти функции вменяются в обязанность Головному обществу по аккредитации TGA (нем. Trägergemeinschaft für Akkreditierung). Эта организация была создана в 1990 году в Кёльне; в 2000 году резиденция организации перенесена во Франкфурт-на-Майне. С 2005 года общество носит официальное название TGA – Trägergemeinschaft für Akkreditierung – German Association for Accreditation GmbH [23]. Аккредитация испытательных лабораторий, стендов и органов по сертификации проводится в соответствии с европейскими стандартами EN серии 45000.

Наряду с сертификацией и стандартизацией, обеспечивающими высокое качество товаров и услуг, важное значение имеет, по мнению авторов, лингвистическая безопасность, а именно протекционистские меры по защите немецкого языка от чрезмерного (запредельного) влияния англо-американизмов, специфичности и уникальности технической и технологической инфраструктуры, создающих конкурентоспособный германский бренд не только европейского, но и мирового уровня. [24, с. 56]

Использованная германская модель стандартизации и сертификации была апробирована на ряде нижегородских предприятий, например, внедрена при подготовке стандарта градообразующего предприятия мирового уровня «ПЮ «Завод «Красное Сормово» в доперестроечный период, что позволило субъекту хозяйствования централизованной экономики адаптироваться к рыночным условиям. Полезность немецкой философии сертификации можно ретранслировать не только на отдельно взятые предприятия всех форм собственности, но и трансформировать ее на мезоуровне и на страну в целом.

Заключение

Опыт Германии по созданию концептуальных основ стандартизации, сертификации и метрологии свидетельствует о том, что это не только важнейшие организационно-технические механизмы и инструментарии качества товаров и услуг, но и часть немецкой культуры, философия их работы на общество и для блага общества.

Многочисленная команда (нем. die Mannschaft) немецких экспертов, составляющая примерно 26 000 человек, активно участвует в становлении и развитии стандартизации на государственном уровне, создавая фундамент для будущих инновационных (компьютерных) технологий, цифровой экономики и социальной инфраструктуры. Стандарты качества создают также реальные предпосылки для проведения технологического аудита, инновационного, инвестиционного подхода в институциональной инфраструктуре в условиях глобализации и государственного регулирования бизнеса и предпринимательства, повышая их конкурентоспособность с точки зрения производительности оборудования, труда и улучшения качества жизни граждан.

В современном европейском государстве рыночного типа позиционирование на рынке товаров и услуг подтверждает тот факт, что продукция и услуги обладают потребительной стоимостью, предпочтением со стороны покупателей товаров и потребителей услуг. Стандартизация зарекомендовала себя как привлекательное техническое решение требующее постоянного развития и совершенствования: от узкой специализации мини-маркета до «эффекта масштаба» транснациональных компаний (корпораций) (ТНК). Как модель самоуправления (самоменеджмента) в промышленности стандартизация работает по принципу, который в условиях дефицита производственных ресурсов, в т.ч. профессиональных кадров, во многих отраслях техники и технологий является экономически обоснованным резервом инжиниринга и реинжиниринга, что создает необходимость создания человеческого (интеллектуального) капитала, являясь «маяком» при формировании европейской системы качества современного глобального мира, своего рода стимулирующим модератором интеграционных процессов, учитывающих возможность сохранения культурной идентичности (преемственности) всех его участников.

При этом стандарты формируют понятные для представителей различных культур «правила игры» отдельно взятой страны, создавая синдикативный эффект в случае их успешной (слаженной) координации взаимодействия. В условиях трансформации рынка технические, технологические и социально-экономические стратегии являются успешными, т.к. гармонизированные стандарты создают реальные условия для расширенного воспроизводства товаров и услуг, упрощения и унификации сделок в европейской инфраструктуре бизнеса и предпринимательства.

Таким образом, стандартизация играет основополагающую роль в развитии Европы как одной из наиболее конкурентоспособных технологико-экономических «площадок» мира. Следуя этому «вектору», Россия, обладающая не только колоссальными природными ресурсами, но и значительными человеческими ресурсами (IQ, интеллектуального капитала), используя полезный опыт Германии, гарантированно обеспечит себе конкурентное преимущества, лидирующие и стратегические позиции на международном рынке труда.

Успех комплексной системы стандартизации, по мнению авторов статьи, может быть достигнут на основе укрепления обязательными компонентами ее функционирования: маркетингом, менеджментом, в т.ч. в рамках MBA – международной программы подготовки высококлассных специалистов-менеджеров (англ. MBA – Master of Business Administration – магистр делового администрирования), инжинирингом, реинжинирингом, инновациями и инвестициями, контроллингом, технологическим аудитом, лингвистикой, человеческим капиталом и др.

Опыт Германии свидетельствует и о том, что для реализации эффективной инфраструктурной политики обеспечения лингвистической безопасности в условиях глобализации и государственного регулирования научно-технического процесса, технологической трансформации и социально-экономических процессов целесообразно избрать центростремительный, а не центробежный сценарий при создании достойных предпосылок гарантирования высокого качества жизни; техническая политика должна быть конкурентоспособной, и тогда национальная привлекательность позволит повысить рейтинг регионов и страны в целом. [25, с. 48]

Список литературы:

- [1] Zertifizierung – Wikipedia – Internet Explorer / <https://de.wikipedia.org/wiki/Zertifizierung>.
- [2] Дворецкий И.Х. Латинско-русский словарь. – 3-е изд., испр. – М.: Рус. яз., 1986. – 840 с.
- [3] Сертификация / <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>.
- [4] Сертификация – Википедия – Internet Explorer / <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>.
- [5] Сертификация – это... Что такое сертификация? / <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/275782>.
- [6] Что такое DIN? / <http://www.metrixgroup.ru/reference/definition.html>.
- [7] Регистрация товарного знака в Германии / <http://unite-ip.ru/trademark/tmingermany>.
- [8] DIN – это ... Что такое DIN? / <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/181719>.
- [9] Немецко-русский политехнический словарь. 110 000 терминов. Подготовлено при редакционном участии Издательства «Техника», Берлин. – М.: Сов. Энциклопедия, 1973. – 861 с.
- [10] Что такое стандарты DIN и EN? Internet Explorer / <http://analyztepla.ru/articles/2014-07-10/chto-takoe-standarty-din-i-en>.
- [11] Стандарты IEC – Поставка и перевод международных и зарубежных стандартов – Internet Explorer / <http://normdocs.ru/iec>.
- [12] ISO – Международная организация по стандартизации / http://www.info-system.ru/standart/standart_iso.html.
- [13] Греческий алфавит / Русская транскрипция и описание / <https://azbyka.ru/shemy/grecheskij-alfavit.shtml>.
- [14] Мадридское соглашение о международной регистрации знаков / <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%...>
- [15] Мадридское соглашение о международной регистрации товарных знаков от 14.04.1891 / <http://base.garant.ru/2540253/>.

- [16] Мадридское соглашение о международной регистрации товарных знаков. – С. 31. – Internet Explorer / <https://refdb.ru/look/2642052-p31.html>.
- [17] Madrider Abkommen über die internationale Registrierung von Marken – Wikipedia – Internet Explorer / https://de.wikipedia.org/wiki/Madrider_Abkommen_%C3%BCber_die_internationale_Registrierung_von_Marken.
- [18] Всемирная организация интеллектуальной собственности – Википедия – Internet Explorer / <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D0%B5%D0...>
- [19] Страны Мадридского соглашения и Протокола о международной регистрации товарных знаков / http://www.tm-patent.ru/Madrid_countries.html.
- [20] Peiser, Richard B., with Anne B. Frej. Professional Real Estate Development: The ULT Guide to the Business. Second Edition, Washington, D.C.: ULT – the Urban Land Institute, 2003, 450 p.
- [21] GSG – с немецкого на русский / <http://translate.academic.ru/GSG/de/ru/>.
- [22] Международная организация законодательной метрологии. / http://studbooks.net/82113/ekonomika/mezhdunarodnaya_organizatsiya_zakonodatelnoy_metrologii.
- [23] Trägergemeinschaft für Akkreditierung – Wikiwand / http://www.wikiwand.com/de/Tr%C3%A4gergemeinschaft_f%C3%BCr_Akkreditierung.
- [24] Мордовченков Н.В. Концептуальные основы формирования региональной инфраструктуры экономической безопасности. – С. 46–48. В кн. : Экономическая безопасность – региональные проблемы: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород: НГТУ, 2005. – 246 с.
- [25] Мордовченков Н.В. Природа экономических англицизмов при формировании менеджеров на международном рынке труда: Монография. – Н. Новгород: ВГИПУ, 2006. – 59 с.

EXPERIENCE OF DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF CERTIFICATION IN GERMANY: INFRASTRUCTURE ASPECT

N.V. Mordovchenkov, V.M. Poljakov

Keywords: accreditation, acronym, convention, competitiveness, control, logo, marketing, international organization, international market, management, modification, German culture, trademark protection, products, certification, syndication, standardization, technological audit, product, service, philosophy of thinking, expert, quality examination.

At the present stage of development of innovative economy the need for integration processes is conditioned by the fulfillment of the international quality system requirements. The aim of the work is to study the experience and the process of improving certification in Germany in solving global and priority infrastructure problems. Based on the analysis of the information resource on the status of the certification level in Germany, the Internet resource was used along with traditional methods (analysis, synthesis, generalization); the method of efficiency, the method of comparison and the integrated systems approach are used in the work. The work reveals the significant role of the state in increasing the importance of certification measures, increasing the efficiency and quality of the institution of standardization in the institutional economy at the meso level. The didactic list of components included in the necessary «pool» of competitive certification is expanded: marketing, management (MBA), technological audit and strategic controlling, engineering and reengineering, human (intellectual) capital. Using this approach, there is a syndicate effect, the productivity of equipment, labor and the quality of life of citizens in the context of globalization and state regulation of the technological economy and the transformation of intellectual infrastructure at the meso level is increasing. The experience of forming a certification strategy in Germany allows us to form the domestic vector of the certification and standardization institute in terms of improving the quality of goods, works, services, and increased attention to training highly qualified specialists in the field of solving infrastructure problems using the certification and standardization resource.

Статья поступила в редакцию 13.12.2017 г.

УДК 656.62

А.Ю. Платов, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Ю.И. Платов, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕЧНОГО ФЛОТА

Ключевые слова: планирование работы флота, вычисление расхода топлива, потребность во флоте, эксплуатационные затраты

В данной статье предлагается метод определения потребности во флоте, а также эксплуатационных расходов при перевозках грузов с учётом условий плавания и технических параметров судов. Показано, что простые методы, используемые в настоящий момент на практике, могут приводить к значительным погрешностям.

В настоящее время существуют разнообразные подходы к бизнес-планированию работы флота. Однако общими для всех подходов являются следующие недостатки:

1. Отсутствие обоснованных резервов при определении потребности во флоте, изменяющихся по периодам навигации, водным путям, типам судов и в зависимости от других условий.

2. Отсутствие учёта влияния на расход топлива условий плавания и загрузки судов, скоростей движения, соотношения ходового и стояночного времени на различных грузопотоках.

3. Неучет особенностей конкретных рейсов судов при расчете эксплуатационных расходов, в том числе условий оплаты труда, особенностей грузов и др.

Эти недостатки отрицательно влияют на определение как потребности во флоте, так и величины эксплуатационных расходов.

Использование прикладных информационных технологий (ИТ) для планирования работы флота предоставляет судоводным компаниям большие возможности как для повышения точности расчетов, так и для оптимизации эксплуатационных расходов. Вместе с тем, использование ИТ для бизнес-планирования ограничивается, как правило, электронными таблицами, с помощью которых эксплуатационно-экономические обоснования выполняются по простейшим зависимостям, которые использовались ещё в 40-х годах [1], следующим образом:

$$\Phi = \chi t_{\text{кр}} (1 + k_{\text{рез}}), \quad (1)$$

$$\mathcal{E} = (t_{\text{х}} c_{\text{х}} + t_{\text{ст}} c_{\text{ст}}) m_{\text{кр}}, \quad (2)$$

где Φ – потребность во флоте для отдельного участка работы, ед. судов;

χ – частота отправления судов, ед. в сут.;

$t_{\text{кр}}$ – продолжительность кругового рейса судна (состава), сут.;

$k_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва (накладного) времени в размере 5–7%;

$\mathcal{E}$ – эксплуатационные расходы за плановое число круговых рейсов, руб.;

$t_{\text{х}}$, $t_{\text{ст}}$ – соответственно, продолжительность ходового и стояночного времени в составе кругового рейса, сут.;

$c_{\text{х}}$, $c_{\text{ст}}$ – соответственно, суточные расходы судна в ходу и на стоянке, руб. в сут.;

$m_{\text{кр}}$ – число круговых рейсов одного судна или группы однотипных судов.

Такие зависимости даже в условиях высокой стабильности внешней среды плановой экономики снижали адекватность планирования. Например, потребность в судах в (1) принимается нецелочисленной величиной, а среднесуточные расходы в (2) определяются на основе статистических или плановых данных путем деления годовых эксплуатационных расходов на средний период работы судов.

Для снижения неадекватности предлагались различные модификации. Например, для учёта отклонения от периодичности закладывались различные коэффициенты резерва, подобно тому, как это сделано в формуле (1). Однако все эти улучшения не приводили к качественным улучшениям результатов, получаемых по формулам (1) и (2).

В настоящее время использование этих зависимостей приводит к принципиально неверным результатам. Это связано со следующими обстоятельствами. Во-первых, резко изменилось соотношение отдельных статей расходов. Так, расходы на топливо и смазку в то время, когда разрабатывались зависимости типа (1) и (2), составляли от 18% до 24%. В настоящее время «топливная» доля составляет от 40 до 60% от общих эксплуатационных расходов в зависимости от районов плавания судов. Между тем в формуле (2) зависимость расхода топлива от ходового времени полностью отсутствует.

Эта зависимость, однако, влияет на эксплуатационные затраты очень существенно, что можно видеть из рис. 1.

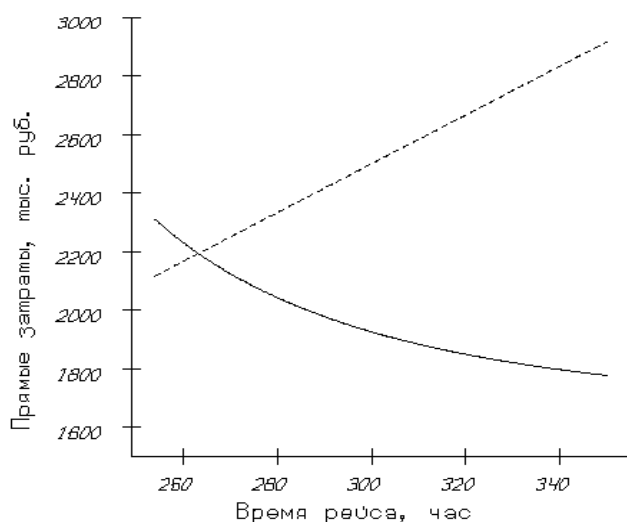


Рис. 1. Затраты на топливо (сплошная) и прочие прямые затраты в ходу для судна проекта № 507Б на круговом рейсе Астрахань-Н.Новгород

Во-вторых, резко возросли прочие прямые расходы, связанные с оплатой портовых и канальных сборов и сборов за прохождение внутренних водных путей (ВВП), которые существенно зависят не от продолжительности времени рейса, а от пунктов отправления и назначения и района плавания. Эти расходы могут достигать до 20%.

В-третьих, величина резерва в условиях плановой экономики была незначительной — 5–7%. В настоящее же время резерв составляет более 20% по отношению к нормативам ходового и стояночного времени (в действительности этот резерв намного больше, так как в самих нормативах также заложен резерв).

В-четвертых, расчеты потребности во флоте и расходов были мало связаны между собой, что для бизнес-планирования в настоящее время является неприемлемым, а выражение (2) становится просто неверным.

Для оценки погрешности вычислений по формуле (2) рассмотрим некоторый условный круговой рейс от Астрахани до Н.Новгорода, выполняемый судном проекта № 507Б, см. рис. 2.

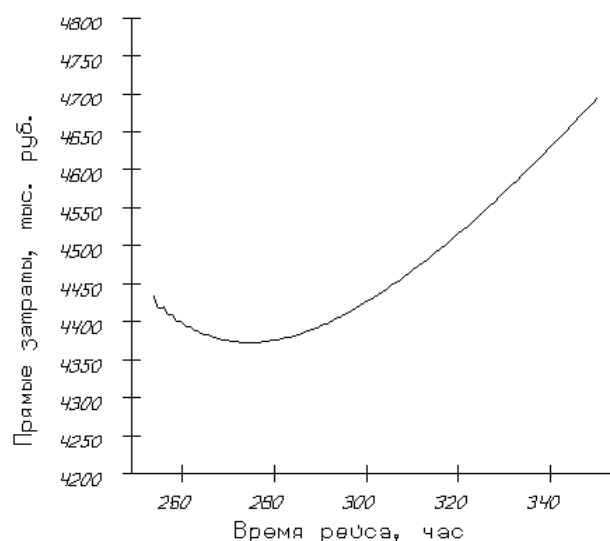


Рис. 2. Эксплуатационные затраты в ходу
 для судна проекта № 507Б на круговом рейсе Астрахань-Н.Новгород

Будем считать, что цена топлива составляет 40 тыс. руб. за тонну, прочие затраты – 200 тыс. руб. в сутки, сборы за прохождение ВВП – 1,4 руб. за км пути и 1 тыс. м. куб. модуля судна, а портовые сборы – 174 тыс. руб. за заход.

Минимальное ходовое время, рассчитанное с помощью модели пропульсивного комплекса, равняется 245 ч, а стояночное время, включая шлюзование, принимается равным 76,7 ч. При этом расходы в пути составят 4548 тыс. руб., а на стоянках – 813 тыс. руб. Итого расходы за круговой рейс равны 5361 тыс. руб.

Из этих данных можно вычислить удельные расходы, которые будут равны: $c_x = 18,6$ тыс. руб./ч., $c_{ст} = 10,6$ тыс. руб./ч.

Если время рейса увеличится за счёт снижения скорости на прямом направлении до 303 часов, то расходы в ходу будут составлять 3994 тыс. руб. То есть, общие расходы составят 4807 тыс. руб. В то же время по формуле (2) расходы получатся равными 6437 тыс. руб.

Таким образом, при изменении ходового времени на 30% для прямого направления формула (2) имеет погрешность 32%.

В практике водного транспорта США и Европы в плановых расчётах применяются различные регрессионные зависимости [2, 3, 4]. Например, в [2] суточный расход топлива толкачей определяется зависимостью от мощности N_e главных двигателей

$B_{сут} = 0,07743 N_e^{1,24127}$. В [3] и [4] регрессии выводятся в зависимости от дедвейта.

Однако ясно, что использование таких зависимостей не будет иметь критических погрешностей только при стабильных условиях перевозок и близких по конструкции судах. Слабым местом всех таких методов является отсутствие зависимости расхода топлива от скорости, а также от условий плавания.

Зависимость расхода топлива от скорости также пытаются учесть с помощью простых регрессий. Например, в [5] для расчёта суточного расхода топлива балкера при прохождении его через панамский канал используется зависимость $B_{сут} = 1,4946 \cdot 10^{-7} v$, где v – суточная скорость (км/сут).

В [6] предлагается интерполировать расход топлива по трём точкам двумя линейными функциями. Основанием этому подходу является то, что именно такие отрывочные данные имеются в судовых компаниях. Аналогичный подход с большим чис-

лом точек используется в [7] также из соображений простоты и практичности. В [8] и [9] предлагаются показательные регрессионные модели. Очень многие авторы предлагают использовать кубическую зависимость часового расхода топлива от скорости (см. обзор литературы в [10]).

Однако и в этих способах в основе лежат регрессии, которые значительно ограничивают использование таких методов для планирования эксплуатационных затрат. Кроме того, в описанных регрессиях практически не учитываются условия плавания: глубины, течения, теснота водного пути и т.д.

Применение специальных математических моделей, явно моделирующих импульсивный комплекс и реализованных с помощью современных ИТ, по нашему мнению, в значительной мере позволит устранить описанные проблемы. Для этого расчеты при бизнес-планировании должны проводиться по следующей схеме.

Расчеты осуществляются при необходимости для любого горизонта планирования и с произвольного момента навигации.

Потребность во флоте вычисляется по отдельным грузопотокам, видам перевозок (река, море, река-море), типам судов и их специализации, фрахтователям, причём потребность во флоте должна исчисляться целым числом единиц.

Эксплуатационные расходы рассчитываются на любой период по каждому судну и суммируются по всем рейсам, включая время следования судов в пункты первой погрузки, зимнего отстоя. Это позволяет устранить резервирование на эти операции.

Другие же резервы времени задаются как накладное время по каждому рейсу в зависимости от периода навигации и района плавания отдельно по ходовым операциям, грузовым работам, шлюзованию, при прохождении каналов и другим затруднительным участкам водных путей.

Схема расчетов может состоять от четырех до двух этапов соответственно для крупных и небольших судоходных предприятий.

На первом этапе производится расстановка судов по договорным или прогнозным грузопотокам. Какими методами осуществляется расстановка судов, принципиального значения не имеет. При существовании только одного грузопотока или одного типа судна, что характерно для мелких компаний, в первом этапе нет необходимости.

На втором этапе по каждому грузопотоку и периоду определяются моменты ввода и вывода судов из эксплуатации, время движения до пункта первой погрузки и пункта вывода после последнего рейса, время кругового рейса с учетом прогнозируемых условий плавания судов по следующей модели:

$$\frac{QF - C}{t_{\text{кр}} + \Delta t} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$C = c_1 B + c_2 (t_{\text{кр}} + \Delta t) + c_3, \quad (4)$$

где $t_{\text{кр}}$ – время кругового рейса, час;

Δt – сумма резервного времени по каждой операции, час;

Q – эксплуатационная загрузка судна, т;

F – фрахтовая ставка, руб./т;

C – эксплуатационные затраты, руб.;

B – расход топлива, кг;

c_1 – цена топлива, руб., кг;

c_2 – «арендный коэффициент», руб./час;

c_3 – прочие расходы, руб.

Время кругового рейса, как обычно, складывается из времени хода t_x и времени стоянок t_c , включая шлюзование: $t_{кр} = t_x + t_c$.

Арендный коэффициент c_2 – это аналог тайм-чартерного эквивалента, включающего все затраты по судну (составу) или типу на единицу времени эксплуатации, кроме расходов на топливо и смазку, сборов за прохождение ВВП, портовых и канальных сборов и оплаты услуг за КОФ.

В прочие расходы c_3 входят: портовые и канальные сборы, плата за прохождение ВВП, оплата услуг за КОФ, вычисленные строго для рассматриваемого кругового рейса [11]. Кроме того, в c_3 могут быть включены затраты на смену дислокации (порожный рейс) судна, если таковая предполагается исходя из расстановки судов.

Существенной особенностью предлагаемой модели является алгоритм вычисления расхода топлива. Поскольку время рейса варьируется, то использовать какие-нибудь нормы расхода топлива невозможно. Поэтому расход топлива вычисляется с помощью специальных моделей пропульсивного комплекса, учитывающих реальное состояние корпуса, движителей и главных двигателей конкретного судна и прогнозные условия плавания [12]. Кроме этого, для танкерного флота используются специальные расчётные алгоритмы для определения расхода топлива на подогрев вязких нефтепродуктов.

Для расчёта расхода топлива на главные двигатели водный путь разбивается на элементарные участки, для каждого из которых определяется ходовое время t_k и соответствующий ему часовой расход топлива g_k . Это осуществляется с помощью решения вспомогательной оптимизационной задачи:

$$B = \sum_{k=1}^N g_k t_k \rightarrow \min, \quad (5)$$

при ограничениях:

$$t_x = \sum_{k=1}^N t_k, \quad t_k^{\min} \leq t_k \leq t_k^{\max}, \quad (6)$$

причем минимальное $t_k^{\min}$ и максимальное $t_k^{\max}$ время движения для каждого участка вычисляются по ограничительным характеристикам главных двигателей, ограничениям по динамической просадке судов, а также условиям управляемости и минимальной устойчивой частоты вращения вала двигателя.

После проведённых вычислений возможно экспертное или модельное (с помощью машинной имитации) уточнение наиболее значимых стояночных операций, резервов накладного времени на отдельные операции, после чего вычисления повторяются.

На третьем этапе определяются эксплуатационные расходы и все необходимые показатели по объемам перевозимого груза, временным затратам как по отдельным грузопотокам, типам судов, так и в целом по всем перевозкам.

Эксплуатационные расходы определяются как сумма расходов по всем судам и всем рейсам за период. При этом добавляются расходы на смазку, которые вычисляются через коэффициент от расхода топлива. Потребность в судах определяется обычным способом:

$$\Phi = \frac{G (t_{кр} + \Delta t)}{Q t_{от}}, \quad (7)$$

где G – объём перевозок, т.

Если потребность в судах меньше величины рабочего ядра флота $\Phi_{\text{раб}}$, то для оставшихся вне перевозок судов $\Phi_{\text{раб}} - \Phi$ расходы считаются по формуле (4) отдельно с учётом только величины C_2 .

Таким образом, приведённые схемы и модели являются удобным инструментом не только более точного определения эксплуатационных расходов на этапе обоснования плана работы флота, но также и максимизации прибыли. Описанные модели много лет применялись в компании «Волготанкер», поэтому их практичность и реализуемость уже неоднократно доказана.

Список литературы:

- [1] Союзов А.А. Организация грузовых и пассажирских перевозок на речном транспорте / А.А. Союзов. – М.:Речиздат, 1946. – 392 с.
- [2] Economic Guidance memorandum 05-06 FY 2004 Shallow Draft Vessel Operating Costs. U.S. Army Corps of Engineers, 2004. P. 16.
- [3] Gentle N.F. An Estimate of Operating Costs for Bulk, Ro-Ro and Container Ships / N.F. Gentle, R.J. Perkins, R.J. // Bureau of Transport Economics, Canberra. 1982.
- [4] Pocuca M. Methodology of Day-to-Day Ship Costs Assessment / M. Pocuca // Traffic & Transportation. Vol. 18, 2006, No. 5, pp. 337–345.
- [5] Psaraftis H.N. Ship emissions: Logistics and other tradeoffs / H.N. Psaraftis, C.A. Kontovas // 10th International Marine Design Conference (IMDC'09), May 2009.
- [6] Andersson H. Integrated maritime fleet deployment and speed optimization: Case study from RoRo shipping / H. Andersson, K. Fagerholt, K. Hobbelsland // Computers & Operations Research 55, 2015. p. 233–240.
- [7] Корьев В.Ю. Непрерывное регулирование работы танкеров смешанного река-море плавания: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Н.Новгород: ВГУВТ, 2017.
- [8] Kowalski A. Cost optimization of marine fuels consumption as important factor of control ship's sulfur and nitrogen oxides emissions / A. Kowalski // Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 2013, 36(108) z. 1 pp. 94–99.
- [9] Shady D.A. Predicting Ship Fuel Consumptions / D.A. Shady, G.K. Smith, R.B. Vassian // Naval Postgraduate School, 1996. P. 70.
- [10] Brink A. Permanent Slow Steaming. A solution to manage the increased costs imposed by the 2015 SECA regulation? / A. Brink, J. Fröberg. University of Gothenburg, 2013, – 81 p.
- [11] Платов Ю.И. Методические основы рейсового планирования работы флота. / Ю.И. Платов // Труды / ВГАВТ. – Н. Новгород, 1997. вып. 275. – С. 63.
- [12] Платов А.Ю. Метод расчета расхода топлива и скорости движения для речных грузовых судов и составов / А.Ю. Платов // Речной транспорт (XXI век). – 2008. – № 3. – С. 83–84.

THE MODERN METHODS OF BUSINESS PLANNING OF RIVER FLEET

A.Y. Platov, J.I. Platov

Keywords: planning of fleet operating, calculation of fuel consumption, fleet requirements, operating costs

This article proposes a method for determining the requirements for the fleet, as well as operating costs for the transport of goods, taking into account the conditions of navigation and technical parameters of ships. It is shown that simple methods are used at the present moment for practice can lead to significant errors.

Статья поступила в редакцию 14.02.2018 г.

УДК 656.62

А.И. Телегин, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Е.В. Фролова, магистрант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

АНАЛИЗ СТАНДАРТНОСТИ РЕЧНЫХ ПЕСКОВ, ДОБЫВАЕМЫХ И ПОСТАВЛЯЕМЫХ ВОЛЖСКИМИ ПОРТАМИ

Ключевые слова: *речные порты, нерудные строительные материалы.*

Произведено сравнение показателей качества речного песка, добываемого волжскими портами, регламентированных отраслевыми ТУ-212 и строительным ГОСТ 8736. Сделаны выводы о несоответствии добываемых портами речных песков требованиям строительных организаций и сделаны рекомендации по повышению их качества.

Волжские порты добывают на внутренних водных путях речной песок и поставляют его строительным предприятиям, причем по ТУ-212 Департамента речного транспорта Минтранса Российской Федерации, зарегистрированными в Минстрое России (ВНИПСтройсырье) как ТУ 5711-005-00283227-95 [1]. Однако показатели качества этого речного песка значительно ниже требований ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» [2], что, во-первых, уменьшает его востребованность, а во-вторых, снижает качество выпускаемой продукции и строительства дорог.

Приведем показатели добываемых речных песков в волжских портах по ТУ-212 (таблица 1) и их соответствие ГОСТ 8736 (таблицы 2 и 3) [3], затем дадим анализ.

Таблица 1

**Значения показателей качества несортированного песка,
добываемого речными портами Волжского бассейна (по ТУ-212)**

Наименование волжских речных портов	Модуль крупности песка, усл. ед., не ниже	Количество, % по массе, не более			
		Зерен гравия размером более 5 мм	пылевидных и глинистых частиц		Органи- ческих примесей
			всего	в том числе в комках	
1. Ярославский, Сара- товский	1,0	10,0	3,0	0,5	0,5
2. Кинешемский, Вол- гоградский	1,5	10,0	1,2	0,5	0,5
3. Нижегородский: из русла р. Волга из русла р. Ока	1,3	10,0	2,0	0,5	0,5
	1,0	10,0	2,0	0,5	0,5
4. Казанский, Тольят- тинский	1,0	10,0	4,0	0,5	0,5
5. Самарский, Чебокс- арский	1,0	10,0	5,0	0,5	0,5
6. Ульяновский	1,0	10,0	3,0	0,5	0,5

Как видно из таблицы 1, во всех 10 волжских портах добываемый речной песок по показателям примерно одинаков: модуль крупности 1,0–1,5; зерен гравия размерами более 5 мм содержится 10%; пылевидных и глинистых частиц имеется от 1,2% (Ки-

нешемский и Волгоградский порты) до 5% (Самарский и Чебоксарский порты); органических примесей в нем 0,5%.

Таблица 2

Требования к строительному песку по ГОСТ 8736

Группа песка	Модуль крупности	Полный остаток на сите №063, % по массе	Область применения
Очень мелкий	1,0–1,5	до 10	Заполнители для строительных растворов
Мелкий	1,5–2,0	10–30	Заполнители для бетонов и строительных растворов, материалы для устройства дорожных одежд
Средний	2,0–2,5	30–45	То же
Крупный	2,5–3,0	45–65	То же
Повышенной крупности	3,0–3,5	65–75	Заполнители для бетонов, материалы для устройства дорожных одежд

Примечание: Если при определении группы песка он отвечает по модулю крупности одной группе, а по полному остатку на сите №063 – другой, то определение группы проводят по модулю крупности.

Как видно из таблицы 2, стандартные требования для всех пяти групп строительного песка одинаковые, их всего два (модуль крупности и полный остаток на сите №063, %), однако их количественные значения для каждой группы свои.

Таблица 3

Допустимые примеси в песке по ГОСТ 8736, в % по массе

Вид песка	Проход через сито №016 (а)	Пылевидные и глинистые частицы (б)	Гравий (зерна свыше 5 и 10 мм) (с)	Стандартный песок (е)
1. Природный песок мелкий и очень мелкий	15	5	10	70
2. Обогащенный песок мелкий	10	3	5	82
3. Природный песок средний, повышенной крупности и крупный	10	3	10	77
4. Обогащенный песок средний, повышенной крупности и крупный	5	2	5	88

На основании данных таблицы 3 состав строительного песка природного и обогащенного по ГОСТ 8736 представим в виде двух графиков: рис. 1 – состав песка природного мелкого и очень мелкого, состав песка мелкого обогащенного; рис. 2 – состав песка природного, среднего, повышенной крупности и крупного и состав песка обогащенного среднего, повышенной крупности и крупного.

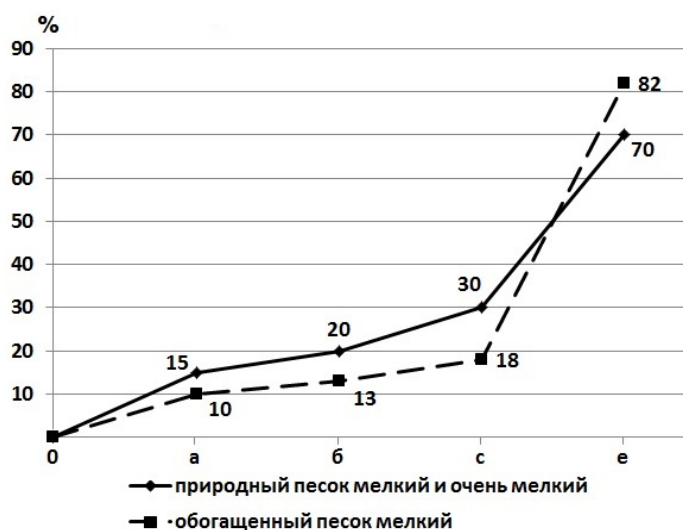


Рис. 1. Состав песка мелкого и очень мелкого по ГОСТ 8736, в % по массе



Рис. 2. Состав песка среднего, повышенной крупности и крупного по ГОСТ 8736, в % по массе

Сравнивая речные пески, добываемые волжскими портами (по ТУ-212) с требованиями ГОСТ 8736, можно сделать следующие выводы.

1. Показатели качества речного песка, добываемого по ТУ-212, не адекватны показателям требований по ГОСТ 8736: в ГОСТ 8736 даны границы модуля крупности для рассматриваемых видов песков (к примеру, очень мелкий песок – в границах от 1,0 до 1,5, мелкий песок – в границах от 1,5 до 2,0), а в ТУ-212 модуль крупности указывается не ниже какого-то значения, к примеру: Ярославский и Саратовский порты – не ниже 1,0; Нижегородский порт: из русла р. Волги – не ниже 1,3, из русла р. Оки – не ниже 1,0.

2. Размер прохода через наименьшее сито №016 четко регламентируется ГОСТ 8736: для мелкого и очень мелкого песка – 15%; обогащенного мелкого – 10%; для

природного песка среднего, повышенной крупности и крупного – 10%; для обогащенного песка среднего, повышенной крупности и крупного – 5%.

В ТУ-212 вообще отсутствует этот важнейший показатель, характеризующий качество песка.

3. Количество гравия (зерна свыше 5 и 10 мм) по ТУ-212 во всех речных песках, добываемых портами в Волжском бассейне, регламентируется 10%.

По ГОСТ 8736 этот показатель строго определен для двух разновидностей песка: для природных песков – 10% (здесь имеется совпадение по ТУ-212), а для обогащенных песков – в два раза меньше – 5%.

4. Пылевидные и глинистые частицы в составе песка регламентированы: по ТУ-212 – от 1,2% (Кинешемский и Волгоградский порты) до 5,0% (Самарский и Чебоксарский порты); по ГОСТ 8736 – от 2% – для обогащенных песков средних, повышенной крупности и крупных, до 5% – для природных песков мелких и очень мелких.

5. По ТУ-212 (таблица 1) в речных песках допускаются органические примеси в размере 0,5% для всех волжских портов. По ГОСТ 8736 (таблица 3, рис. 1–2) органические примеси не допускаются.

Таким образом, добываемые в Волжском бассейне портами речные пески не соответствуют стандартным требованиям (ГОСТ 8736. Песок для строительных работ). Более того, сами речные порты не являются с 1990-х годов государственными предприятиями, они приватизированы и преобразованы, в основном, в открытые акционерные общества, т.е. стали частными предприятиями. Следовательно, ТУ-212 в рыночных условиях работы портов и при изменении их юридического статуса должны применяться, т.к. они были приняты для государственных предприятий, в социальной экономике.

Однако в строительной индустрии все более остро встают вопросы повышения качества исходных строительных материалов для повышения качества продукции в строительной отрасли, к примеру, дорожных одежд.

Поэтому в Волжском бассейне, как и в других речных бассейнах России, необходимо провести инвентаризацию имеющихся карьеров, где добываются и могут добываться речные пески, и регламентировать в национальных стандартах или технических условиях стандартные показатели, которые должны быть обязательными при изыскании и разработке карьеров, для добычи материалов требуемого качества. Если пески не отвечают требованиям стандартного качества, должны применяться соответствующие обогатительные устройства и другие технические средства, позволяющие производить пески необходимого стандартного качества – в зависимости от их применения в строительной индустрии, дорожных работах и др.

Список литературы:

- [1] Минстрой России. ВНИПИИСтройСырье. Песок, смеси песчано-гравийные, гравий, добываемые техническими средствами портов и пароходств Департамента речного транспорта Минтранса РФ. ТУ 5711-005-00283227-95. – М., 1995. – 10 с.
- [2] ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.
- [3] Телегин А.И. Обеспечение стандартного качества и эффективности транспортирования и поставки нерудных стройматериалов, добываемых из речных водоемов: монография / А.И. Телегин, А.О. Ничипорук. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – 216 с.

ANALYSIS OF STANDARDITY OF THE RIVER SANDS OBTAINED AND SUPPLIED BY THE VOLGA PORTS

A.I. Telegin, E.V. Frolova

Keywords: *river ports, nonmetallic construction materials.*

The quality parameters of the river sand produced by the Volga ports regulated by the industry TU-212 and construction GOST 8736 are compared. The conclusions about the inconsistency of the river sands produced by the ports to the requirements of construction organizations are drawn and recommendations on improving their quality are made.

Статья поступила в редакцию 18.04.2017 г.

УДК 656.62.064

В.В. Цверов, профессор, д.э.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

К.И. Засорина, Транспортная компания «КИТ»

603058, г. Нижний Новгород, ул. Шекспира, 1б

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ОПЕРАТИВНЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: *транспортное средство, оперативные условия, метод выбора.*

В статье обосновывается методический подход к принятию в оперативных условиях решений по выбору автотранспортного средства (его типа, модели) в транспортных компаниях, транспортных и логистических службах нетранспортных организаций.

Выбор автомобильных транспортных средств является распространенной задачей работников логистических служб. Она обуславливает принятия решений по их типу, марке и модели.

Такая задача решается в разных условиях. Возможные варианты условий принятия решения по выбору транспортных средств, требующих учета разного набора факторов, сводятся к шести основным:

1. В оперативных условиях для конкретного заказа на перевозку из имеющихся на предприятии транспортных средств;
2. В оперативных условиях транспортным оператором для конкретного заказа на перевозку из имеющихся у партнеров (транспортных компаний) транспортных средств;
3. При пополнении парка транспортных средств транспортной компании;
4. При пополнении парка транспортных средств нетранспортной компании;
5. При приобретении транспортных средств с пробегом [1, 2];
6. При создании парка транспортных средств [3].

Основными укрупненными факторами, влияющими на выбор транспортных средств являются:

- 1) способность выполнить рассматриваемую перевозку:
 - способность перевозить требуемые грузы;
 - способность доставлять груз в точки обслуживаемой территории (проверка на проходимость по сети дорог, габаритные размеры);
- 2) способность обеспечить требуемое качество перевозки
 - время доставки;
 - частота отправок грузов;
 - надежность соблюдения графика доставки;
 - риск возникновения потерь и порчи груза;

- 3) издержки, связанные с транспортировкой;
- 4) приспособленность к ведению перегрузочных работ в пунктах грузового обслуживания;
- 5) инвестиционные возможности;
- 6) доступность получения транспортных средств.

Существующие методические подходы к выбору транспортного средства можно подразделить на эвристические, точные математические, интерактивные и комбинированные. Основная часть разработанных на данный момент методов предназначена для обоснования парка транспортных средств и обоснования параметров новых моделей автомобилей.

Выбор наиболее эффективного варианта использования подвижного состава применительно к конкретным условиям эксплуатации с учетом реальных объемов перевозок и сложившейся структуры парка можно осуществить разными методами, суть которых сводится к сравнению результатов работы подвижного состава разных типов и моделей между собой в одинаковых условиях.

Большинство описанных в учебной литературе методов [3, 4, 5, 6, 7] предусматривает сравнение и выбор подвижного состава по отдельным, частным показателям его работы: по производительности, по себестоимости в зависимости от конкретных технико-эксплуатационных показателей (номинальной грузоподъемности, коэффициента использования грузоподъемности, длины ездки с грузом, коэффициента использования пробега, технической скорости, простоев под погрузочно-разгрузочными операциями). Для решения таких задач требуется выполнять множество расчетов по определению производительности и себестоимости перевозок для многих типов и моделей подвижного состава. Такой методический подход дает возможность получить достоверные результаты, но сложность подготовки исходной информации, громоздкость расчетов и трудоемкость выполнения графических работ практически неприемлемы на уровне специалистов АТП [8].

Как следствие, для принятия решения по данной задаче в оперативных условиях используются почти исключительно эвристические методы.

Эвристические методы реализуются рядом экспертов и представляют собой перебор вариантов путем проб и ошибок, то есть выработку и оценку путем последовательного добавления или исключения критериев отбора.

Принятое таким образом решение напрямую зависит только от уровня компетентности эксперта. При этом эффективность использования автотранспортных средств во многом зависит от соответствия грузоподъемности и грузоместимости подвижного состава, его эксплуатационных качеств конкретным условиям эксплуатации. Это обуславливает необходимость разработки научно-обоснованного подхода решения данной задачи, не базирующегося только на уровне компетентности эксперта.

С учетом вышесказанного авторами предлагается нижеследующий *алгоритм выбора транспортного средства транспортным оператором в оперативной работе*:

1. *Согласование условий перевозок с потребителем*
 - 1.1. Определение характеристики груза
 - 1.2. Определение географии перевозок (маршрута перевозки)
 - 1.3. Определение объемов и требований по партионности и регулярности
 - 1.4. Определение требований к временным параметрам перевозки: срокам отгрузки; срокам доставки; важности доставки в срок
 - 1.5. Требования к погрузке и выгрузке
 - 1.6. Необходимость досмотра груза в пути (например, на СВХ)

2. Определение требований и ограничений к транспортному средству рассматриваемой перевозки:

2.1. По роду груза (его физические свойства, плотность, тип и форма тары) подбирают тип кузова (бортовая платформа, цистерна, фургон и др.) и его вместимость.

2.2. По географии перевозок (климатическим условиям) – определяются требуемый вид исполнения (для холодного климата, для умеренного климата, для тропического климата).

2.3. Виду перевозок (местные, междугородные, международные) – определяются ограничения по экологии, потребность наличия спального места

2.4. По дорожным условиям магистрального пути – нагрузка на оси, полная масса, габаритные размеры, проходимость

2.5. По дорожным условиям терминалов – нагрузка на оси, полная масса, габаритные размеры, возможность маневров, в том числе с прицепом

2.6. По условиям перегрузочных работ – погрузочная высота кузова; возможность погрузки-разгрузки с одной, двух, трех сторон и сверху; размеры, расположение и устройство дверей кузовов-фугов; наличие устройств, обеспечивающих ускорение погрузки-разгрузки или снижение ее трудоемкости (легкие краны, подъемные механизмы, грузоподъемные борты и т. д.) эффективность их действия; возможности механизированной разгрузки напольными перегрузочными средствами

2.7. Объем и партионность перевозок – определяют грузоподъемность и специализацию подвижного состава. При перевозке мелкопартионных грузов применяются автомобили малой грузоподъемности, а при большом и постоянном грузопотоке – преимущественно специализированные и большегрузные автомобили. Определяется минимальная грузоподъемность и вместимость.

2.8. По продолжительности доставки перевозки – тягово-скоростные характеристики.

2.9. По предельному сроку подачи транспортного средства под погрузку – определяется время, необходимое для подачи транспортного средства на терминал погрузки.

2.10. Формирование общих требований и ограничений к требуемому для перевозки транспортному средству (см. табл. 1).

Таблица 1

Учитываемые факторы при принятии решения о транспортном средстве для перевозки груза в оперативных условиях

Принимаемые решения по транспортным средствам	Влияющие факторы
Тип кузова	род груза; условия погрузки и разгрузки; необходимость осмотра груза в транспортном средстве
Специализация	род груза; вид перевозок; дальность перевозки
Грузовместимость Грузоподъемность	объем перевозок; характеристика груза; партионность; периодичность
Габариты транспортного средства	дорожные условия магистрального пути; габаритные дорожные условия терминалов
Внутренние габариты кузова	характеристика груза; партионность; периодичность
Специальное оборудование места водителя	дальность перевозок; климатические условия; время года
Специальное оборудование кузова	характеристика груза; условия погрузки и разгрузки
Тягово-скоростные свойства	характеристика груза; требования по срочности доставки; дорожные условия

Принимаемые решения по транспортным средствам	Влияющие факторы
Надежность	дорожные условия; важность доставки в оговоренный срок; техническое состояние транспортного средства; квалификация водителя
Запас хода	дальность перевозок; максимальный запас топлива и возможности его дозаправки в пути
Проходимость	дорожные условия
Маневренность	дорожные условия магистрального пути; табитные дорожные условия терминалов
Нагрузка на оси	допустимые нагрузки на дорожное полотно; магистрального пути; допустимые нагрузки на дорожное на терминалах
Полная масса транспортного средства	дорожные условия
Экономичность	нормативны расход топлива (при использовании собственных транспортных средств); стоимость услуги – перевозки (при использовании транспортных средств сторнних организаций)

1. Отбор из базы данных располагаемых транспортных средств, соответствующих всем требованиям и ограничениям.

2. Принятие решения по критерию и методу оценки отобранных транспортных средств (см. рекомендации в табл. 2).

3. Обоснование выбора транспортного средства из отобранных из базы данных по выбранному методу (на основе автоматизированных расчетов, например, (в широко-доступном Excel).

Таблица 2

**Рекомендации по методам выбора транспортных средств
из отобранных по технологическим параметрам в оперативных условиях**

Условия принятия решения	Критерий оценки	Метод	Рекомендации по применению
Из парка собственных средств	Нормативный расход топлива (л/100 км)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс не отличается
	Себестоимость (руб./км; руб./ч)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс не отличается
	Себестоимость (руб./т·км; руб./т)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс отличается
	Производительность, т·км	Сравнения уровня показателей	Производительность применяется в качестве критерия при выборе типа кузова подвижного состава одной марки и одного класса грузоподъемности, если тип кузова влияет на производительность подвижного состава и не сказывается на стоимостных показателях, в особенности на затратах от не сохранности перевозок. Можно также сравнивать одиночный автомобиль с автопоездом на его базе [8]
	Расстояние перевозки, км	Метод равноценной длины ездки с грузом по затратам	Применяется, когда экономичность перевозки доминирует над возможностью освоения (производительностью) для условий, когда перевозимое количество

Условия принятия решения	Критерий оценки	Метод	Рекомендации по применению
			груза за рейс отличается, и при сравнении бортовых машин с самопогрузчиками (или самосвалами) [8]
	Расстояние перевозки, км	Метод равноценной длины ездки с грузом по производительности	Применяется, когда выбор не сказывается на стоимостных показателях перевозки, а перевозимое количество груза за рейс отличается и при сравнении бортовых машин с самопогрузчиками (или самосвалами) [8]
Из транспортных средств сторонних организаций	Стоимость услуг (руб./час или руб./км)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс не отличается
	Стоимость услуг (руб./т·км)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс отличается
Из собственных транспортных средств и транспортных средств партнеров	Стоимость и полная себестоимость (руб./км; руб./ч)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс не отличается
	Стоимость и полная себестоимость (руб./т·км)	Сравнения уровня показателей	Применяется, когда перевозимое количество груза за рейс отличается

База данных располагаемых автотранспортных средств для принятия решений транспортным оператором или диспетчером по структуре информации в конкретных организациях может отличаться, что связано со сложившейся структурой перевозок.

Автоматическая сортировка такой базы данных по значимым критериям (например, в Excel) позволяет быстро отобрать возможные варианты автомобилей.

Апробация приведенного метода в рамках транспортной компании «КИТ» показала:

- возможность принятия обоснованного решения по выбору транспортных средств в оперативной деятельности транспортной компании во всех случаях решения данной задачи;
- относительно низкую трудоемкость принятия решения;
- некоторые сложности с получением необходимой информации об оперативных дорожных условиях;
- необходимость затрат времени на поддержание базы данных по транспортным средствам в актуальном состоянии.

В целом, апробация метода показала целесообразность и возможность его применения в оперативных условиях выбора транспортного средства для перевозки грузов.

Список литературы:

- [1] Костров В.Н. Организационно-экономические обоснования транспортно-логистических систем доставки грузов : монография / В.Н. Костров, В.В. Цверов, А.В. Черемин. – Н. Новгород: Издательство ГОУ ВПО «ВГАВТ», 2008. – 185 с.
- [2] Цверов В.В. Метод обоснования выбора закупаемого транспортного оборудования с учетом его жизненного цикла / Росинформресурс. Информационный листок № 11-023-05. – Н. Новгород: Нижегородский центр научно-технической информации, 2005. – 3 с.
- [3] Чижанок В.Д. Выбор автотранспортных средств для перевозки грузов: пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Технология и организация грузовых перевозок»./ В.Д. Чижанок. – Гомель: БелГУТ, 2002. – 53 с.

- [4] Афанасьев Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов. / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1984. – 196 с.;
- [5] Беспалов Р.С. Транспортная логистика : новейшие технологии построения эффективной системы доставки / Р. С. Беспалов. – Москва ; Санкт-Петербург : Вершина, 2008. – 382 с.
- [6] Выбор подвижного состава (типа вагонов) для перевозки грузов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ved-consult.ru/>
- [7] Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: изд. центр «Академия», 2004. – с. 228.
- [8] Кожин А. П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми перевозками / А. П. Кожин. – М.: Высшая школа, 1979. – 256 с.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACH TO THE CHOICE OF MOTOR VEHICLES IN OPERATIONAL CONDITIONS

V.V. Tsverov, K.I. Zazorina

Keywords: vehicle, operational conditions, the method of choice.

The article substantiates methodological approach to the adoption of the operational conditions of the decisions on choice of vehicle (type, model) of transportation, transportation and logistic services of transport organizations.

Статья поступила в редакцию 13.06.2017 г.

Раздел V

**Эксплуатация водного транспорта,
судовождение
и безопасность судоходства**



Section V

***Operation of water transport, navigation
and safety of navigation***

УДК 656.073:656.61

Аносов Н.М., к.т.н., доцент, МГУ им. адмирала Г.И. Невельского
Маликова Т.Е., д.т.н., доцент, МГУ им. адмирала Г.И. Невельского
Стрелков А.Ю., доцент, МГУ им. адмирала Г.И. Невельского
Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского
(МГУ им. адмирала Г.И. Невельского)
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

БЛОК-ПАКЕТНЫЙ СПОСОБ ПОГРУЗКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ПАЛУБУ СУДНА

Ключевые слова: технология, пакетированные грузы, регулирование смещаемости, эксплуатационная безопасность, морские перевозки

Предложен новый подход к решению задачи обеспечения надежной, безопасной фиксации груза внутри пакета при морской перевозке, а также решена проблема смещения пакетов относительно друг друга на операциях застропки и подъема их на палубу. Выявлены недостатки при выполнении данных технологических операций, оказывающие влияние на технологическую безопасность судна. Предложенная схема крепления позволяет формировать укрупненные грузовые единицы из четырех пакетов, что решает проблему смещения пакетов относительно друг друга на операциях застропки и подъема на палубу груза, сокращает время проведения грузовых операций в порту.

Введение

Работа посвящена вопросу, связанному с разработкой новой технологии крепления смещающихся грузов [1]. В качестве объекта исследования рассматриваются пакетированные грузы. Выбор данного груза, склонного к смещению, объясняется тем, что из общего объема заготавливаемой древесины в стране около половины транспортируется водным путем [2, 3]. В статье [4, с. 146] рассмотрены объективные причины, обуславливающие транспортировку необработанной древесины и пиломатериалов по Сибирским рекам. Объемы древесины, добываемые и перевозимые в Енисейском бассейне, занимают третье место среди всех грузопотоков данного региона (их доля объема составляет 10,2 % [4]). Большие объемы грузопотока связаны с наличием крупных деревообрабатывающих предприятий на берегах западной части реки Ангара. При этом основная транспортная цепь состоит из двух участков: буксировка круглого леса в плотках до предприятий Лесосибирска; транспортировка на судах обработанной древесины в виде пиломатериалов до Красноярска.

Приведенные факты говорят о достаточных объемах грузопотоков пакетированных грузов и, как следствие, о необходимости разработки новых технологических подходов к организации погрузочно-разгрузочных работ данного вида груза, повышающих интенсивность использования причалов и кранового оборудования в порту, а также безопасность транспортировки груза на палубе судна особенно в штормовых условиях плавания [5–8]. Следует отметить, что до сих пор в существующих технологических схемах погрузки и крепления пакетированных грузов не предусматривается использование специализированных устройств, позволяющих формировать укрупненные грузовые единицы для увеличения производительности технологических линий [9–11].

Круг вопросов по повышению безопасности и эффективности перевозок лесных грузов на морском транспорте весьма обширен, и выбор наиболее оптимального способа доставки грузов является актуальной многоплановой задачей. Некоторые подходы к ее решению отражены в статьях [12–17]. При этом одним из перспективных направлений совершенствования перевозки смещающихся грузов, в том числе и пакети-

рованных, является разработка новых технологических решений в области средств и способов их крепления на транспортном средстве [18–20].

Методы и материалы

Одной из проблем транспортировки груза в пакете является склонность к разрушению прямоугольного сечения последнего уже при выполнении грузовых работ в транспортных узлах. Процесс разрушения прямоугольной формы пакета изучался с использованием различных математических моделей [21–23], а также при выполнении лабораторных и натурных экспериментов. В результате выполненных исследований были разработаны принципиально новые фиксирующие устройства – одинарные и двойные башмаки. Одинарные крепежные башмаки располагаются по четырем углам формируемого пакета и жестко фиксируют груз внутри последнего с помощью крепежных лент [24]. Предложенный способ формирования пакетов также позволяет создавать укрупненные грузовые единицы с помощью одинарных и двойных крепежных башмаков, что предотвращает возможность смещения самих грузовых единиц (пакетов) относительно друг друга и позволяет при грузовых работах осуществлять застропку и подъем на транспортное средство одновременно сразу четырех жестко скрепленных между собой пакетов (блок-пакетов).

Техническое решение (Technical Solution)

Блок-пакетный способ погрузки пиломатериалов на палубу судна предполагает предварительное формирование укрупненных грузовых единиц из четырех пакетов на отдельной площадке. Операции по формированию блок-пакетов выполняют в два этапа:

1) формирование блок-пакетов из двух отдельных пакетов, соответственно, 1п-4п и 2п-3п (рис. 1с);

2) формирование блок-пакета из сформированных на первом этапе двойных блок-пакетов.

Для фиксации пакетов относительно друг друга в блоке используют одинарные (рис. 1а) и двойные башмаки (рис. 1б), а также крепежные ленты 4.

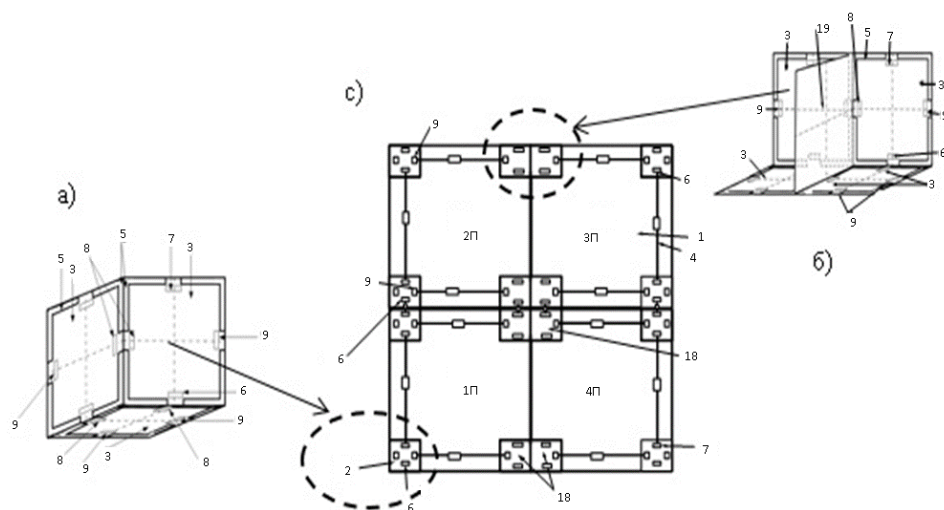


Рис. 1. Формирование блок-пакета из четырех пакетов: а) фиксирующий башмак, б) двойной фиксирующий башмак, с) блок-пакет (вид по ширине)

На первом этапе на сепарационный материал вплотную друг к другу размещают два отдельных пакета 1п и 4п (рис. с) и выполняют последовательность операций для

фиксации нижней стороны формируемого блока. Со стороны прилегания пакетов устанавливаются сдвоенные башмаки 18, а по нижним наружным углам блока – одинарные башмаки 2. При этом добиваются такого положения фиксирующих устройств, что бы внутренние углы пакетов вплотную прилегали к стенкам сдвоенных башмаков 3 и 19 (рис. 1б), а наружные углы – к стенкам 3 одинарных башмаков (рис. 1а).

После установки крепежных устройств на штатные места осуществляют операции по заводке крепежных лент по ширине пакета, а затем и по его длине. Для этого в каждое внешнее крепежное отверстие 9, расположенное в вертикальных стенках 3, каждого из двух нижних рядом расположенных одинарного и сдвоенного башмаков, соответственно, 2 и 18, горизонтально заводят крепежную ленту 4 (рис. 1с) для дальнейшей фиксации груза в пакете по его ширине. Затем также во внешние крепежные отверстия 9, расположенные в вертикальных стенках 3, нижних рядом расположенных двух одинарных башмаков 2 горизонтально заводят крепежную ленту 4 (не показано) для дальнейшей фиксации пакета по его длине. Заведенные таким образом все крепежные ленты 4 скрепляют зажимом втугую, используя для этого спецустройство, например пневмо-машинку.

Далее аналогично устанавливают фиксирующие устройства (башмаки 2 и сдвоенные башмаки 18) по верхним углам этих же пакетов так, чтобы стенки башмаков плотно прилегали к углам пакета.

После установки крепежных устройств на штатные места осуществляют операции по заводке крепежных лент для фиксации сдвоенного пакета сверху. Для этого в каждое внешнее сквозное отверстие 9, расположенное в вертикальных стенках 3, каждого из двух верхних рядом расположенных башмаков, соответственно 2, 18 и 2, по ширине пакета горизонтально заводят крепежную ленту 4. Заведенные таким образом все крепежные ленты 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом.

После этого для фиксации боковых поверхностей формируемого блока (рис. 1с) вертикально заводят крепежную ленту 4 в нижнее крепежное отверстие 6 каждого верхнего одинарного и сдвоенного башмаков, соответственно, 2 и 18, и в верхнее крепежное отверстие 7 каждого соседнего с ним нижнего башмака, соответственно одинарного 2 и сдвоенного 18. Заведенные таким образом все крепежные ленты 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом. На этом этап формирования блок-пакета из двух отдельных пакетов завершается.

Сформированные сдвоенные блок-пакеты 1п-4п и 2п-3п устанавливают друг на друга (рис. 1с). Заводят сравнительно короткую крепежную ленту 4 и соединяют между собой противоположные нижние 6 и верхние 7 крепежные отверстия пар соседних башмаков, соответственно 2 и 18, нижнего и верхнего ряда. Все крепежные ленты 4 обтягивают втугую и скрепляют зажимом. В результате выполненных в указанной последовательности операций получаем блок-пакет из четырех отдельных жестко скрепленных между собой пакетов.

При погрузке осуществляется застропка и подъем на транспортное средство (судно, автомобиль или вагон) укрупненных грузовых единиц (четыре пакета одновременно), из которых затем формируют штабель, например, на люковых крышках и палубе судна [25].

Заключение

Предложенный способ формирования укрупненных грузовых единиц благодаря совокупности обтягивающих средств, а также одинарных и сдвоенных фиксирующих башмаков повышает безопасность труда при проведении грузовых операций в порту (за счет исключения смещения и выпадения отдельных пакетов из блока).

Блок-пакетный способ погрузки предоставляет следующие логистические преимущества в цепи поставки товаров: повышается интенсивность использования причалов и кранового оборудования; увеличивается производительность труда как в порту, так и в стыковочных узлах при смене одного транспортного средства на другое в

условиях смешанной перевозки; сокращается время простоя транспортных средств в порту под технологическими операциями и в ожидании подачи на причал. Следует отметить, что специфической особенностью перевозки лесных грузов является большая протяженность транспортного пути с необходимостью смены нескольких видов транспорта. Таким образом, перечисленные преимущества блок-пакетного способа перевалки лесного груза становятся особенно актуальными.

Список литературы:

- [1] Маликова Т.Е. Обеспечение безопасности морской перевозки груза на основе совершенствования технологии укладки и крепления штабеля / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 105–108.
- [2] Лернер В.К. http://elibrary.ru/author_items.asp?refid=217151211&fam=%D0%A1%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BE&init=%D0%9A+%D0%90 Прогнозирование российских грузопотоков в направлении морских портов / В.К. Лернер, К.А. Сипаро // Бюллетень транспортной информации. – 2014. – № 1. – С. 11–16.
- [3] Соколов К.Б. Водный транспорт леса как экономическая и экологическая составляющие развития лесопромышленного комплекса России / К.Б. Соколов, А.Н. Минаев, М.М. Овчинников и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2006. – №6. – С. 114–119.
- [4] Таровик О.В. Грузоперевозки по водным путям западной Сибири: текущее состояние и перспективы развития / О.В. Таровик, А.А. Кондратенко, А.Б. Крестьянцев, А.Г. Топаж // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2017. – № 51. – С. 142–154.
- [5] Маликова Т.Е. Причинно-следственный анализ аварийности судов, перевозящих пакетированные грузы / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов, А.И. Филиппова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 4. – С. 86–89.
- [6] Blehman I.I. On the problem of wrecking vessels with moving cargoes / I.I. Blehman, I.V. Demidov, U.A. Semenov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2017. – № 1 (46). – С. 7–11.
- [7] Маликова Т.Е. Исследование системы обеспечения технологической безопасности морских судов методами теории катастроф / Т. Е. Маликова, М. А. Москаленко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 3. – С. 94–97.
- [8] Блехман И.И. К проблеме аварий судов со смешивающимися грузами / И.И. Блехман, И.В. Демидов, Ю.А. Семенов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2017. № 1. – С. 9–14.
- [9] Гагарский Э.А. Возродить прогрессивные пакетные и блок-пакетные технологии доставки лесопроductии/ Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко, А.И. Забоев // Бюллетень транспортной информации. – 2014. – № 9 (231). – С. 3–10.
- [10] Гагарский Э.А. Укрупнённые грузовые единицы в транспортно-технологических системах – главный фактор энергоэффективного развития транспорта / Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко, Ю.Д. Полянцев, Г.С. Дугин // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 1. – С. 68–70.
- [11] Гагарский Э.А. Транспортно-технологические системы на базе укрупнённых грузовых единиц - главный фактор энергоэффективного инновационного развития транспорта / Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко, Ю.Д. Полянцев // Вестник транспорта. – 2014. – № 10. – С. 18–24.
- [12] Казначеева Н.И. Повышения качества перевозок леса в судах / Н.И. Казначеева, Д.В. Акиннин, В.А. Борисов, С.Б. Васильев // Sciences of Europe. – 2016. – № 5-2 (5). – С. 63–66.
- [13] Овчинников М.М. Совершенствование технологии погрузки пиломатериалов в лесных портах России / М.М. Овчинников, В.В. Лёвошкин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2006. – № 117. – С. 30–35.
- [14] Журавлев О.М. Конструктивные особенности судов-лесовозов, приспособленных для перевозки пакетированных пиломатериалов / О.М. Журавлев // Морской вестник. – 2006. – № 3. – С. 19–24.
- [15] Абрамова Е.Р. Использование современных средств обеспечения сохранности грузов при транспортировке и хранении / Е.Р. Абрамова // Вестник российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2006. – № 2. – С. 81–86.
- [16] Шаталов В.В. Многоцелевой лесовоз-пакетовоз дедвейтом ок. 12 000 т с улучшенными характеристиками и передовой технологией защищенности и сохранности лесного груза / В.В. Шаталов, В.В. Волков, Л.В. Михайлов // Морской вестник. – 2014. – № 3 (51). – С. 19–21.

- [17] Левашкин В.В. Оптимизация доставки лесоматериалов в порт / В.В. Левашкин, А.Н. Минаев // В сборнике: Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы Второй международной научно-технической конференции. – 2017. – С. 71–73.
- [18] Маликова Т.Е. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля труб на палубе судна / Т.Е. Маликова, А.Д. Москаленко // Эксплуатация морского транспорта. – 2013. – № 1(71). – С. 7–9.
- [19] Москаленко А.Д. Теоретические основы регулирования смещаемости грузов на морских судах / А.Д. Москаленко, Т.Е. Маликова, А.С. Шпак. – Владивосток: Морской гос. ун-т им. адмирала Г. И. Невельского, 2004. – 105 с.
- [20] Бухарицин П.И. Устройство для предотвращения смещения грузов в трюме и сохранения плавучести судна / П.И. Бухарицин, Л.Г. Беззубико // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 3. – С. 179–180.
- [21] Маликова Т.Е. Использование теории графов при разработке математических моделей систем «смещающийся груз - спецустройство» / Т.Е. Маликова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 2. – С. 39–42.
- [22] Аносов Н.М. Математическая модель исследования динамики системы: «судно – укрупненная грузовая единица – штабель пиломатериала» / Н.М. Аносов, Т. Е. Маликова // Морской вестник. – 2012. – № 3. – С. 97–98.
- [23] Псеровская Е.Д. Математическое моделирование изгибающих моментов при решении задач перевозки лесных грузов / Е.Д. Псеровская, О.Ю. Чуйкова, К.В. Желдак // Известия Транс-сба. – 2013. – № 4 (16). – С. 110–115.
- [24] Маликова Т.Е. Совершенствование способа погрузки пакетированных грузов на палубу судна / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов, А.Ю. Стрелков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9. – № 3. – С. 499–505. DOI:10.21821/2309-5180-2017-9-3-499-505.
- [25] Маликова Т.Е. Технология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля пиломатериалов на палубе судна / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 2. – С. 117–120.

BUNCH-OF-PACKAGES METHOD FOR LOADING SAWN TIMBER ON DECK

N.M. Anosov, T.E. Malikova, A.Yu. Strelkov,

Key words: technology, packaged goods, shifting control, operational safety, sea transportation

A new solution to the problem of providing for a reliable and safe securing the goods inside a package when shipped by sea has been proposed, and also a problem of package shifting against each other during slinging and lifting on deck operations has been solved. Some drawbacks when carrying out such operations have been found out. The proposed securing design would allow for forming larger unit loads made of four packages thus solving the problem of package shifting against each other when carrying out slinging and lifting goods on deck operations, reducing the time consumed by cargo operations in port.

Статья поступила в редакцию 09.01.2018 г.

УДК 659.62

В.А. Лобанов, профессор, доцент, д.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ В CAD И CAE СИСТЕМАХ

Ключевые слова: *двигательный комплекс, гребной винт, CAD-система, CAE-система, конечноэлементное моделирование.*

В статье предложен подход по ускоренному моделированию геометрии лопастей гребных винтов. С использованием MATHCAD-среды разработана методика формирования винтовой поверхности и контура лопасти любой сложности. Отработана процедура экспорта данных в CAE-систему для последующего построения трёхмерной модели винта и реализации численного эксперимента.

Введение

В круг научно-технических интересов автора входят проблемы, связанные с прогнозом ледовых качеств судов внутреннего и смешанного река-море плавания. При этом оценки пропульсивного потенциала двигательного комплекса судна в ледовых условиях остаются актуальными как в задачах эксплуатационно-экономического характера, так и при обеспечении безопасности судоходства.

К настоящему времени разработан и апробирован ряд методик расчёта гидродинамических характеристик судовых движителей в чистой воде [1–3]. Поверенные накопленным эмпирическим материалом, они дают надёжные результаты в диапазоне изменения исследованных параметров движителей и условий их эксплуатации. Однако попытки экстраполяции этих методик на комплексы иных конструктивных особенностей (другая форма лопастей, их количество, вид винтовых поверхностей) или параметров рабочей среды (наличие дисперсных, фрагментированных тел в воде) дают некорректные оценки, вплоть до их неприемлемости.

Последнее в полной мере относится к ледовым условиям. Водоледяная среда накладывает существенные и труднопредсказуемые ограничения на кинематику и динамику гребных винтов. Сейчас можно достоверно утверждать, что аналитический прогноз гидродинамических возможностей судовых движителей в ледовых условиях сохраняется на крайне низком уровне оправдываемости (особенно в краткосрочных задачах безопасности) [4]. Отсутствие адекватных аналитических методик при невозможности реализации натурных испытаний судов вынуждает исследователей прибегать к модельным экспериментам в данной области.

Реальному ледовому моделированию (в ледовых опытовых бассейнах) свойственны недостатки, существенными из которых являются несовершенство модельного ледяного покрова, невозможность соблюдения полного подобия модели и природы, различные допущения и ограничения методик пересчёта результатов с модели на натуру, невозможность разделения гидродинамических и ледовых нагрузок. Применительно к экспериментам с движителями это усугубляется повышенной сложностью их изготовления, планирования и реализации опытов, что ограничивает возможный диапазон варьирования факторов.

В настоящее время признанной альтернативой реальным ледовым экспериментам выступает виртуальное моделирование, реализуемое с применением современных CAE-систем [5–8]. Оно лишено указанных выше принципиальных недостатков реального моделирования, а в ряде случаев является единственным источником получения достоверной информации об исследуемом ледовом процессе. При этом необходимо

отметить, что существенным ограничением САЕ-моделирования является его большая вычислительная ресурсозатратность, что требует высокопроизводительных и ресурсоёмких вычислительных систем.

В качестве пользовательского недостатка подавляющего большинства подобных систем следует указать на низкую степень автоматизации математическо-геометрического сопровождения при формировании трёхмерных моделей исследуемых объектов. Существующие авторские потребности, как правило, требуют дополнительных внешних программных технологий, существенно ускоряющих процесс создания геометрии моделей для САЕ-систем. Ниже это проиллюстрировано на примере использования системы MATHCAD при разработке контура лопасти гребного винта [9, 10]. Выбор данного программного продукта, безусловно, субъективен и обусловлен только «хорошей пользовательской практикой» решения авторских задач.

При этом следует оговориться, что подход предложенный в данной работе, в большей степени относится к случаям ограниченности информации о расчётно-конструктивных параметрах винта, что допускает некоторую «произвольность» в описании его геометрии. При наличии теоретического чертежа движителя его «точную» модель предпочтительнее формировать в CAD-системах профессионального уровня.

Методика расчёта в системе MATHCAD

Основу лопасти гребного винта составляет винтовая поверхность. Последняя образована поступательно-вращательным движением плоской кривой (образующей винтовой поверхности) относительно некоторой оси (направляющей). Движение может быть неравномерным, допустимы деформации образующей. Традиционно уравнение винтовой поверхности принято записывать в параметрическом виде:

$$S_{cr}(r, \theta) = \begin{cases} fx(r, \theta) \\ fy(r, \theta) \\ fz(r, \theta) \end{cases} \quad (1)$$

где $fx(r, \theta)$, $fy(r, \theta)$, $fz(r, \theta)$ – параметрические функции координат X , Y , Z соответственно (рис. 1);

r – проекция на плоскость XOY расстояния от текущей точки поверхности (текущей точки образующей) до начала координат (рис. 1);

θ – угол между осью X и проекцией на плоскость XOY расстояния от текущей точки поверхности до начала координат (текущий угол поворота образующей, рис. 1).

В общем случае частные производные функции этой поверхности не являются постоянными величинами, что сильно искажает поверхность уже на первом витке. Поэтому лопасть формируется в окрестности «нулевого» положения образующей (по углу).

Основными расчётно-конструктивными параметрами винта являются его радиус, шаг, дисковое отношение, количество и форма лопастей, угол наклона «нулевого» положения образующей к плоскости, перпендикулярной оси вращения винта (угол наклона образующей, если она вырождена в отрезок прямой), радиус ступицы. Шаг винта и угол наклона образующей (или её форма) непосредственно определяются уравнением винтовой поверхности (1). Шаг может быть постоянным, радиально переменным, аксиально переменным и радиально-аксиально переменным. В подавляющем большинстве судовых движителей используют два первых вида винтовых поверхностей. Всё многообразие форм лопастей гребных винтов можно классифицировать по двум признакам: симметричные и несимметричные. В классической литературе последние принято называть «саблевидными», однако этот термин в большей степени применим к лопастям с выпуклой входящей и вогнутой выходящей кромкой.

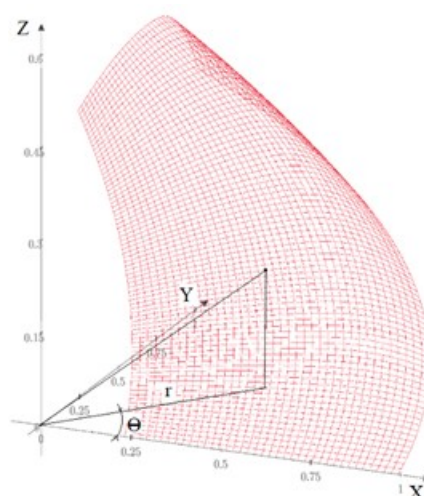


Рис. 1. Винтовая поверхность, реализованная в среде MATHCAD

Авторский опыт моделирования винтов показал, что эксплуатируемые в настоящее время формы контуров лопастей допустимо описывать линией пересечения винтовой поверхности (Рис. 2, поверхность 1) с двумя вертикальными цилиндрическими поверхностями (их образующие параллельны оси вращения винта, оси Z , рис. 2).

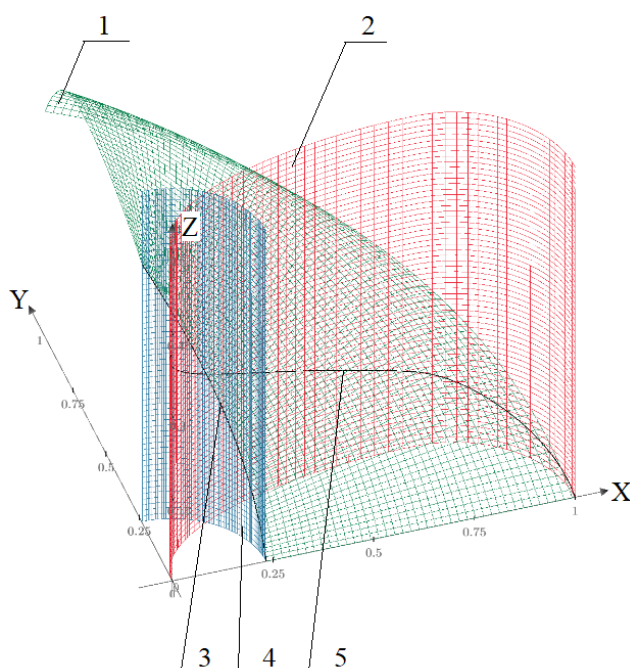


Рис. 2. Формирование контура лопасти в среде MATHCAD

При этом первый цилиндр с направляющей в виде окружности имитирует ступицу (рис. 2, поверхность 4) с винтовой линией пересечения 3 (рис. 2).

Направляющая второго цилиндра (рис. 2, поверхность 2) представляет собой состыкованные ветви двух эллипсов. Центры этих эллипсов совпадают и смещены по оси X на величину не более радиуса винта. Сумма горизонтальных полуосей эллипсов

(вдоль оси X) равна радиусу винта. Вертикальная полуось эллипсов (вдоль оси Y) – общая. Варьируя соотношение горизонтальных полуосей и величину вертикальной полуоси эллипсов можно сформировать практически любую форму лопасти, так как линия пересечения 5 (рис. 2) этого цилиндра с винтовой поверхностью будет представлять непосредственно искомый контур.

Параметрическое уравнение винтовой линии на ступице запишется:

$$L_h(\theta) = \begin{cases} fx_h(\theta) \\ fy_h(\theta) \\ fz(R_h, \theta) \end{cases}, \quad (2)$$

где $fx_h(\theta)$ – параметрическая функция координаты X винтовой линии:

$$fx_h(\theta) = R_h \cos(\theta), \quad (3)$$

где R_h – радиус ступицы;

$fy_h(\theta)$ – параметрическая функция координаты Y винтовой линии:

$$fy_h(\theta) = R_h \sin(\theta), \quad (4)$$

$fz(R_h, \theta)$ – параметрическая функция координаты Z винтовой линии.

Координата Z винтовой линии задаётся последним уравнением винтовой поверхности (1) при фиксированном значении параметра $r = R_h$. При этом аппликата винтовой поверхности описывается в зависимости от её вида. Для ряда поверхностей, наиболее вероятных в формировании лопастей судовых движителей ниже приведены уравнения аппликат при «нулевом» состоянии образующей в виде отрезка прямой.

Для винтов постоянного шага:

$$fz(r, \theta) = \frac{\theta}{2\pi} H + r \cdot \operatorname{tg} \alpha_c, \quad (5)$$

где H – шаг винта;

α_c – угол наклона образующей.

Для винтов радиально переменного шага:

$$fz(r, \theta) = \frac{\theta}{2\pi} H(r) + r \cdot \operatorname{tg} \alpha_c, \quad (6)$$

где $H(r)$ – шаг винта, как функция параметра r .

Для винтов аксиально переменного шага:

$$fz(r, \theta) = A_v(\theta) + r \cdot \operatorname{tg} \alpha_c, \quad (7)$$

где $A_v(\theta)$ – аппликата винтовой поверхности, как функция параметра θ .

Для винтов радиально-аксиально переменного шага:

$$fz(r, \theta) = \frac{\theta}{2\pi} H(r) + A_v(\theta) + r \cdot \operatorname{tg} \alpha_c, \quad (8)$$

Зависимости $H(r)$ и $A_v(\theta)$ обычно формируются по эмпирическим данным, а в функциях (6–8) удобно использовать их сплайн интерполяцию. Пример такой аппроксимации средствами MATHCAD приведён на рис. 3.

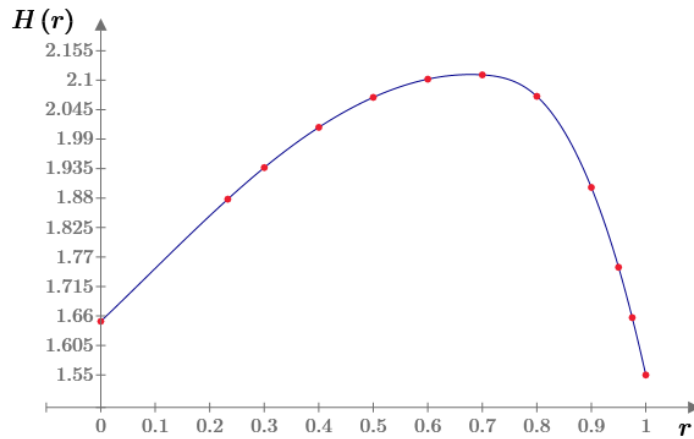


Рис. 3. Формирование кривой радиально переменного шага в среде MATHCAD

Параметрическое уравнение контура лопасти запишется:

$$L_b(\theta) = \begin{cases} fx_b(\theta) \\ fy_b(\theta) \\ fz(r_v(\theta), \theta) \end{cases}, \quad (9)$$

где $fx_b(\theta)$ – параметрическая функция координаты X контура лопасти:

$$fx_b(\theta) = r_v(\theta) \cos(\theta), \quad (10)$$

где $r_v(\theta)$ – уравнение направляющей цилиндрической поверхности 2 (Рис. 2) в полярном виде.

Зависимость $r_v(\theta)$ формируется средствами MATHCAD из ветвей двух эллипсов (Рис. 4):

$$y_1(x) = \sqrt{b^2 \left[1 - \frac{(x - a_1)^2}{a_1^2} \right]} \quad (11)$$

$$y_2(x) = \sqrt{b^2 \left[1 - \frac{(x - a_2)^2}{a_2^2} \right]}, \quad (12)$$

где b – вертикальная (общая) полуось эллипсов;
 a_1, a_2 – горизонтальные полуоси эллипсов при условии:

$$a_1 + a_2 = R, \quad (13)$$

где R – радиус винта.

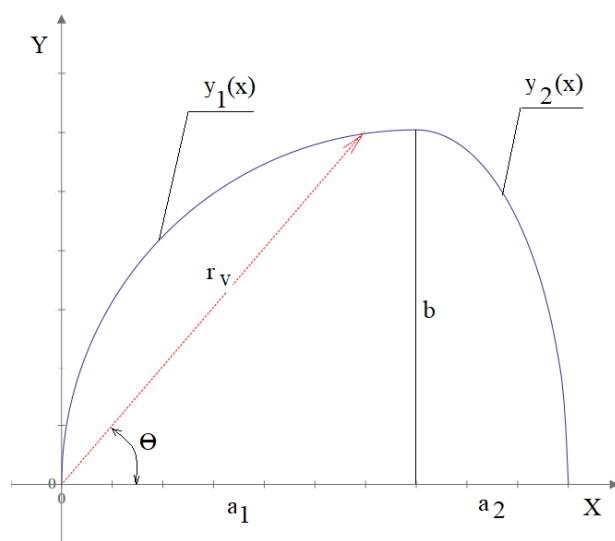


Рис. 4. Формирование направляющей цилиндрической поверхности 2 в среде MATHCAD

$fy_b(\theta)$ – параметрическая функция координаты Y контура лопасти:

$$fy_b(\theta) = r_v(\theta) \sin(\theta) \quad (14)$$

$fz(r_v(\theta), \theta)$ – параметрическая функция координаты Z контура лопасти.

Контроль дискового отношения винта производится по формуле:

$$D_r = Z_b \frac{|A_p \pm A_n|}{\pi R^2}, \quad (15)$$

где Z_b – количество лопастей;

A_p – площадь верхней части лопасти (выше «нулевого» положения образующей) [11]:

$$A_p = \int_0^{\theta_l} \int_{R_h}^{r_v(\theta)} \sqrt{E(r, \theta)G(r, \theta) - F(r, \theta)^2} dr d\theta, \quad (16)$$

где θ_l – верхний предел интегрирования по углу поворота образующей, определяемый в результате численного решения средствами MATHCAD уравнения:

$$r_v(\theta) = R_h \quad (17)$$

$E(r, \theta), G(r, \theta), F(r, \theta)$ – промежуточные функции, определяемые [11]:

$$E(r, \theta) = \left[\frac{d}{dr} fx(r, \theta) \right]^2 + \left[\frac{d}{dr} fy(r, \theta) \right]^2 + \left[\frac{d}{dr} fz(r, \theta) \right]^2 \quad (18)$$

$$G(r, \theta) = \left[\frac{d}{d\theta} fx(r, \theta) \right]^2 + \left[\frac{d}{d\theta} fy(r, \theta) \right]^2 + \left[\frac{d}{d\theta} fz(r, \theta) \right]^2 \quad (19)$$

$$F(r, \theta) = \left[\frac{d}{dr} f_x(r, \theta) \right] \left[\frac{d}{d\theta} f_x(r, \theta) \right] + \left[\frac{d}{dr} f_y(r, \theta) \right] \left[\frac{d}{d\theta} f_y(r, \theta) \right] + \left[\frac{d}{dr} f_z(r, \theta) \right] \left[\frac{d}{d\theta} f_z(r, \theta) \right] \quad (20)$$

A_n – площадь нижней части лопасти (ниже «нулевого» положения образующей), рассчитываемая аналогично A_p , но для функций (11) и (12), описывающих данную часть контура лопасти.

Если лопасть симметрична, то $A_p = A_n$. Знак «минус» в числителе зависимости (15) используется для явно «саблевидных» лопастей, у которых входящая кромка выпуклая, а выходящая – вогнутая.

Экспорт контура лопасти в CAE-систему

Адекватное решение множества авторских задач связано с виртуальным моделированием в CAE-системе LS-DYNA [12]. MATHCAD лишена возможности экспортировать свои трёхмерные модели в среду LS-DYNA непосредственно в виде поверхностей или линий, используемых при построении геометрии и конечноэлементной сетки объектов. Во внешние приложения MATHCAD может передавать только дискретные файлы.

Поэтому на первом этапе экспорта средствами MATHCAD производится дискретизация зависимостей (2) и (9) по параметру θ . Шаг дискретизации выбирается исходя из требований к точности последующего описания контура в CAE-модели и степени кривизны его линий. Шаг может колебаться в пределах 0,01–0,1. В результате дискретизации формируется двумерная матрица с координатами точек, описывающих контур.

Следующий этап экспорта обусловлен необходимостью соблюдения в сформированной матрице нужного количества параметров (аргументов). Автором используется для обмена данными карта «*NODE» LS-DYNA [5, 12]. Она требует наличия в матрице шести столбцов: номер точки, координата X , координата Y , координата Z , параметр ограничения на перемещение точки, параметр ограничения на вращение точки. Два последних столбца на этапе передачи допустимо обнулить.

На третьем этапе сформированная и дополненная матрица сохраняется MATHCAD-командой «WRITECSV» в текстовом файле. Предпочтительность использования данной команды заключается в том, что числа в файле записываются через запятую, что соответствует «неформатированному» вводу данных в LS-DYNA.

На заключительном этапе производится редактирование созданного файла с целью приведения его к синтаксису, установленному в LS-DYNA. При этом требуется задание двух обязательных карт («*PART» и «*NODE»), идентифицирующих набор данных как структурную единицу модели в LS-DYNA.

После процедуры редактирования файл можно импортировать в препроцессор LS-DYNA и строить конечноэлементную модель лопасти. При этом по точкам формируется несколько последовательно соединённых пространственных сплайнов, копирующих MATHCAD-контур лопасти, по которым производится конечноэлементное разбиение его поверхности. Примеры построенных лопастей различных форм контуров и винтовых поверхностей приведены на рис. 5.

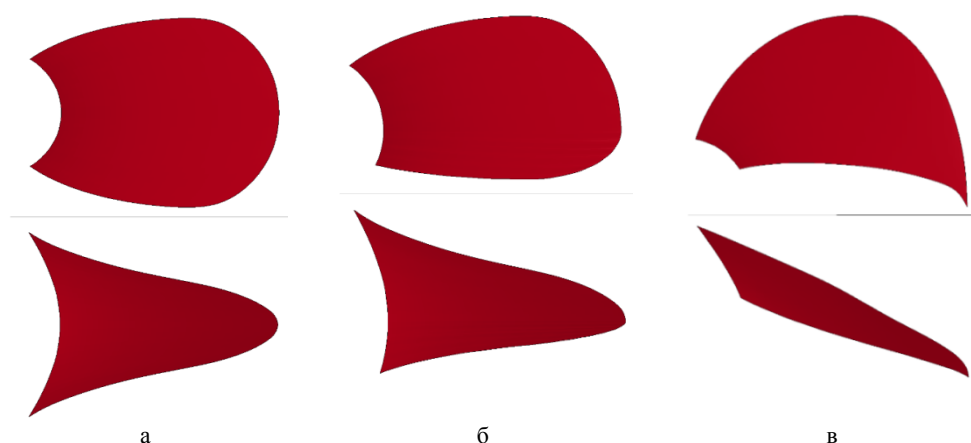


Рис. 5. Примеры лопастей (а – симметричный контур, винтовая поверхность постоянного шага; б – несимметричный контур, винтовая поверхность постоянного шага; в – «саблевидный» контур, винтовая поверхность радиально переменного шага с углом наклона образующей)

Выводы

1. В настоящее время при решении ряда технических задач признанной альтернативой реальным экспериментам выступает виртуальное моделирование, реализуемое с применением CAE-систем.
2. В качестве пользовательского ограничения подавляющего большинства подобных систем является недостаточная автоматизация математическо-геометрического сопровождения при формировании трёхмерных моделей исследуемых объектов.
3. Совместное использование CAE- и CAD-систем значительно повышает производительность и качество подготовки модели на этапе препроцессинга.

Список литературы:

- [1] Басин А.М., Миниович И.Я. Теория и расчёт гребных винтов. – Л.: Судпромгиз. 1963.–760 с.
- [2] Анфимов В.Н., Сиротина Г.Н., Чижов А.М. Устройство и гидромеханика судна. – Л.: Судостроение, 1974. – 368 с.
- [3] Anthony F. Molland., Stephen R. Turnock., Dominic A. Hudson. Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power. – New York: Cambridge University Press. 2011. – 537 p. – Access mode: [http://dl.kashti.ir/ENBOOKS/NEW/Ship%20resistance%20and%20propulsion%20_%20F.Molland%20\(2011\).pdf](http://dl.kashti.ir/ENBOOKS/NEW/Ship%20resistance%20and%20propulsion%20_%20F.Molland%20(2011).pdf)
- [4] Sing-Kwan Lee. Combining ice class rules with direct calculations for design of Arctic LNG vessel propulsion. Gastech Conference, Bangkok, Thailand, March 10–13, 2008. – Access mode: <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/Technical%20Papers/2008/CombiningIce-ClassRules>
- [5] Лобанов В.А. Оценки ледовых качеств судов с применением CAE-систем: монография / В.А. Лобанов. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – 296 с. – Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/KdGF/oJhhgxYR9>
- [6] Лобанов В.А. Пропульсивные качества винторулевой колонки во льдах. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 46. – Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016. – с. 171–182. – Режим доступа: http://www.vsawt.ru/newsite/departments/science_innovation/vestnik-vgavt/spisok-opublikovannykh-statey.php
- [7] Лобанов В.А. Рулевая сила комплекса винт-руль во льдах // Интернет-журнал «Наукоедение» Том 7, №5 (2015). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/189TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/189TVN515
- [8] Kinnunen A., Lämsä V., Koskinen P., Jussila M., Turunen T. Marine propeller-ice interaction simulation and blade flexibility effect on contact load. Proceedings of the 23-rd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC-15), June 14–18, 2015, Trondheim, Norway. – Access mode: <http://www.poac.com/Papers/2015/pdf/poac15Final00216.pdf>

[9] PTC Mathcad. – Access mode: <https://www.ptc.com/en/products/mathcad>

[10] Maxfield B. Essential PTC Mathcad Prime 3.0: A Guide for New and Current Users. Elsevier Inc., 2013. – 584 p. – ISBN: 012410410X

[11] Высшая математика: Учеб. для вузов: В 3 т. / Я.С. Бугров, С.М. Никольский; Под ред. В.А. Садовниченко. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – (Высшее образование: Современный учебник). Т.3: Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного. – 512 с.

[12] Hallquist J.O. LS-DYNA 950. Theoretical Manual. Livermore Software Technology Corporation. LSTC Report 1018. Rev. 2. USA, 2001. – 498 p.

MODELING OF SHIP PROPELLERS IN CAD AND CAE SYSTEMS

V.A. Lobanov

Keywords: *propeller complex, propeller, CAD-system, CAE-system, finite element modeling.*

The approach to accelerated modeling of blade geometry of propellers is suggested in the article. With the use of the MATHCAD-medium, a technique has been developed for the formation of a helical surface and a blade contour of any complexity. The procedure of exporting data to the CAE system of the subsequent construction of a three-dimensional propeller model and realization of a numerical experiment is worked out.

Статья поступила в редакцию 11.01.2018 г.

УДК 656.624.3.004.69:656.628

М.Г. Синицын, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАВОЗА ГРУЗОВ НА МАЛЫЕ РЕКИ

Ключевые слова: *Система, система организации завоза грузов на малые реки, малые реки, боковые реки, причальные сооружения, перегрузочная техника, оборудование и склады*

В статье рассмотрена модель системы организации завоза грузов на малые реки. Также составлена схема взаимодействия элементов водотранспортной системы по доставке грузов. Описана актуальность данной системы в современных условиях. Составлена схема разработки и принятия решений обоснования системы завоза грузов на малые реки.

Актуальность проблемы рационализации системы завоза грузов на малые реки и притоки не вызывает сомнения, учитывая их значимость в региональной экономике и транспортном обеспечении отдельных регионов. Методология исследования этой проблемы базируется на общей теории транспортных процессов и систем, а также отраслевой составляющей [1]. При этом реализуются принципы научной обоснованности, комплексности и поэтапности исследования, системного подхода [2].

С позиции системного подхода объект исследования – система организации завоза грузов на малые реки рассматривается как разновидность водотранспортной системы доставки грузов, совокупность которых образует бассейновую (региональную)

воднотранспортную систему. Последняя при своем функционировании и развитии взаимодействует с другими видами транспорта в системе транспортного обслуживания экономики, бизнеса, населения и освоения новых территорий, как инфраструктурная отрасль.

Элементами воднотранспортной системы доставки грузов являются: транспортный флот, причальные сооружения, перегрузочная техника, оборудование и склады, рейды и их оборудование (рис. 1) [7]. Координацию их взаимодействия осуществляет система организации доставки (завоза) грузов [4]. Взаимодействие с внешней средой здесь осуществляется через вход (состав перевозок и грузовые потоки) и выход (доставка груза потребителям). Система организации доставки (завоза) грузов состоит из форм организации движения флота, элементов графика движения и обработки флота. Таким образом, выполняются задачи транспортного обслуживания, возлагаемые на воднотранспортную систему доставки грузов [6].



Рис. 1. Схема взаимодействия элементов воднотранспортной системы доставки грузов

С позиций системного подхода предметом исследования является методический инструментальный обоснования рациональной системы доставки (завоза) грузов, который рассматривается как комплекс поэтапно решаемых задач:

1. Исследование структуры перевозок, перспектив их развития, выделение грузопотоков для использования логистических технологий.
2. Анализ существующей организации транспортного процесса с учетом соответствия предъявляемых требований.
3. Установление возможных альтернативных вариантов использования видов и типов технических средств, организации их работы.
4. Нормирование работы флота.
5. Расчет эксплуатационно-экономических показателей использования технических средств и организации их работ.
6. Определение потребности в технических средствах и емкостях складов для хранения грузов.
7. Анализ результатов расчета итоговых показателей по намеченным вариантам и выбор оптимального по принятому критерию оценки эффективности [2].

Комплекс перечисленных задач представляет собой проблему рационализации системы организации завоза грузов на малые реки. В то же время она может быть представлена как элемент системы более высокого уровня – проблемы эффективности бассейновой (региональной) воднотранспортной системы, надежности и устойчивости ее развития. Ключевые задачи этой проблемы – оценка эффективности функционирования региональной (бассейновой) воднотранспортной системы, участие речного транспорта и исследование внутренних водных путей в экономических проектах развития и освоения новых территорий. Частная задача этой проблемы – формирование и развитие систем доставки грузов и их завоз на малые реки и притоки. При этом необходимо учитывать особенности этой категории внутренних водных путей. По общей классификации это VI, VII классы с условным обозначением их как «малые реки». Классификационные принципы здесь: минимальные или нормируемые глубины, не превышающие 100÷120 см, вновь осваиваемые участки водных путей, использование которых возможно только в период полноводья.

Недостатки понятийного аппарата и расширение исследуемой категории внутренних водных путей на притоки позволяют использовать термин «малые реки» более широко. В соответствии с утвержденным перечнем внутренних водных путей к этой категории относятся верховья магистральных рек, притоки в целом и отдельные их участки [8].

В 1987 году Министерство речного флота утвердило разработанные в Новосибирском институте инженеров водного транспорта методические указания по отнесению внутренних водных путей к малым рекам и по судам транспортного флота для использования на этих реках. Отнесение внутренних водных путей к малым рекам производится, как правило, по габаритам пути: глубине, ширине и радиусу закругления судового хода в меженный период навигации [5].

Малая река – это водный путь, временно используемый для судоходства, чаще всего с экстремальными условиями плавания. Также к малым рекам можно отнести реки эксплуатируемые в течение всей навигации, но имеющие хотя бы одно ограничение и таблицы 1.

Таблица 1

**Характеристики габаритов судового хода, по которым
можно отнести реки к категории малые реки**

Габариты судового хода	Значение
Глубина	$\leq 1,30$ м
Ширина на свободных реках	≤ 30 м
Ширина на искусственных каналах	≤ 14 м
Радиус закругления	≤ 150 м

Эти принципы положены в основу авторской модели системы завоза грузов на малые реки. В ней малые реки делятся на 2 класса: 1) эксплуатируемые всю навигацию с выделением полноводного и меженного периодов; 2) временно используемые для судоходства (полноводный период). Для каждого из них возможны несколько вариантов системы организации перевозок и движения флота (график движения флота) [8].

Типовая (классическая) система такого рода содержит разные формы организации движения флота, системы тягового обслуживания, формы закрепления тяги за тоннажем, согласование работы тяги и тоннажа, формирование грузовых линий, разработку составляющих графика движения: плана освоения грузовых потоков, плана портового обслуживания, плана тягового и путевого обслуживания несамоходных грузовых судов. Приведенный перечень атрибутов системы свидетельствует о разнообразии возможных вариантов их сочетаний на практике [8].

Проблема обоснования рациональной системы организации завоза грузов на малые реки достаточно сложна и содержит комплекс задач, перечень которых обусловлен содержанием самой системы. В качестве методической основы исследования принят процедурный подход и моделирование процессов эксплуатационно-экономического обоснования. Предложена авторская модель процедуры последовательного решения комплекса задач, которая начинается с установления класса конкретного притока либо малой реки. Дальнейшая последовательность решения задач описана в модели (рис. 2).

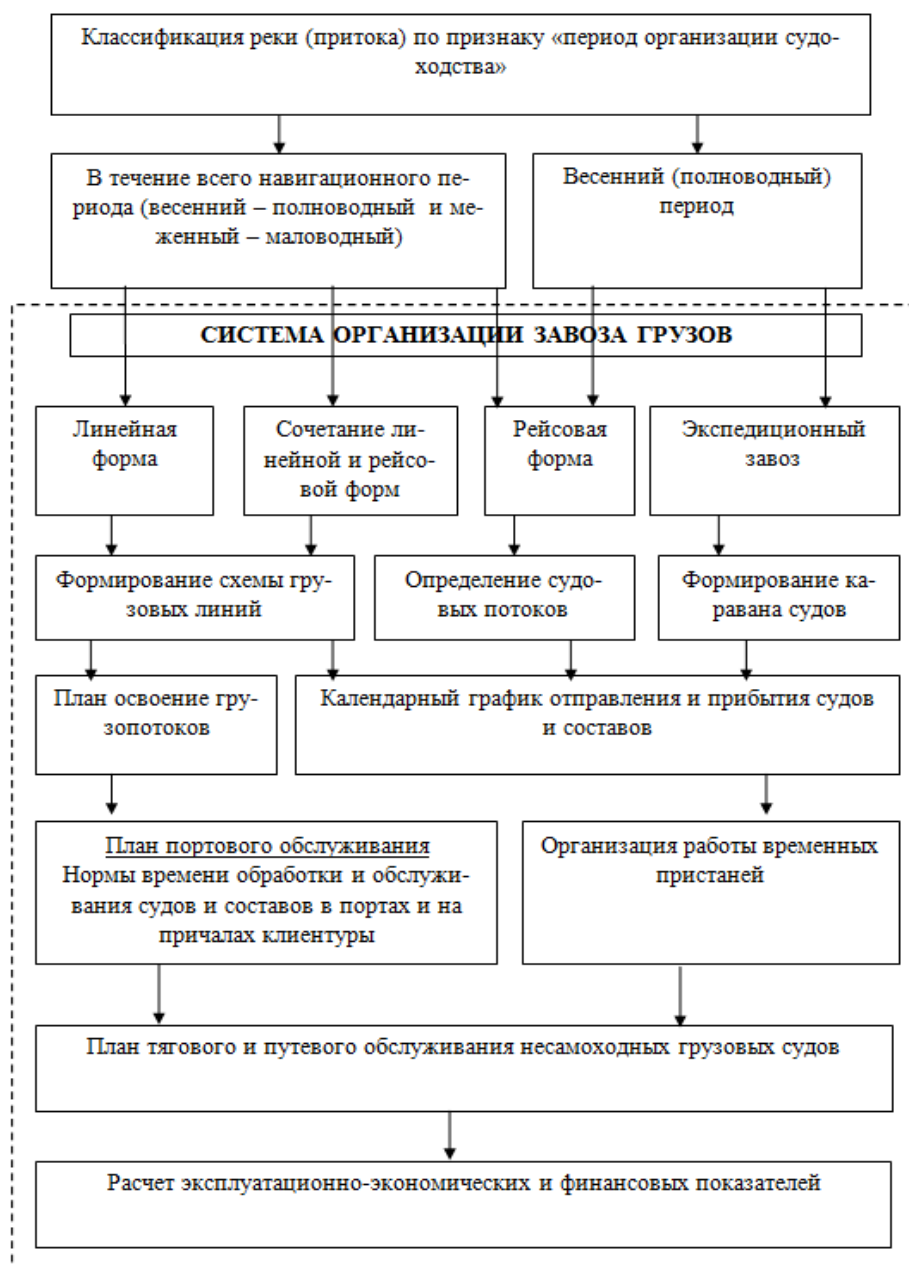


Рис. 2. Модель подготовки и принятия решений по обоснованию системы завоза грузов

При завозе грузов на малые реки первого класса могут быть реализованы линейная и рейсовая формы движения флота, а также их сочетание по периодам навигации. Это зависит от наличия соответствующих предпосылок. Для линейной формы характерны мощные устойчивые грузовые потоки, регулярное движение и ритмичное отправление судов и составов, для рейсовой – нестабильные мелкопартионные грузопотоки, не регулярное отправление судов и составов. На притоках и малых реках второго класса могут использоваться рейсовая форма, а также её разновидность – экспедиционный завоз.

При экспедиционном завозе формируется караван судов, а в пунктах боковых и малых рек организовываются временные пристани. Завоз грузов осуществляется в течение короткого промежутка времени, который чаще всего не превышает 30 суток. При разработке плана освоения грузопотоков используется другая форма организации движения флота – календарный график отправления и прибытия судов и составов либо движения каравана [8].

Решение задач организации тягового обслуживания осуществляется для обоих классов, при этом приоритет отдается закреплению тяги за тоннажем на круговые рейсы и согласованию их работы [8].

Разработанная методика, прежде всего, направлена:

- на оптимизацию работы технических средств перевозки и перегрузки грузов;
- на обоснование оптимальных схем способов перевозки;
- на рационализацию транспортных процессов доставки грузов в пункты назначения.

Поиск решений представляет собой поэтапное исследование изучаемой проблемы. На первом этапе исследуются условия и факторы, влияющие на эффективность завоза грузов на боковые и малые реки. На втором устанавливаются предпосылки совершенствования системы завоза грузов. Конкретные задачи исследуемой проблемы, которые необходимо решить описаны в схеме разработки и принятия решений для обоснования системы завоза грузов на малые реки (рис. 3, позиции с первой по четвертую). На завершающем этапе необходимо уточнить предпосылки и методические принципы эксплуатационно-экономического обоснования и разработать методологический инструментарий, чем и является представленная методика.

Достоверность и обоснованность организационно-управленческих решений во многом зависит от информационного обеспечения уровня их подготовки с использованием современных технологий сбора, обработки и анализа информации. В связи с этим в рамках авторской методики предусмотрена процедура разработки и принятия решений по обоснованию системы организации завоза грузов на малые реки (рис. 2), которая начинается с анализа условий судоходства, эксплуатации флота в рамках хозяйственной деятельности судоходной компании и его обслуживания в портах и пунктах его обработки [3].

Необходимо отметить особо сложные условия судоходства и обслуживания флота в пунктах его обработки на притоках и малых реках. Здесь габариты судового хода ограничены и не нормируются.

В естественном состоянии глубина на отдельных участках может снижаться до 40–60 см, ширина 10–12 м, радиус закругления 50–60 м, эксплуатационный период на отдельных реках и притоках ограничен 15–20 сутками, высокий скоростной режим затрудняет прохождение таких участков водоизмещающими судами. Пункты прибытия обработки флота чаще всего не имеют причальных сооружений, средств механизации и складов. Транспортная инфраструктура развита слабо. Отсутствует судоремонтная база, специализированная на отстое и ремонте флота предназначенного для эксплуатации на малых реках [8].

На основе анализа полученных данных учитываются условия осуществления транспортных процессов и разрабатываются требования к техническим средствам перегрузки и перевозки грузов [8]. Затем устанавливаются возможные альтернатив-

ные схемы и способы перевозок грузов, а также иные технические средства, соответствующие этим требованиям. Процедура поиска решения завершается расчетом эксплуатационных и экономических показателей, их анализом и выбором оптимального варианта [8].

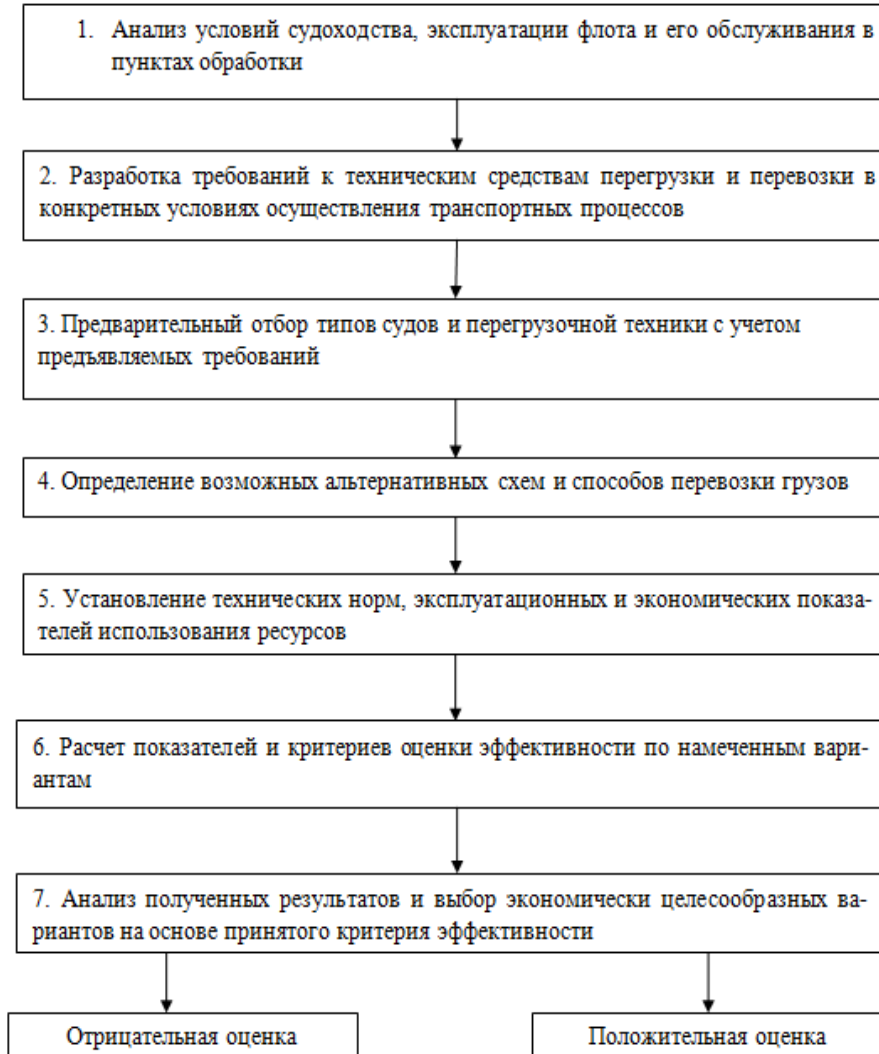


Рис. 3. Схема разработки и принятия решений для обоснования системы завоза грузов на малые реки

Даже после получения положительного результата по вопросу о коммерческой эффективности судоходной компании исследование не заканчивается. При рассмотрении системы завоза грузов на боковые реки как инфраструктуры экономики, можно выявить ряд принципов, благодаря которым достигается эффективность системы (рис. 2).

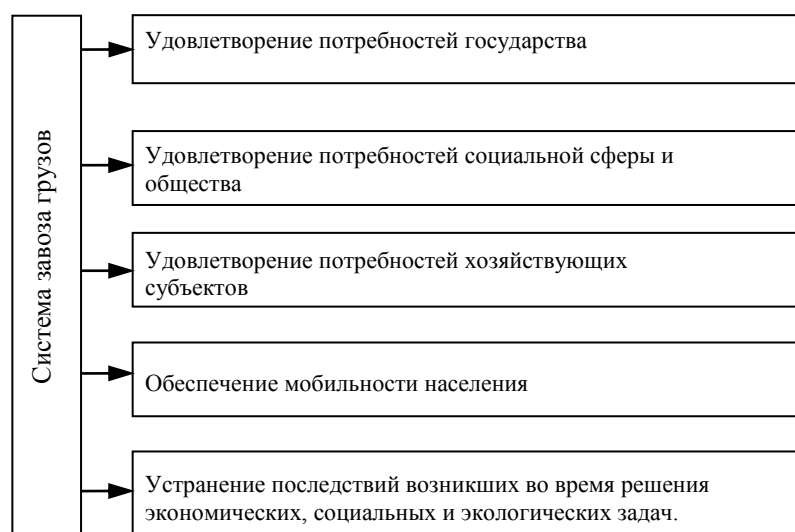


Рис. 4. Принципы эффективности системы завоза грузов на малые реки

Оценка эффективности системы может быть осуществлена как со стороны перевозчика, так и со стороны потребителя услуг. Решить данные противоречия подходов можно при помощи баланса интересов. Со стороны перевозчиков и судовладельцев должна быть обеспечена слаженная и бесперебойная работа с положительным финансовым результатом. Для потребителей необходимо качественное оказание транспортных услуг по оптимальным стоимостным и временным рамкам. Комплексное решение и научное обоснование данной проблемы может быть получено при реализации авторской методики.

Последовательность решения задач и их состав приведены на схеме разработки и принятия решений (рис 3). При этом первые три блока направлены на изучение и анализ потребителей транспортных услуг. Здесь предусматривается установление общих закономерностей и тенденций функционирования речного транспорта в обслуживаемом регионе, определяется потребность в необходимости доставки грузов, структура и характеристика грузопотоков.

Оценку эффективности системы завоза грузов на малые реки предложено осуществлять при помощи системы показателей, которые представляют собой величины характеризующие деятельность субъектов на рассматриваемой территории. В число показателей входит социально-экономическая и бюджетная эффективность общественного производства.

Из вышеизложенного следует, что разработанная автором методика представляет собой инструментальный решения проблемы по оценке эффективности завоза грузов на малые реки. Научная значимость заключается в системности и комплексности исследования проблемы на основе чего и был разработан перечень задач и алгоритм их решения. Элементами научной новизны являются: модель организации транспортных процессов и алгоритм экономического обоснования системы завоза грузов в пункты малых рек.

Список литературы:

- [1] Бунеев В.М. Основы теории воднотранспортных систем / В.М. Бунеев – Новосибирск: Сибирский государственный университет водного транспорта, 2016 -179 с.
- [2] Бунеев В.М., Седунова М.В., Сеницын М.Г. Организационно-методический механизм формирования и функционирования воднотранспортных систем / В.М. Бунеев, М.В. Седунова, М.Г. Сеницын – Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник ма-

териалов VII Международной научно-практической конференции/ Под общ. Ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2016. – с 48–52.

[3] River Transportation [Электронный ресурс] //IowaPublicTelevision/ <http://www.iptv.Org/iowapathways/mypath/river-transportation>

[4] Brazil – TransportationInfrastructure [Электронный ресурс] // BrazilCountryCommercialGuide// URL: <https://www.export.gov/article?id=Brazil-Transportation>

[5] Зачесов В.П., Филоненко В.Г. Технология и организация перевозок на речном транспорте: Учебное пособие для вузов. – Новосибирск: Сибирское соглашение, 2004. – с 290

[6] Czernuszenko W. Transport processes in river systems [Электронный ресурс] /Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) // URL:<https://www.eolss.net/sample-chapters/C07/E2-07-03-00.pdf>

[7] Transport, communication and trade in india [Электронный ресурс] / URL: <http://www.nios.ac.in/media/documents/316courseE/ch25.pdf> - стр 212.

[8] Бунеев В.М., Синицын М.Г. Методики оценки эффективности завоза грузов на боковые реки и притоки/ Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока №3-4 за 2016 год/ научное издание / ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», 2016 – с 46–49.

[9] Бунеев В.М. Оценка эффективности эксплуатации внутренних водных путей / В.М. Бунеев / Эффективность функционирования и развития речного транспорта Сибири и Дальнего Востока: материалы международной научно-практической конференции 27–28 нояб. 2014 г. - Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2015. -с. 13–23.

METHOD OF SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL SYSTEM OF ORGANIZING THE DELIVERY OF GOODS TO SMALL RIVERS

M.G. Sinitsin

Keywords: the system, the system of organizing the delivery of goods to small rivers, small rivers, side rivers, berthing facilities, reloading machinery, equipment and warehouses.

The model of organization of cargo delivery to small rivers is considered in the article. The scheme of interaction of elements of a water transport system of cargo delivery is also made. The relevance of this system in modern conditions is stated. The scheme of development and adoption of decisions on the justification of the system of organizing the delivery of goods to small rivers is developed.

Статья поступила в редакцию 12.01.2018 г.

Раздел VI

**Эксплуатация судового
энергетического оборудования**

Section VI

Operation of ship power equipment

УДК 621.18-5

*А.И. Епихин, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова»
353918, г. Новороссийск, пр. Ленина, 93*

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ключевые слова: нечеткая логика, обратная связь, ПИ-регулятор, судовой котел, теория управления

Подробно рассмотрены способы регулирования питания котлов в судовой энергетической установке. Даны отличительные свойства одноимпульсного, двухимпульсного и трехимпульсного регуляторов применительно к управлению питанием главных котлов. Даны пояснения по принципам регулирования вспомогательных котлов. С целью оптимизации системы было предложено внедрить систему с регулятором нечеткой логики вместо традиционного ПИ-регулятора.

Современное морское судно оснащено большим количеством различных по назначению агрегатов, механизмов, приборов и устройств, в совокупности составляющих технические средства судна. Безопасность, надежность и экономичность процесса управления судном зависят не только от технического состояния судового оборудования, но и от эффективности автоматизации технических средств и качества взаимодействия обслуживающего персонала со средствами автоматизации. Автоматический контроль является важнейшей частью систем автоматического управления, т.к. для своевременной корректировки процесса необходимо располагать информацией о его протекании. Роль человека при этом практически сводится к оценке информации и выдаче управляющих воздействий [1]. Энергетические установки, являющиеся важным элементом обеспечения работоспособности судна, требуют высококачественного управления входящим в их состав оборудованием. Такое управление можно осуществить только автоматически действующими средствами, которые правильно рассчитаны и подобраны, хорошо изготовлены, смонтированы и налажены на судне [2].

Применительно к судну различают частичную автоматизацию и комплексную. Частичная автоматизация предполагает автоматизацию работы отдельных судовых механизмов и устройств, например, автоматизацию управления и регулирования работы дизель-генераторов, паровых котлов, применение авторулевых, удерживающих судно на заданном курсе и т.д. Частичная автоматизация в том или ином объеме осуществлена на большинстве действующих судов. Однако наиболее эффективным является применение комплексной автоматизации, при которой автоматизируются все процессы, связанные с работой судна. Она получила широкое развитие на судах только последние пять-шесть лет в связи с развитием современных технологий. Основное направление комплексной автоматизации судов в настоящий период – внедрение автоматических систем, обеспечивающих дистанционное управление энергетической установкой с ходового мостика при отсутствии постоянной вахты в машинном отделении. В этом случае вся информация о контролируемых параметрах передается в единый центр для мониторинга и оперативных действий в случае выхода из строя элемента системы СЭУ.

Помимо этого, автоматизация судовых энергетических установок (СЭУ) обеспечивает [3]:

- Повышение экономичности установок на всех статических режимах работы;
- Повышение маневренности установок и судна;
- Надежность работы установок;

- Улучшение технического обслуживания установок и условий труда персонала;
- Сокращение численности обслуживающего персонала.

За последние 20 лет теория автоматического управления значительно расширила свои возможности и области применения. Внедряются все более новые способы управления выходными параметрами систем [4]. Для регулирования выходных параметров СЭУ применяются как традиционные ПИ-регуляторы, так и современные алгоритмы нечеткой логики (Fuzzy Logic) [5].

Регулирование питания котлов

СЭУ включает большое количество элементов, которые обеспечивают нормальные условия ее эксплуатации. Это определяет комплекс энергообеспечивающего оборудования, входящего в ее состав и требующего для них соответствующих средств автоматизации. К числу наиболее важных элементов относятся вспомогательные и утилизационные котлы, которые по условиям эксплуатации требуют оснащения их средствами автоматизации, характеризующимися большой сложностью. Особое место занимают главные котлы, схемы регулирования которых выполняют большой комплекс задач по сравнению со вспомогательными и утилизационными котлами [2].

Автоматика главных котлов обеспечивает заданные значения давления и температуры, изменение которых происходит за счет возникающих возмущающих воздействий, вызванных изменением нагрузки. Нагрузку определяет расход пара на главный двигатель. Его колебания приводят к отклонениям уровня, давления и температуры в котле.

Системы регулирования котельной установки работают как независимые. Так, контур питания обеспечивает подачу воды в котел независимо от управления процессом горения, а оба они не связаны с поддержанием постоянства температуры перегретого пара. Регулирование питания котла может быть реализовано на трех принципах: одно-, двух- и трехимпульсное.

Поддержание уровня в котле в определенных пределах необходимо для обеспечения надежности работы СЭУ. В главных судовых котлах с естественной циркуляцией допустимые отклонения уровня воды от заданной величины должны составлять не более 100 мм [2]. Системы регулирования питания котлов водой, как правило, состоят из двух контуров регулирования: уровня воды в пароводяном коллекторе и давления в напорном трубопроводе питательной системы. Автоматическое регулирование уровня воды в котлах осуществляется изменением степени открытия питательного клапана. Однако расход питательной воды в котел определяется также разностью давлений до и после питательного клапана котла, значение которой обеспечивается путем регулирования давления в подводящем воду напорном трубопроводе. Динамические свойства контура регулирования уровня воды определяются конструкцией измерительного органа регулятора уровня, которая должна удовлетворять требованиям надежности.

Поскольку котел не обладает свойством самовыравнивания по уровню, для обеспечения устойчивости процесса регулирования применяют регуляторы со стабилизирующими устройствами в виде гибких и жестких обратных связей. Для судовых вспомогательных котлов широко используют одноимпульсные пропорциональные (П) и пропорционально-интегральные (ПИ) регуляторы, а для главных – двухимпульсные П-регуляторы и регуляторы с дополнительным импульсом по скорости изменения давления пара [2].

Регулирующее воздействие одноимпульсного П-регулятора формируется в соответствии с сигналом по отклонению уровня воды в котле от заданного. Процесс регулирования уровня с использованием одноимпульсного регулятора на маневрах характеризуется большим перерегулированием, при котором уровень может выйти за пределы видимости водоуказательных приборов. При этом возникает опасность пережога труб котла или заброса воды в пароперегреватель и проточную часть турбины.

Одноимпульсные ПИ-регуляторы осуществляют регулирующее воздействие, используя информацию по отклонению уровня воды в котле, но обеспечивают статиче-

скую характеристику с нулевой неравномерностью. Регуляторы с гибкой обратной связью сложнее, чем с жесткой, а также менее надежны. Применяемые для высоконапряженных котлов с малым относительным водосодержанием двухимпульсные регуляторы осуществляют регулирующее воздействие, используя информацию не только по отклонению уровня воды в котле, но и по расходу пара из него.

Для обеспечения уровня воды в котле с минимальными отклонениями от заданного предназначены трехимпульсные регуляторы. Они получают импульсы не только по уровню воды и расходу пара, но и по расходу воды в котел [2]. Преимуществом импульса по расходу воды является высокая стабильность. В динамике отклонение уровня первоначально зависит в основном от скорости изменения давления в котле, определяемой его паровой нагрузкой. Поэтому дополнительный импульс по скорости изменения давления пара, отличный от нуля в переходных режимах, способствует улучшению динамики регулирования, уменьшая первоначальное отклонение уровня. В системе ПИ-регулирования уровня воды в котле с дополнительным импульсом по скорости изменения давления пара в качестве вспомогательной энергии используется сжатый воздух.

Регулирование вспомогательного котла выполняется непрерывным, позиционным и комбинированным [2]. Непрерывное регулирование используют в котлах большой производительности, а также в котлах, обеспечивающих паром турбогенератор, для устойчивой работы которого давление пара должно поддерживаться постоянным. Применяемые при этом системы управления принципиально не отличаются от главных котлов. Позиционное регулирование используют в котлах, производящих пар для общесудовых и эксплуатационных нужд судна, где допустимо изменение давления пара в относительно широких пределах. В таких системах при достижении верхнего заданного давления пара в котле система регулирования прекращает процесс топливосжигания, и отбор пара осуществляется за счет теплоты, аккумулированной в пароводяном объеме котла, до тех пор, пока давление пара в котле не достигнет нижнего заданного значения. После этого система управления осуществляет пуск котла и обеспечивает его работу до тех пор, пока давление пара не достигнет верхнего заданного значения. Позиционное регулирование целесообразно использовать для котлов, обладающих большой аккумулирующей способностью, позволяющей ограничить частоту включений и выключений котла. Такой 2-позиционный принцип построения схемы регулирования называют также принципом «включено-выключено», а реализующую его систему управления обычно выполняют с помощью электрических средств дискретного типа. Комбинированное регулирование сочетает в себе позиционный и непрерывный принципы. Такое регулирование является довольно сложным и находит применение для котлов с малым водосодержанием.

Применение нечеткой логики в системах управления котлов

Алгоритмы нечеткой логики (Fuzzy Logic) являются современным подходом в теории управления. Использование таких алгоритмов позволяет повысить качество регулирования и надежность, при этом обеспечить низкую стоимость при высоком быстродействии системы на возникающие возмущения контролируемых параметров [5].

Основное назначение применяемого в системе регулятора заключается в обеспечении стабильного выходного значения, близкого к желаемому, насколько это практически возможно [6]. Все реальные системы в той или иной степени проявляют нелинейный характер. Традиционные ПИ-контроллеры не всегда способны обеспечить хорошие и точные результаты. В этом случае контроллеры нечеткой логики могут быть хорошей альтернативой. При этом проектировщики могут сократить затраты на разработку при обеспечении высокой производительности конечных элементов системы [7]. Применительно к задаче контроля уровня жидкости в котле, контроллер нечеткой логики может значительно уменьшить ошибку перерегулирования по сравнению с традиционным ПИ-регулятором [8].

Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

Для особо сложных задач возможно применение гибридной системы, сочетающей в себе оба типа регуляторов. Структурная схема изображена на рис.1.

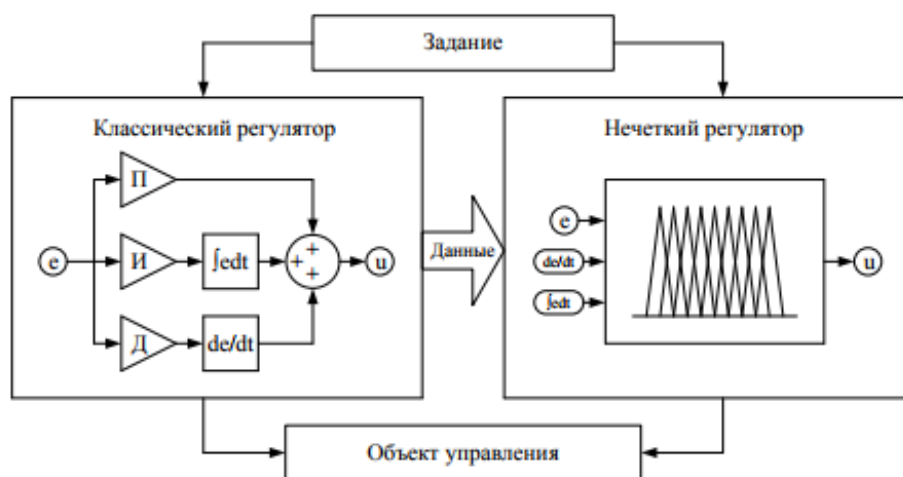


Рис. 1. Структурная схема гибридной системы управления

Выводы

Проведен обзор современных методов управления судовыми энергетическими установками и судовыми котельными установками в частности. Современные установки требуют высокого качества регулирования выходных параметров для эффективного функционирования элементов системы. Данная задача является комплексной и учитывает множество факторов. При построении систем управления традиционные ПИ-регуляторы являются надежным и проверенным способом контроля требуемых параметров. Однако, в связи с развитием теории управления алгоритмы нечеткой логики также находят применение в ряде задач. В статье были подробно рассмотрены принципы регулирования питания судовых котлов. Контроллеры нечеткой логики могут быть хорошей альтернативой ПИ-контроллерам, однако необходимо соотносить затраты на реализацию таких систем.

Список литературы:

- [1] Дворецкий В.А. Совершенствование методов повышения эффективности автоматизации технического средства (РЛС) / Судовые энергетические установки / Научно-технический сборник, Выпуск 35. Одесса, 2015. – С. 53–58.
- [2] Стенин В.А. Автоматизация судовых ПТУ / Редакционно-издательский совет Севмашвтуза. Северодвинск, 2009. – 96 с.
- [3] Миклос А.Г., Кондрашова Н.Г. Автоматика и КИП судовых энергетических и холодильных установок. Ленинград: «Судостроение», 1984. – 201 с.
- [4] Do D.K. Control of Ships and Underwater Vehicles / D.K. Do, J. Pan. – Springer, London, 2009. – 402 p.
- [5] Jose J. Fuzzy logic based control of marine boiler system / J. Jose, K. Nafeesa, K. Mohamed Ismail Yasar Arafath / 2015 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC), 2015. – P. 1–5.

- [6] Taylor D.A. Introduction to Marine Engineering, Second Edition / D.A. Taylor. – Elsevier, 1996. – 383 p.
- [7] Bhandare D.S. Performances evaluation and comparison of PID controller and fuzzy logic controller for process liquid level control / D.S. Bhandare, N.R. Kulkarni / 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2015), 2015. – P. 1347–1352.
- [8] Abdeldjebar B. Modeling, identification for the grate boiler a comparison fuzzy logic, PID and application of overheat steam temperature / B. Abdeldjebar, B. Khier / 2007 International Conference on Control, Automation and Systems, 2007. – P. 256–261.

THE REVIEW OF MODERN METHODS OF AUTOMATIC CONTROL OF SHIP POWER PLANTS

A.I. Epikhin

Keywords: *fuzzy logic, feedback, PI-controller, ship boiler, control theory.*

Methods of regulating the supply of boilers in a ship power plant are considered in detail. The distinctive properties of single-pulse, two-pulse and three-pulse regulators are applied to the power control of the main boilers. Explanations are given on the principles of regulation of auxiliary boilers. In order to optimize the system, a fuzzy logic controller is introduced instead of the traditional PI controller.

Статья поступила в редакцию 12.02.2018 г.

УДК 621.431.74:004.94

А.В. Соловьёв, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: *компьютерная модель, техническая диагностика, системный анализ, прогнозирование технического состояния*

В настоящей работе предлагается компьютерная модель диагностирования технического состояния объектов судовой энергетической установки (СЭУ), полученная методом системного синтеза. Разработанная компьютерная модель диагностирования позволяет получить численную оценку технического состояния объектов СЭУ и СЭУ в целом, установить техническое состояние соответствующего объекта СЭУ, а также проанализировать динамику изменения состояния этих объектов во времени для выявления предпосылок и условий, следствием которых возможен потенциальный отказ. Для реализации в модели функций диагностирования и прогнозирования технического состояния разработаны блок-схемы соответствующих алгоритмов. Алгоритм диагностирования позволяет определить состояние «годен-негоден» с указанием негодного объекта и его параметров и является важным инструментом эксперта Речного Регистра при освидетельствовании судов. Для функции прогнозирования представлен алгоритм, позволяющий рассчитать время до достижения техническим состоянием объекта «браковочного» значения, что имеет большое практическое значение, поскольку позволяет определить оптимальные сроки технического обслуживания и ремонта объектов СЭУ. Показано, что компьютерная модель диагностирования позволяет осуществлять контроль протекающих процессов в подсистемах объ-

ектов с целью получения упреждающей информации о возможном отклонении показателей процессов от заданных значений в связи с появлением неисправности в какой-либо подсистеме.

Введение

Одной из важных предпосылок обеспечения технической безопасности плавания является техническая диагностика судовых дизелей (главных и вспомогательных) и других объектов СЭУ в процессе их эксплуатации. Анализ литературных источников [1–3] позволяет сделать вывод, что установка специализированных диагностических комплексов осуществлялась для ДВС достаточно высокой мощности, применяемых на морских судах, в то же время на речных и смешанных (река-море) плавания судах такие системы не применялись. Техническая диагностика на судах с классом Речного Регистра сводится к снятию индикаторных диаграмм, теплотехническому контролю и затем ручной обработке полученных результатов судовыми механиками или теплотехническими партиями. Современное положение дел на внутреннем водном транспорте требует пересмотра подходов в области безразборной технической диагностики, а именно – в ее автоматизации. Решение задачи технической диагностики судовых двигателей, а следовательно, и других менее сложных объектов СЭУ речных судов становится возможным, поскольку, современные электронные системы управления [4–6] позволяют осуществлять непрерывный мониторинг технических параметров, т. е. сбор и обработку информации, полученной от датчиков регулируемых величин и процессов. В этой связи задача установки специализированных диагностических комплексов становится неактуальной, т. к. информация, полученная от электронных систем управления двигателем и другими объектами СЭУ может обрабатываться центральным компьютером управления или компьютером машинного отделения в целях управления и диагностирования всей СЭУ [7–8], а не только ее отдельных объектов. При этом основной задачей в технической диагностике становится разработка компьютерной модели диагностирования технического состояния (ТС) СЭУ, позволяющей получить численную оценку ТС объектов СЭУ и СЭУ в целом, установить «годное-негодное» ТС соответствующего объекта СЭУ, а также проанализировать динамику изменения состояния этих объектов во времени для выявления предпосылок и условий, следствием которых возможен потенциальный отказ. Знание закономерностей изменения ТС имеет большое практическое значение, поскольку позволяет определять не только оптимальные сроки технического обслуживания и ремонта, но и использовать их в деятельности организаций по классификации судов [9].

Компьютерная модель диагностирования

Любой объект СЭУ можно рассматривать как техническую систему, представляющую упорядоченную совокупность некоторого количества совместно действующих элементов (агрегатов, узлов, деталей) и предназначенную для выполнения заданных функций [10–11].

В соответствии с требованиями системного анализа с целью наиболее достоверного описания системы (в нашем случае СЭУ с точки зрения её технического состояния) система условно «расчленяется» на подсистемы (составные части) различных иерархических уровней, причем, чем ниже уровень подсистемы, тем проще входящие в него структурные части и наоборот. Принятое в работе разбиение на подсистемы представлено на рис. 1. Схема рис. 1 не включает в себя отдельные объекты СЭУ и некоторые элементы выделенных объектов, например, теплообменные аппараты и сосуды под давлением, холодильные установки, бытовые нагревательные установки, системы автоматизации и др. Электроэнергетическая установка (ЭЭУ) формально не является объектом СЭУ, однако автор посчитал необходимым включить основные элементы ЭЭУ в структуру объектов, техническое состояние которых, основываясь на собственном опыте эксплуатации ЭЭУ, представляется неотделимым от анализа тех-

нического состояния СЭУ. Этим, в частности, объясняется, почему не попали в число анализируемых объектов электрические машины и приводы, аккумуляторы и др. важные элементы ЭЭУ.

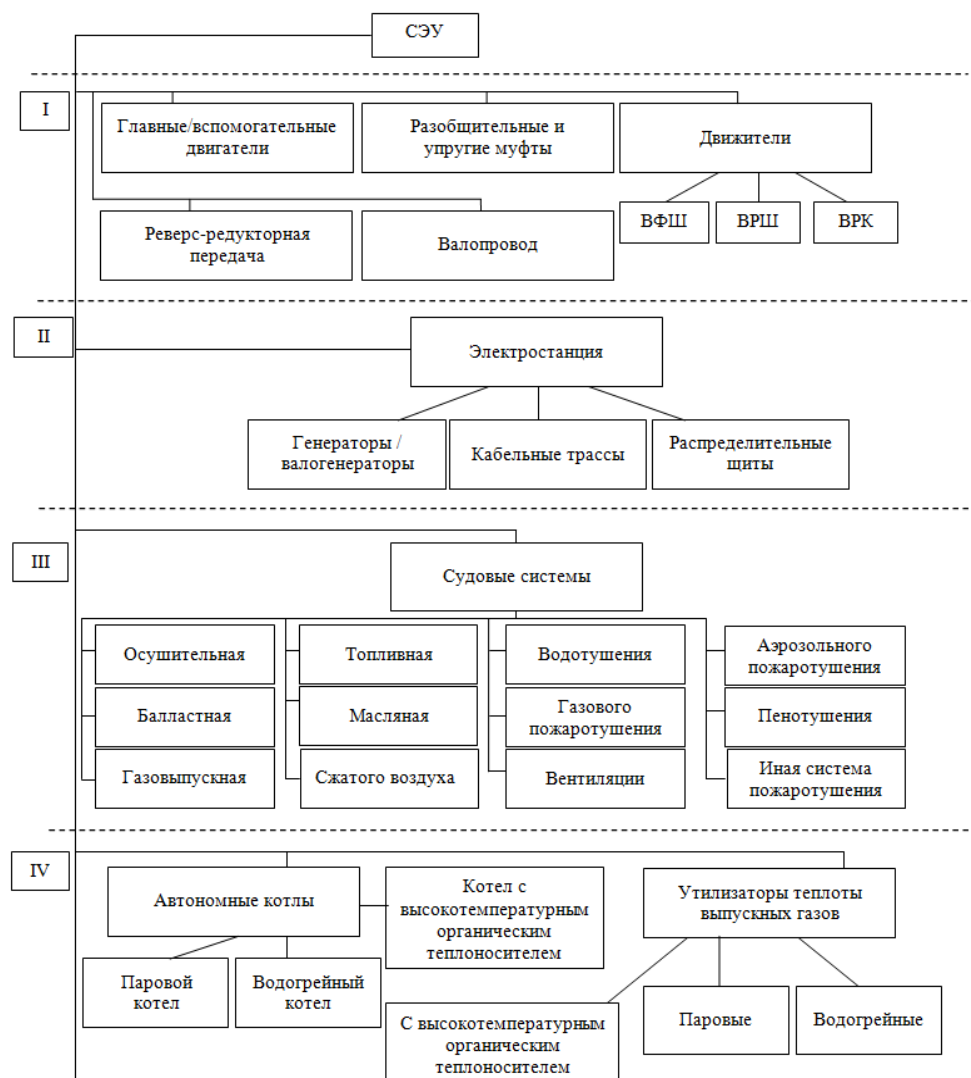


Рис. 1. Структурная схема СЭУ с ранжированием ее объектов по уровням I–IV

Техническое состояние СЭУ (численная оценка рассматриваемого свойства СЭУ) устанавливается методом системного синтеза, который в нашем случае может быть реализован путем «свертки» на каждом иерархическом уровне численных значений оценок технического состояния, называемых в дальнейшем уровнями оценок, структурных частей подсистемы более низкого уровня.

Компьютерная модель диагностирования объектов СЭУ должна включать в себя построения, конечной целью которых является формирование показателей (критериев) технического состояния $ТС_{ДВС}$, $ТС_{РРП}$, $ТС_{М}$, $ТС_{ПВ}$, $ТС_{ДВЖ}$, $ТС_{ЭЭУ}$, $ТС_{СС}$, $ТС_{АК}$, $ТС_{УК}$,

где $ТС_{ДВС}$ – показатель технического состояния ДВС;

$ТС_{РРП}$ – показатель технического состояния РРП;

$ТС_{М}$ – показатель технического состояния муфт между двигателем и редуктором и

муфт валопровода (М);
 $ТС_{ПВ}$ – показатель технического состояния валопровода (для целей настоящей работы техническое состояние валопровода оценивается по техническому состоянию его подшипников (ПВ));
 $ТС_{ДВЖ}$ – показатель технического состояния двигателей (ДВЖ);
 $ТС_{ЭЭУ}$ – показатель технического состояния электроэнергетической установки (ЭЭУ);
 $ТС_{СС}$ – показатель технического состояния судовых систем (СС);
 $ТС_{АК}$ – показатель технического состояния автономных котлов (АК);
 $ТС_{УК}$ – показатель технического состояния утилизаторов теплоты выпускных газов (УК).

Каждый показатель представляется в виде функции частных показателей технического состояния подсистем объекта.

Каждый частный показатель технического состояния зависит от группы параметров, т. е. зависит от определенного числа критериев. В этой связи нами рассматривается задача многокритериального анализа, одним из способов решения которой является сведение множества критериев к одному (свертка критериев). Поскольку все параметры, от которых зависят частные показатели технического состояния, имеют свою важность (вес), то целесообразно воспользоваться сверткой, учитывающей эту важность. Для решения данной задачи воспользуемся мультипликативной стратегией свертки частных показателей, в результате использования которой целевая функция представляется произведением частных критериев, вес каждого из которых ранжирован с помощью весовых коэффициентов, представляемых в виде показателей степени частных критериев.

Так, обобщенный показатель технического состояния ДВС представлен в виде:

$$ТС_{ДВС} = ЧП_{ЭП}^{b_1} \cdot ЧП_{РП}^{b_2} \cdot ЧП_{СТ}^{b_3} \cdot ЧП_{ЦПГ}^{b_4} \cdot ЧП_{КВ}^{b_5} \cdot ЧП_{ССО}^{b_6} \cdot ЧП_{СУ}^{b_7} \cdot ЧП_{ТН}^{b_8} \cdot ЧП_{ЭК}^{b_9}, \quad (1)$$

где $b_1 \dots b_9$ – весовые коэффициенты, учитывающие влияние частных показателей ЧП на обобщенный показатель $ТС_{ДВС}$ (их весомость);

ЧП – частные показатели технического состояния ДВС по эффективным показателям (ЭП), рабочему процессу (РП), системе топливоподачи (СТ), цилиндро-поршневой группе (ЦПГ), коленчатому валу (КВ), системам смазывания и охлаждения (ССО), системе управления (СУ), турбоагрегату (ТН), экологическим характеристикам (ЭК).

Шкалирование контролируемых параметров осуществлялось по результатам обработки данных, полученных в результате опроса экспертов. На оси абсцисс всех графиков шкалирования откладывалось отношение значения параметра к его нормированному значению, которое выбиралось либо в соответствии с нормами, указанными в нормативных документах, например, в Правилах Речного Регистра, либо по указаниям технической документации на объект СЭУ.

По оси ординат всех графиков шкалирования откладывались шкалированные значения параметров в диапазоне от нуля до значений больше единицы. Значению 1,0 на оси абсцисс на всех графиках соответствует шкалированное значение 1,0 – требуемое значение шкалированного показателя на номинальном режиме работы объекта СЭУ, соответствующее goodному техническому состоянию. Шкалированное значение параметра больше единицы соответствует благоприятным для объекта СЭУ условиям работы при goodном его состоянии; шкалированное значение параметра меньше единицы соответствует ухудшению условий работы объекта, что и отражает шкалированное значение данного показателя технического состояния. Стремление шкалированного значения показателя к нулю символизирует ухудшение технического состояния объекта СЭУ вплоть до негодного технического состояния и отказа.

По результатам опроса экспертов определялись ранжированные показатели технического состояния всех выделенных (учитываемых) объектов СЭУ. В качестве примера приведем описание показателя ТС технического состояния ЭЭУ, который представлен в виде функции:

$$TC_{ЭЭУ} = ЧП_{Г}^{b_{13}} \cdot ЧП_{К}^{b_{14}} \cdot ЧП_{РЩ}^{b_{15}},$$

где ЧП_Г, ЧП_К, ЧП_{РЩ} – частные показатели технического состояния ЭЭУ соответственно генераторов/валогенераторов (Г), кабельных трасс (К), распределительных щитов (РЩ);

$b_{13} \dots b_{15}$ – весовые коэффициенты, учитывающие влияние ЧП на обобщенный показатель $TC_{ЭЭУ}$.

Частные показатели представлены в виде функций:

$$ЧП_{Г} = X_{52}^{a_{52}} \cdot X_{53}^{a_{53}} \cdot X_{54}^{a_{54}} \cdot X_{55}^{a_{55}} \cdot X_{56}^{a_{56}} \cdot X_{57}^{a_{57}} \cdot X_{58}^{a_{58}};$$

$$ЧП_{К} = X_{59}^{a_{59}};$$

$$ЧП_{РЩ} = X_{60}^{a_{60}} \cdot X_{61}^{a_{61}},$$

где $X_{52} \dots X_{61}$ – шкалированные значения показателей технического состояния ЭЭУ, являющихся функцией контролируемых параметров соответственно;

$a_{52} \dots a_{61}$ – весовые коэффициенты, учитывающие влияние контролируемых параметров на частные показатели технического состояния ЭЭУ.

Шкалирование контролируемых параметров осуществлялось по результатам обработки данных опроса экспертов. Результаты опросов экспертов с ранжированием показателей технического состояния сведены в табл. 1.

Таблица 1

Ранжированные показатели технического состояния ЭЭУ

№	ЧП	Контролируемый параметр	Обозначение	Шкалированный показатель ТС в порядке важности для каждого ЧП	Отношение X_i/X_{i+1}	a_i	Отношение ЧП по уровням	b_i
1	ЧП _Г	Напряжение U_i , В	x_{52}	X_{52}	$X_{52}/X_{53} = 1,00$	$a_{52} = 0,163820$	ЧП _Г / ЧП _К = 1,20	$b_{13} = 0,395605$
		Ток I_i , А	x_{53}	X_{53}	$X_{53}/X_{54} = 1,00$	$a_{53} = 0,163820$		
		Частота тока ν_i , Гц	x_{54}	X_{54}	$X_{54}/X_{55} = 1,00$	$a_{54} = 0,163820$		
		Сопротивление изоляции $\omega_{гi}$, МОм	x_{55}	X_{55}	$X_{55}/X_{56} = 1,30$	$a_{55} = 0,163820$		
		Температура $t_{стoi}$ статорной обмотки, °С	x_{56}	X_{56}	$X_{56}/X_{57} = 1,10$	$a_{56} = 0,126015$		
		Температура $t_{пvi}$ подшипников, °С	x_{57}	X_{57}	$X_{57}/X_{58} = 1,10$	$a_{57} = 0,114560$		
		Вибрация (виброскорость $\nu_{генi}$, мм/с) генератора	x_{58}	X_{58}		$a_{58} = 0,104145$		

№	ЧП	Контролируемый параметр	Обозначение	Шкалированный показатель ТС в порядке важности для каждого ЧП	Отношение X_i/X_{i+1}	a_i	Отношение ЧП по уровням	b_i
2	ЧП _К	Сопротивление изоляции $\omega_{ктi}$, МОм	x_{59}	X_{59}		$a_{59} = 1,000000$	ЧП _К /ЧП _{РЩ} = 1,20	$b_{14} = 0,329670$
3	ЧП _{РЩ}	Равномерность распределения активной и реактивной нагрузки параллельно работающих генераторов	x_{60}	X_{60}	$X_{60}/X_{61} = 1,26$	$a_{60} = 0,557522$		$b_{15} = 0,274725$
		Правильное функционирование автоматики	x_{61}	X_{61}		$a_{61} = 0,442478$		

Графики шкалирования аппроксимированы следующими уравнениями для определения показателей технического состояния $X_{52} \dots X_{61}$:

$$X_{52} = 1 - 100 \cdot (Z-1)^{-2}; X_{53} = Z^{-16}; X_{54} = 1 - 100 \cdot (Z-1)^{-2}; \begin{cases} X_{55} = -0,5 \cdot Z^3 + 1,5[0;1], \\ X_{55} = Z^{-2}(1; \infty) \end{cases}$$

$$X_{56} = Z^{-16}; X_{57} = Z^{-16}; X_{58} = Z^{-4}; \begin{cases} X_{59} = -0,5 \cdot Z^3 + 1,5[0;1], \\ X_{59} = Z^{-2}(1; \infty) \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{60} = 0 \text{ при } Z = [0;1], \\ X_{60} = 1 \text{ при } Z = (1; \infty) \end{cases}, \begin{cases} X_{61} = 0 \text{ при } Z = [0;1], \\ X_{61} = 1 \text{ при } Z = (1; \infty) \end{cases}$$

где Z – отношение соответствующего контролируемого параметра к номинальному значению, а для X_{55} , X_{59} – к установленным Правилами Речного Регистра нормам.

Полученные зависимости ориентированы на использование в компьютерной модели диагностирования технического состояния СЭУ, которая должна включать в себя количественные модели определения технического состояния всех принятых к рассмотрению в настоящем исследовании объектов (элементов) СЭУ. Мы называем такую модель компьютерной, потому что ее реализация в связи с громоздкостью математических построений возможна только в виде компьютерной программы. Таким образом, компьютерная модель диагностирования технического состояния СЭУ должна включать в себя модели для определения частных показателей технического состояния $ТС_{ДВС}$, $ТС_{РРП}$, $ТС_{М}$, $ТС_{ПВ}$, $ТС_{ДВЖ}$, $ТС_{ЭЭУ}$, $ТС_{СС}$, $ТС_{АК}$, $ТС_{УК}$. Тогда численная оценка технического состояния СЭУ может быть определена с помощью следующей модели:

$$ТС_{СЭУ} = TC_{ДВС}^{c_1} \cdot TC_{РРП}^{c_2} \cdot TC_{М}^{c_3} \cdot TC_{ПВ}^{c_4} \cdot TC_{ДВЖ}^{c_5} \cdot TC_{ЭЭУ}^{c_6} \cdot TC_{СС}^{c_7} \cdot TC_{АК}^{c_8} \cdot TC_{УК}^{c_9}, \quad (2)$$

где $ТС_{СЭУ}$ – обобщенный количественный показатель технического состояния СЭУ;
 $c_1 \dots c_9$ – весовые коэффициенты, учитывающие влияние технического состояния объектов СЭУ на обобщенный показатель. Эти коэффициенты получены по методике, аналогичной описанной выше.

Ранжирование выполнено с учетом принятой в работе структурной схемой СЭУ с разбиением на подсистемы.

Обработанные результаты опросов экспертов с ранжированием показателей технического состояния после их стандартной обработки сведены в табл. 2.

Подставляя в уравнение (2) весовые коэффициенты из табл. 2, получим количественную модель определения технического состояния СЭУ в следующем виде:

$$TC_{СЭУ} = TC_{ДВС}^{0,157795} TC_{РРП}^{0,143451} TC_{М}^{0,136606} TC_{ПВ}^{0,136606} TC_{ДВЖ}^{0,136606} TC_{ЭЭУ}^{0,10449} TC_{СС}^{0,089273} TC_{АК}^{0,055107} TC_{УК}^{0,055107} \quad (3)$$

Все уравнения для расчета частных показателей, необходимых для определения показателей технического состояния объектов СЭУ $TC_{ДВС}$, $TC_{РРП}$, $TC_{М}$, $TC_{ПВ}$, $TC_{ДВЖ}$, $TC_{ЭЭУ}$, $TC_{СС}$, $TC_{АК}$, $TC_{УК}$, сами модели объектов СЭУ («свертки» частных показателей), модель определения технического состояния СЭУ (3) образовали математическую модель определения показателя технического состояния СЭУ, реализованную автором в виде компьютерной программы для MS Excel. Выбор платформы объясняется тем, что записанные в MS Excel программные коды на языке Visual Basic вместе с возможностями самой среды позволяют создать программный продукт, весьма удобный для проведения численных исследований тем, что он позволяет мгновенно получать результат (значения частных показателей, показателей технического состояния объектов СЭУ и СЭУ в целом) при изменении значения любого из контролируемых параметров без дополнительного управления программой. Это свойство электронных таблиц MS Excel позволяет считать разработанную компьютерную модель калькулятором технического состояния объектов СЭУ и СЭУ в целом (далее – калькулятор). Выходные формы результатов вычисления $TC_{ДВС}$ и $TC_{СЭУ}$ с помощью калькулятора в виде электронных таблиц представлены на скриншотах рис. 2 и 3.

c_1	0,157796	$TC_{ДВС}$	0,794569	$TC_{СЭУ}$	0,964365
c_2	0,143451	$TC_{РРП}$	1		
c_3	0,131606	$TC_{М}$	1		
c_4	0,131606	$TC_{ПВ}$	1		
c_5	0,131606	$TC_{ДВЖ}$	1		
c_6	0,104449	$TC_{ЭЭУ}$	1		
c_7	0,089273	$TC_{СС}$	1		
c_8	0,055107	$TC_{АК}$	1		
c_9	0,055107	$TC_{УК}$	1		

Рис. 2. Пример выходной формы результатов расчета $TC_{СЭУ}$ с помощью разработанного калькулятора

Таблица 2

Ранжированные показатели технического состояния объектов СЭУ

Обобщенный показатель технического состояния СЭУ	Показатели технического состояния объектов СЭУ	Отношение показателей ТС по уровням	c_i
$TC_{СЭУ}$	$TC_{ДВС}$	$TC_{ДВС}/TC_{РРП}=1,10$	$c_1=0,157795$
	$TC_{РРП}$	$TC_{РРП}/TC_{М}=1,09$	$c_2=0,143451$
	$TC_{М}$	$TC_{М}/TC_{ПВ}=1,00$	$c_3=0,136606$
	$TC_{ПВ}$	$TC_{ПВ}/TC_{ДВЖ}=1,00$	$c_4=0,136606$
	$TC_{ДВЖ}$	$TC_{ДВЖ}/TC_{ЭЭУ}=1,26$	$c_5=0,136606$

Обобщенный показатель технического состояния СЭУ	Показатели технического состояния объектов СЭУ	Отношение показателей ТС по уровням	c_i
	ТС _{ЭУ}	ТС _{ЭУ} /ТС _{СС} =1,17	$c_6=0,104449$
	ТС _{СС}	ТС _{СС} /ТС _{АК} =1,62	$c_7=0,089273$
	ТС _{АК}	ТС _{АК} /ТС _{УК} =1,00	$c_8=0,055107$
	ТС _{УК}		$c_9=0,055107$

σ_1	0,333333	X_1	0,75933	Z_1	0,989	ЧП _{ан}	0,79547	ТС _{двс}	0,79457
σ_2	0,333333	X_2	0,72845	Z_2	1,02				
σ_3	0,333333	X_3	0,91	Z_3	1,015				
σ_4	0,206896	X_4	0,94652	Z_4	0,99	ЧП _{рп}	0,8416		
σ_5	0,206896	X_5	0,94652	Z_5	0,99				
σ_6	0,206896	X_6	0,80103	Z_6	0,98				
σ_7	0,206896	X_7	0,72845	Z_7	1,02				
σ_8	0,172414	X_8	0,80103	Z_8	0,98	ЧП _{ст}	0,92152		
σ_9	0,221476	X_9	0,94652	Z_9	0,99				
σ_{10}	0,221476	X_{10}	1	Z_{10}	1				
σ_{11}	0,221476	X_{11}	0,84	Z_{11}	1,02				
σ_{12}	0,201342	X_{12}	0,9216	Z_{12}	1,014	ЧП _{члр}	0,54069		
σ_{13}	0,134228	X_{13}	0,8976	Z_{13}	1,016				
σ_{14}	0,423076	X_{14}	0,8236	Z_{14}	1,021				
σ_{15}	0,384615	X_{15}	0,29189	Z_{15}	1,08	ЧП _{кв}	0,8045		
σ_{16}	0,192308	X_{16}	0,73503	Z_{16}	1,08				
σ_{17}	0,5	X_{17}	0,88849	Z_{17}	1,03	ЧП _{ссо}	0,88341		
σ_{18}	0,5	X_{18}	0,72845	Z_{18}	1,02				
σ_{19}	0,195548	X_{19}	0,8704	Z_{19}	1,018				
σ_{20}	0,16129	X_{20}	0,95991	Z_{20}	0,96				
σ_{21}	0,16129	X_{21}	0,83205	Z_{21}	1,05				
σ_{22}	0,16129	X_{22}	0,99976	Z_{22}	0,99				
σ_{23}	0,16129	X_{23}	0,88314	Z_{23}	0,93				
σ_{24}	0,16129	X_{24}	0,77798	Z_{24}	0,99	ЧП _{су}	0,85586		
σ_{25}	0,3	X_{25}	0,8227	Z_{25}	1,05				
σ_{26}	0,3	X_{26}	0,98025	Z_{26}	1,005				
σ_{27}	0,2	X_{27}	0,88849	Z_{27}	1,03				
σ_{28}	0,2	X_{28}	0,71365	Z_{28}	1,088	ЧП _{тн}	0,76517		
σ_{29}	0,230769	X_{29}	0,77798	Z_{29}	0,99				
σ_{30}	0,192307	X_{30}	0,78941	Z_{30}	1,03				
σ_{31}	0,192307	X_{31}	0,71103	Z_{31}	1,089				
σ_{32}	0,192307	X_{32}	0,75933	Z_{32}	0,989				
σ_{33}	0,192307	X_{33}	0,7884	Z_{33}	1,023				
σ_{34}	0,393939	X_{34}	0,92991	Z_{34}	1,037	ЧП _{эк}	0,86102		
σ_{35}	0,30303	X_{35}	0,82645	Z_{35}	1,1				
σ_{36}	0,30303	X_{36}	0,81162	Z_{36}	1,11				

Рис. 3. Пример выходной формы расчета ТС_{двс} с помощью разработанного калькулятора

Укажем, что в соответствии с требованиями правил Речного Регистра негодное техническое состояние любого объекта СЭУ означает негодное техническое состояние всей СЭУ. Это позволяет разделить процедуру определения технического состояния объектов СЭУ и СЭУ в целом на две независимые части. Одна часть рассматриваемой процедуры имеет целью определение состояния «годен – негоден» с указанием негодного объекта и его параметров. Эта часть является важным инструментом эксперта Речного Регистра при освидетельствовании судов, так как позволяет на несколько порядков сократить время, затрачиваемое на освидетельствование, при значительном увеличении качества проверок. Для правильного функционирования этой части процедуры определения технического состояния объектов СЭУ и СЭУ в целом необходимо установить «браковочные» значения ТС каждого объекта СЭУ, то есть значения ТС, соответствующее выходу хотя бы одного параметра, за границы диапазона допускаемых значений. «Браковочные» значения показателей «зашиваются» в компьютерную модель диагностирования СЭУ (калькулятор является только частью этой модели), благодаря чему эта модель устанавливает годное или негодное техническое состояние соответствующего объекта СЭУ.

Цель другой части процедуры определения технического состояния рассматриваемых объектов состоит в получении значений показателей ТС объектов СЭУ для проведения анализа динамики изменения технического состояния этих объектов во времени и выявления предпосылок и условий, следствием которых может быть потенциальный отказ. Это и компьютерное моделирование всевозможных эксплуатационных ситуаций, и прогнозирование развития неисправностей объектов СЭУ во времени вплоть до отказа в границах установленных «браковочных» значений. Последнее возможно по мере накопления данных обследований во времени.

Для определения «браковочного» значения технического состояния ДВС проводилось моделирование с помощью калькулятора путем последовательного изменения значений контролируемых параметров на границах диапазона допускаемых значений, при этом значение одного из параметров принималось на границе указанного диапазона, а остальные принимались с номинальными (паспортными) годными значениями. Результаты моделирования ситуаций изменения контролируемых параметров до своих предельных значений для определения «браковочного» значения технического состояния ДВС сведены в табл. 3. Границы диапазона допускаемых значений приняты с учетом установленных производителями ДВС и правилами Речного Регистра норм. В таблицу занесены наибольшие из рассчитанных «браковочных» значений ЧП и соответствующее им значение $ТС_{ДВС}$.

Моделирование показало, что частные показатели, входящие в $ТС_{ДВС}$ имеют высокую чувствительность к отклонению контролируемых параметров. Например, при снижении максимального давления цикла p_{maxi} на 10 % (предельное значение) шкалированное значение контролируемого параметра снижается до 0,071179, а значение $ЧП_{рп}$ становится равным 0,578837 (данное значение получено при отклонении только одного из контролируемых показателей до своего предельного значения). При этом $ТС_{ДВС} = 0,935006$, т.е. произошло его снижение на 7 %. Необходимо учитывать, что моделирование проведено при отклонении от номинального значения всего лишь одного из 36 контролируемых параметров, а поскольку многие параметры взаимосвязаны (например, давление наддува и частота вращения ротора турбонагнетателя, давление впрыскивания топлива и максимальное давление цикла и т. п.), то обобщенный показатель технического состояния $ТС_{ДВС}$ будет еще более чувствителен к возникающим отклонениям в работе. Разработанная компьютерная модель определения технического состояния позволяет осуществлять контроль протекающих процессов в подсистемах ДВС с целью получения упреждающей информации о возможном отклонении показателей процессов от заданных значений в связи с появлением неисправности в какой-либо подсистеме ДВС.

Таблица 3

Результаты моделирования «браковочных» значений
технического состояния ДВС

Значение «браковочного» ЧП	ЧП _{ЭП}	0,558716	1	1	1	1	1	1	1	1
	ЧП _{РП}	1	0,578837	1	1	1	1	1	1	1
	ЧП _{СТ}	1	1	0,556959	1	1	1	1	1	1
	ЧП _{ЦПГ}	1	1	1	0,423131	1	1	1	1	1
	ЧП _{КВ}	1	1	1	1	0,466507	1	1	1	1
	ЧП _{ССО}	1	1	1	1	1	0,418357	1	1	1
	ЧП _{СУ}	1	1	1	1	1	1	0,435275	1	1
	ЧП _{ТН}	1	1	1	1	1	1	1	0,418479	1
	ЧП _{ЭК}	1	1	1	1	1	1	1	1	0,420811
Значение «браковочного» ТС _{ДВС}		0,919036	0,935006	0,930588	0,89968	0,910537	0,909565	0,924968	0,921561	0,943673
Наибольшее значение «браковочного» ТС _{ДВС}		0,943673								

В соответствии с алгоритмом моделирования, компьютерная модель диагностирования СЭУ (это модель включает в себя и калькулятор) производит сравнение текущего значения ТС_{ДВС} с «браковочным» значением, «зашитым» в модель. При достижении ТС_{ДВС} «браковочного» значения анализируются ЧП и в случае, если любой из текущих ЧП становится меньше соответствующего «браковочного» значения из табл. 3 или равным ему, компьютерной моделью устанавливается негодное техническое состояние соответствующего ДВС и соответственно всей СЭУ.

На рис. 4 представлены функции $ТС_{ДВС} = f(ЧП_{ЭП}, ЧП_{РП}, ЧП_{СТ}, ЧП_{ЦПГ}, ЧП_{КВ}, ЧП_{ССО}, ЧП_{СУ}, ЧП_{ТН}, ЧП_{ЭК})$ для «браковочных», паспортных (номинальных) и текущих значений ЧП.

Полученный обобщенный технический показатель ТС_{ДВС} будет пропорционален площади под кривой, полученной путем соединения точек, характеризующих значения ЧП. Данное свойство можно использовать для отслеживания динамики изменения ТС_{ДВС} и прогнозирования приближения предельного технического состояния ДВС, при котором для ДВС устанавливается негодное техническое состояние. При достижении всех ЧП «браковочных» значений $ТС_{ДВС} = 0,479287$, т. е. ДВС имеет годное техническое состояние при значении каждого ЧП выше «браковочного» и $ТС_{ДВС} > 0,479287$.

Отметим, что значение ТС_{ДВС} рассчитывается компьютерной моделью диагностирования для каждого ДВС, при этом в расчет включаются (учитываются) наиболее «худшие» значения контролируемых параметров. Так, например, если двигатель имеет 6 цилиндров, то в расчет ТС_{ДВС} попадут наиболее низкие шкалированные значения контролируемых параметров, полученные для любого из 6-ти цилиндров.

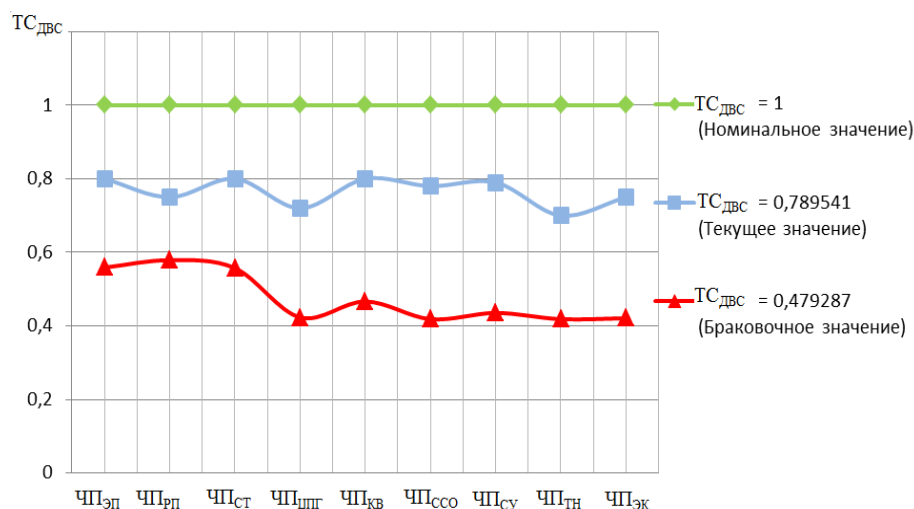


Рис. 4. Функции $ТС_{ДВС} = f(ЧП_{ЭП}, ЧП_{РП}, ЧП_{СТ}, ЧП_{ЦПГ}, ЧП_{КВ}, ЧП_{ССО}, ЧП_{СУ}, ЧП_{ТН}, ЧП_{ЭК})$ для «браковочных», паспортных (номинальных) и текущих значений ЧП

С помощью калькулятора технического состояния объектов СЭУ определены «браковочные» значения технического состояния всех выделенных объектов СЭУ, а также СЭУ в целом, что иллюстрирует рис. 5

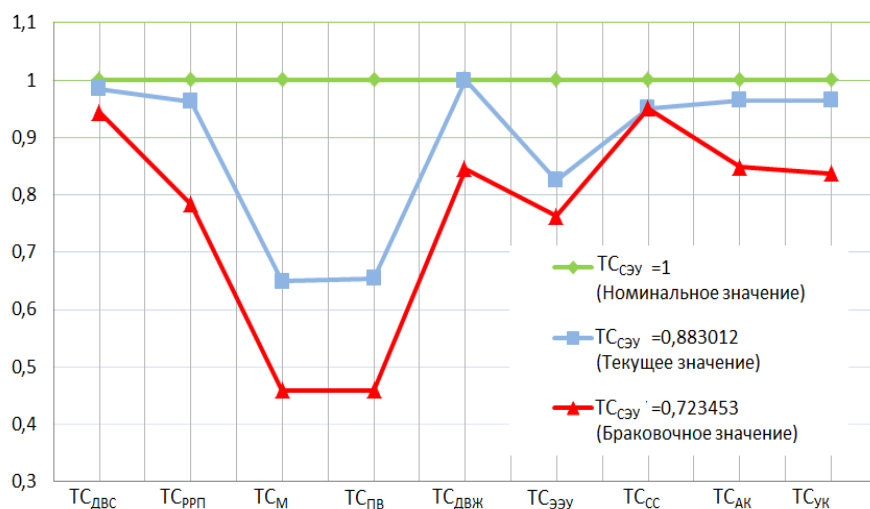


Рис. 5. Функции $ТС_{СЭУ} = f(ТС_{ДВС}, ТС_{РРП}, ТС_{М}, ТС_{ПВ}, ТС_{ДВЖ}, ТС_{ЭЭУ}, ТС_{СС}, ТС_{АК}, ТС_{УК})$ для «браковочных», паспортных (номинальных) и текущих значений объектов СЭУ

Основываясь на результатах проведенных предварительных исследований, автор разработал алгоритм функционирования компьютерной модели диагностирования технического состояния объектов СЭУ. Укороченная блок-схема алгоритма представлена на рис. 6. При функционировании блока анализа текущего технического состояния объектов СЭУ производится сравнение рассчитанных с помощью калькулятора значений $ТС$ объектов СЭУ с «браковочными» и определяется состояние «годен – негоден» с указанием негодного объекта и его параметров.

Целью функционирования блока прогнозирования технического состояния объектов СЭУ является определение времени до достижения ТС i -го объекта СЭУ «браковочного» значения, т. е. прогнозирование продолжительности периода «годного» состояния.

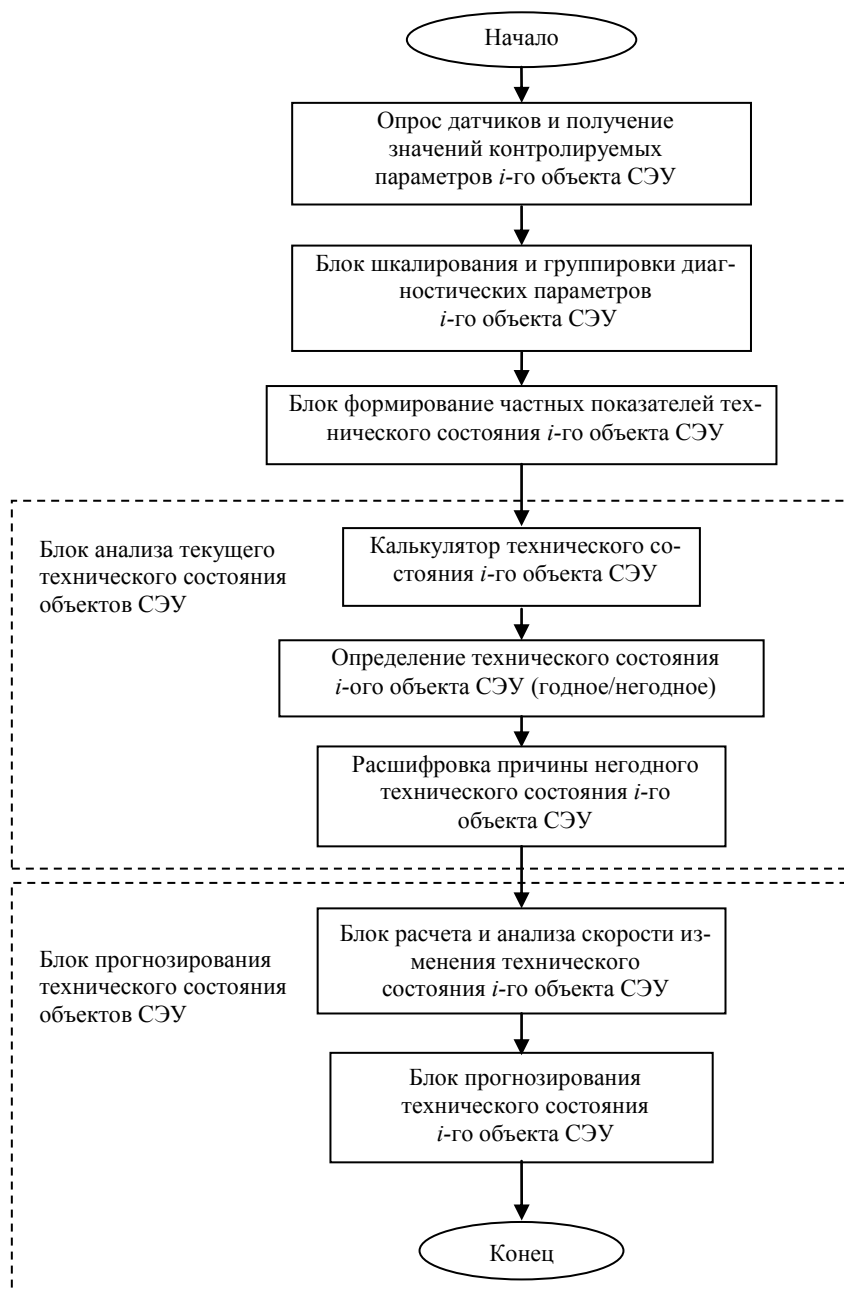


Рис. 6. Блок-схема алгоритма функционирования компьютерной модели диагностирования технического состояния объектов СЭУ

Прогнозирование технического состояния

Блок-схема алгоритма прогнозирования технического состояния объектов СЭУ представлена на рис. 7. На первом шаге работы алгоритма прогнозирования производится сравнение текущего значения ТС i -го объекта СЭУ с «браковочным».

В случае, когда значение ТС i -го объекта СЭУ больше «браковочного», производится вычисление текущей скорости изменения ТС по формуле:

$$V_{\text{изм}_i_n} = \frac{ТС_{i_{n-1}} - ТС_{i_n}}{t_m}, \quad (4)$$

где $V_{\text{изм}_i_n}$ – текущая скорость изменения ТС i -го объекта СЭУ;

t_m – время между измерениями;

$ТС_{i_{n-1}}$ – техническое состояние i -го объекта СЭУ при предыдущем измерении;

$ТС_{i_n}$ – техническое состояние i -го объекта СЭУ при текущем измерении;

n – номер измерения.

$$\text{Если } n < 2, \text{ то } V_{\text{изм}_i_{n+1_сп}} = V_{\text{изм}_i_n},$$

где $V_{\text{изм}_i_{n+1_сп}}$ – прогнозируемая скорость изменения при помощи алгоритма экспоненциального сглаживания.

Далее производится расчет времени достижения «браковочного» значения:

$$t_{i_брак} = \frac{ТС_{i_n} - ТС_{i_брак}}{V_{\text{изм}_i_{n+1_сп}}}, \quad (5)$$

где $t_{i_брак}$ – прогнозируемое время, за которое ТС i -го объекта может достигнуть «браковочного» состояния при $V_{\text{изм}_i_{n+1_сп}}$;

$ТС_{i_брак}$ – значение «браковочного» ТС i -го объекта;

$ТС_{i_n}$ – текущее значение ТС i -го объекта.

Если $n \geq 2$, то осуществляется переход в Блок прогнозирования, блок-схема которого представлена на рис. 8.

Производится вычисление средней скорости изменения ТС i -го объекта:

$$V_{\text{изм}_i_n_сп} = \frac{V_{\text{изм}_i_1} + V_{\text{изм}_i_2} + \dots + V_{\text{изм}_i_n}}{n}, \quad (6)$$

где $V_{\text{изм}_i_n_сп}$ – текущая средняя скорость изменения ТС i -го объекта;

$V_{\text{изм}_i_1}, V_{\text{изм}_i_2}, \dots, V_{\text{изм}_i_n}$ – скорости изменения ТС i -го объекта в предыдущие периоды;

n – количество измерений.

Далее производится вычисление коэффициента сглаживания α_{i_n} скорости изменения ТС i -го объекта:

$$\alpha_{i_n} = \frac{ТС_{i_{n-1}} - ТС_{i_n}}{t_m^2}, \quad (7)$$

где t_m – время между измерениями;

$ТС_{i_{n-1}}$ – техническое состояние i -го объекта СЭУ при предыдущем измерении;

$ТС_{i_n}$ – техническое состояние i -го объекта СЭУ при текущем измерении.

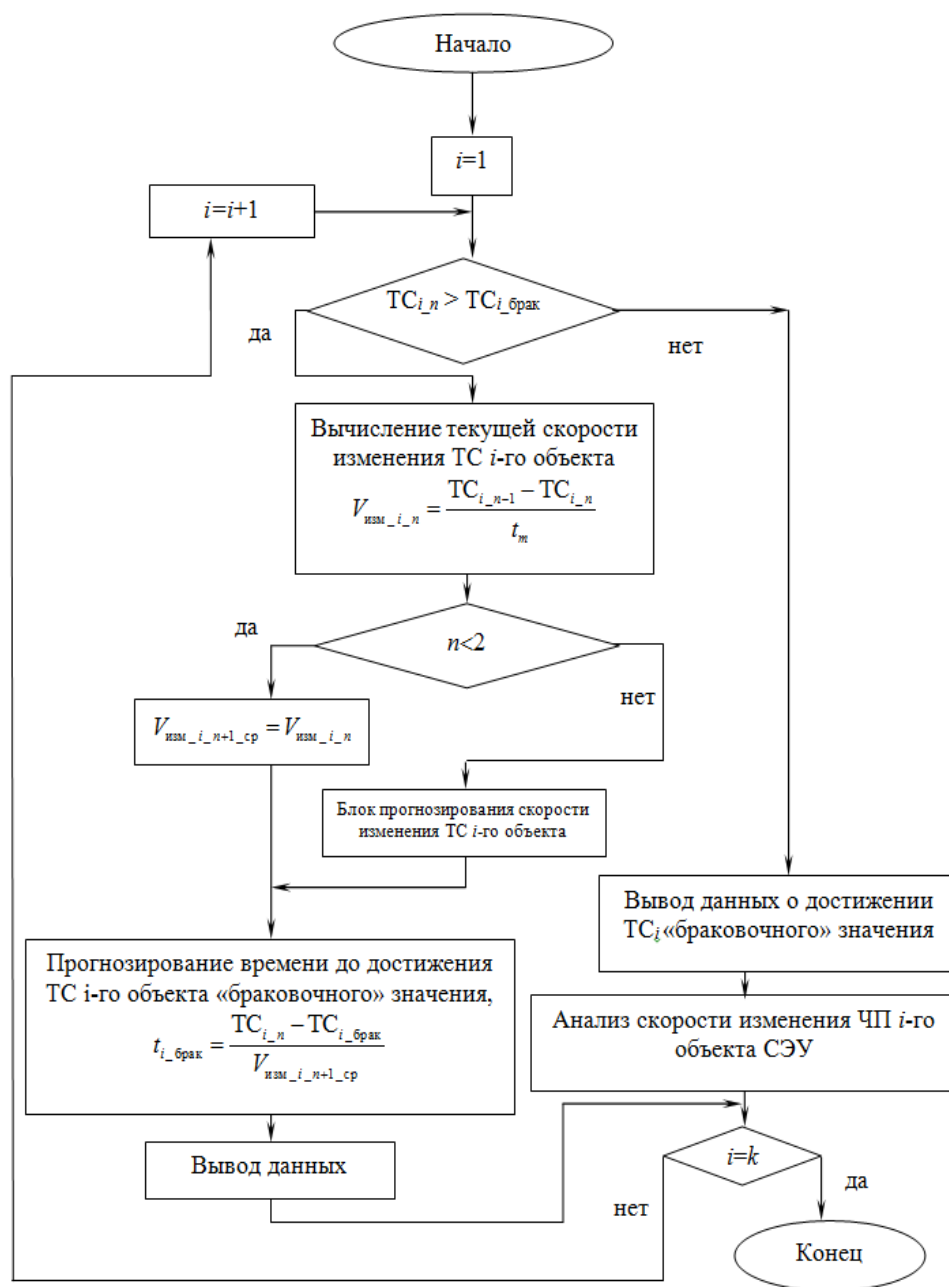


Рис. 7. Блок-схема алгоритма прогнозирования технического состояния объектов СЭУ

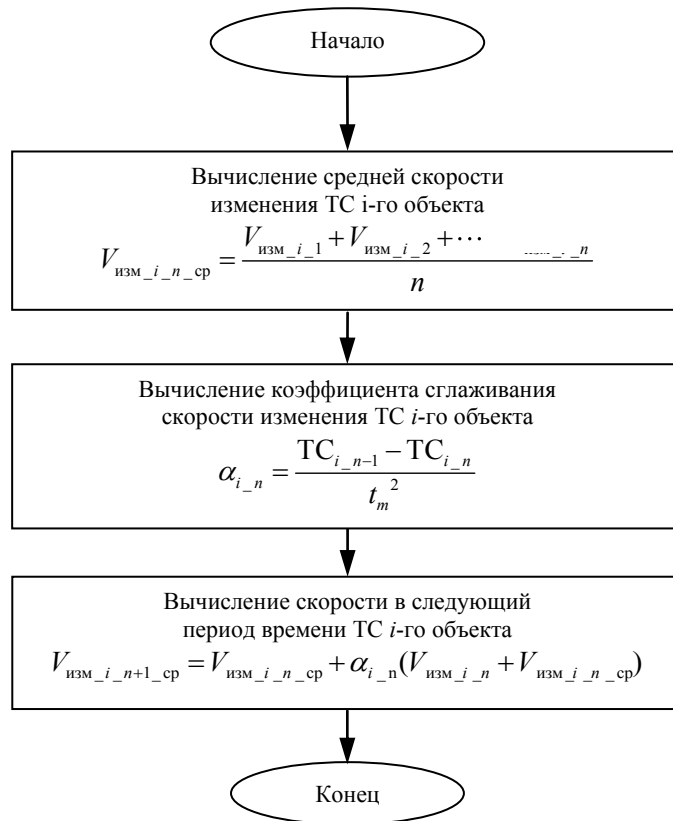


Рис. 8. Блок-схема алгоритма прогнозирования скорости изменения технического состояния объектов СЭУ

Отметим, что коэффициент сглаживания α_{i_n} является «плавающей» величиной, которая зависит от ускорения изменения технического состояния i -го объекта СЭУ и может изменяться в диапазоне от 0 до 1.

Прогнозирование средней скорости изменения технического состояния i -го объекта СЭУ производится по формуле:

$$V_{изм_i_n+1_ср} = V_{изм_i_n_ср} + \alpha_{i_n}(V_{изм_i_n} + V_{изм_i_n_ср}), \quad (8)$$

Полученная спрогнозированная скорость позволяет более точно рассчитать время до достижения ТС i -го объекта «браковочного» значения:

$$t_{i_брак} = \frac{TC_{i_n} - TC_{i_брак}}{V_{изм_i_n+1_ср}}, \quad (9)$$

Полученное значение $t_{i_брак}$ позволит экипажу/судовладельцу определять оптимальные сроки технического обслуживания и ремонта объектов СЭУ и отслеживать соответствие полученного времени расчетному сроку эксплуатации до технического обслуживания и ремонта объектов СЭУ. После определения времени $t_{i_брак}$ в компьютерной модели осуществляется переход к прогнозированию ТС следующего объекта СЭУ. В представленной на рис. 8 блок-схеме k – число объектов СЭУ.

При невыполнении условия $TC_{i_n} > TC_{i_брак}$ (TC_{i_n} – значение технического состояния i -го объекта СЭУ при текущем измерении, $TC_{i_брак}$ – значение «браковочного» ТС i -го объекта) компьютерная модель диагностирования выведет информацию о достижении ТС i -го объекта «браковочного» значения и активируется подпрограмма анализа ско-

рости изменения частных показателей i -го объекта СЭУ. Отметим, что анализ скорости изменения частных показателей является важным элементом процедуры прогнозирования, поскольку позволяет во-первых, настроить модель прогнозирования или при более развитом алгоритме выбрать модель прогнозирования из заранее предусмотренного набора (экспоненциальное сглаживание, регрессионное оценивание, цепи Маркова, передаточные функции и т. д.), а во-вторых оценить, по какому из ЧП возможен отказ в границах установленных «браковочных» значений. Блок-схема алгоритма анализа скорости изменения ЧП i -го объекта СЭУ представлена на рис. 9.

На первом шаге работы алгоритма производится сравнение текущего значения j -го ЧП i -го объекта СЭУ ($ЧП_{ji}$) с «браковочным» ($ЧП_{ji_брак}$). В случае, если значение $ЧП_{ji}$ меньше $ЧП_{ji_брак}$, то происходит вывод данных о «негодном» ТС i -го объекта СЭУ по $ЧП_{ji}$ и выполняется переход к оценке следующего ЧП данного объекта СЭУ. Таким образом, перебираются все частные показатели каждого объекта СЭУ и сравниваются с их «браковочными» значениями.

Если условие $ЧП_{ji_n} > ЧП_{ji_брак}$ выполняется, то при выбранной модели прогнозирования производится вычисление текущей скорости изменения $ЧП_{ji}$ по формуле:

$$V_{изм_ЧП_{ji_n}} = \frac{ЧП_{ji_n-1} - ЧП_{ji_n}}{t_m}, \quad (10)$$

где $V_{изм_ЧП_{ji_n}}$ – текущая скорость изменения $ЧП_{ji}$;

t_m – время между измерениями;

$ЧП_{ji_n-1}$ – значение $ЧП_{ji}$ при предыдущем измерении;

$ЧП_{ji_n}$ – текущее значение $ЧП_{ji}$;

n – номер измерения.

$$\text{Если } n < 2 \text{ то } V_{изм_ЧП_{ji_n+1_ср}} = V_{изм_ЧП_{ji_n}},$$

где $V_{изм_ЧП_{ji_n+1_ср}}$ – прогнозируемая скорость изменения при помощи алгоритма экспоненциального сглаживания.

Производится вычисление времени до достижения «браковочного» значения:

$$t_{ЧП_{ji_брак}} = \frac{ЧП_{ji_n} - ЧП_{ji_брак}}{V_{изм_ЧП_{ji_n+1_ср}}}, \quad (11)$$

где $t_{ЧП_{ji_брак}}$ – время до достижения j -го ЧП i -го объекта СЭУ;

$ЧП_{ji_n}$ – текущее значение j -го ЧП i -го объекта СЭУ;

$ЧП_{ji_брак}$ – «браковочное» значение j -го ЧП i -го объекта СЭУ.

В случае если $n \geq 2$, то осуществляется переход в Блок прогнозирования, блок-схема которого представлена на рис. 10.

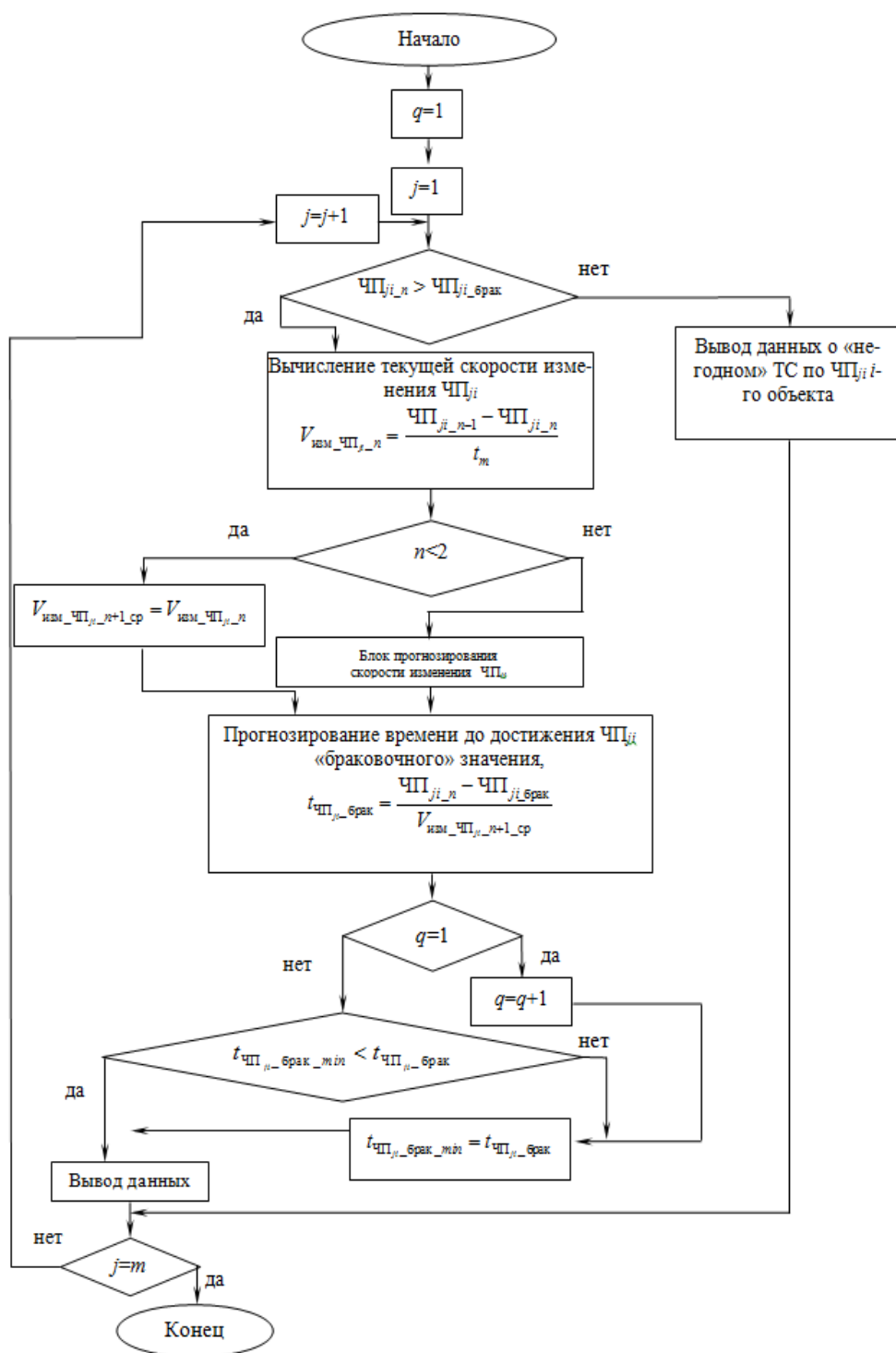


Рис. 9. Блок-схема алгоритма анализа скорости изменения ЧП i -го объекта СЭУ

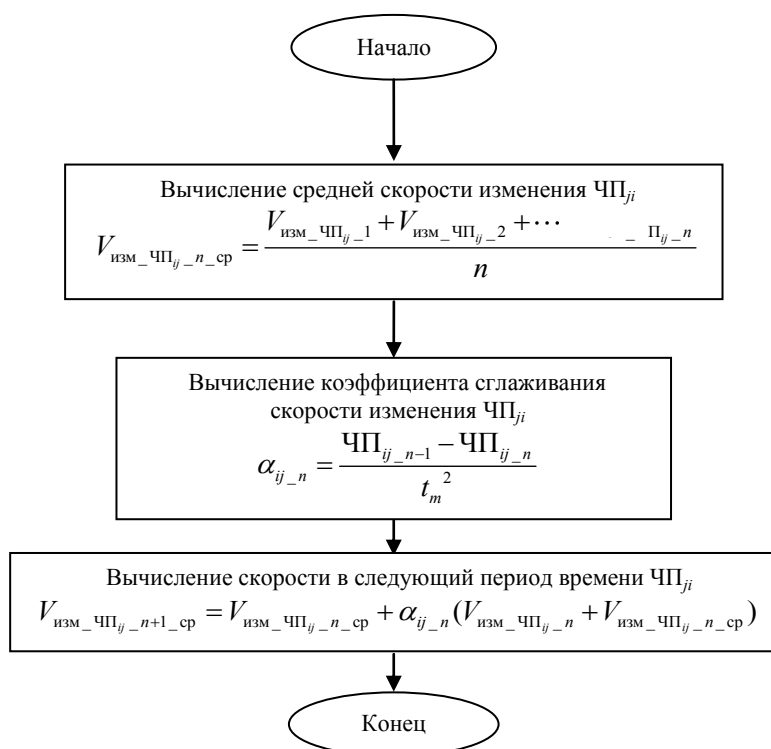


Рис. 10. Блок-схема прогнозирования скорости изменения ЧП i -го объекта СЭУ

Производится вычисление средней скорости изменения j -го ЧП i -го объекта СЭУ:

$$V_{изм_ЧП_{ij_n_ср}} = \frac{V_{изм_ЧП_{ij_1}} + V_{изм_ЧП_{ij_2}} + \dots + V_{изм_ЧП_{ij_n}}}{n}, \quad (12)$$

где $V_{изм_ЧП_{ij_n_ср}}$ – текущая средняя скорость изменения j -го ЧП i -го объекта СЭУ;

$V_{изм_ЧП_{ij_1}}, V_{изм_ЧП_{ij_2}}, \dots, V_{изм_ЧП_{ij_n}}$ – скорости изменения j -го ЧП i -го объекта СЭУ в предыдущие периоды;

n – количество измерений.

Далее производится вычисление коэффициента сглаживания α_{ij_n} скорости изменения j -го ЧП i -го объекта СЭУ:

$$\alpha_{ij_n} = \frac{ЧП_{ij_n-1} - ЧП_{ij_n}}{t_m^2}, \quad (13)$$

где $ЧП_{ij_n-1}$ – техническое состояние j -го ЧП i -го объекта СЭУ при предыдущем измерении;

$ЧП_{ij_n}$ – текущее техническое состояние j -го ЧП i -го объекта СЭУ ;

Прогнозирование средней скорости изменения технического состояния j -го ЧП i -го объекта СЭУ производится по формуле:

$$V_{изм_ЧП_{ij_n+1_ср}} = V_{изм_ЧП_{ij_n_ср}} + \alpha_{ij_n} (V_{изм_ЧП_{ij_n}} + V_{изм_ЧП_{ij_n_ср}}), \quad (14)$$

Полученная прогнозируемая скорость позволяет более точно рассчитать время до достижения j -го ЧП i -го объекта СЭУ «браковочного» значения:

$$t_{\text{ЧП}_{ji}\text{-брак}} = \frac{\text{ЧП}_{ji_n} - \text{ЧП}_{ji_брак}}{V_{\text{изм_ЧП}_{ji_n+1_ср}}}, \quad (15)$$

Аналогичным образом производится расчет всех $t_{\text{ЧП}_{ji}\text{-брак}}$ для каждого объекта СЭУ, по которому производится анализ скорости изменения ЧП.

В разработанном алгоритме заложена функция селекции, позволяющая из всех рассчитанных $t_{\text{ЧП}_{ji}\text{-брак}}$ определить наименьшее значение времени $t_{\text{ЧП}_{ji}\text{-брак_min}}$, которое и будет являться расчетным временем, по истечению которого, возможен отказ i -го объекта СЭУ в границах установленных «браковочных» значений для ЧП.

Полученное $t_{\text{ЧП}_{ji}\text{-брак_min}}$ позволит экипажу/судовладельцу определять оптимальные сроки технического обслуживания и ремонта объектов СЭУ.

Безусловно, логическим продолжением алгоритма функционирования компьютерной модели диагностирования технического состояния объектов СЭУ будет формирование базы данных об объекте, на основе которой появится возможность проводить сравнительный анализ изменения ТС объекта на разных этапах его жизненного цикла, например при изготовлении, во время эксплуатации до и после капитального ремонта. Такой анализ позволит оценивать качество изготовления объекта, качество проводимых технических обслуживаний и ремонтов. Наиболее важной практической функцией такого анализа является возможность с высокой точностью предотвращать возможные негативные последствия отклонения контролируемых параметров на ранней стадии развития неисправностей объекта СЭУ, что повысит техническую безопасность плавания.

Список литературы:

- [1] Ивановский В.Г. Мониторинг рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации / В.Г. Ивановский, Р.А. Варбанец // Всеукраинский научно-технический журнал, 2004. – Вып. 2. С. 138–141.
- [2] Епихин А.И. Модуль диагностики двигателя внутреннего сгорания в системе поддержки принятия решений экипажем танкера-газовоза // Вестник АГТУ, Сер.: Морская техника и технология, 2017. – №4 – С. 31–39.
- [3] Характеристики систем диагностики судовой дизельной установки. URL: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/puskoversivnye-sistemy-dvigatelja/harakteristika-sistem-diagnostiki-sudovoj-dizelnoj-ustanovki-v-sudovyh-dizeljah.html>.
- [4] Лашко В.А. Перспективы развития интеллектуальных поршневых ДВС // Электронное научное издание Ученые заметки ТОГУ, 2014, Т 5. № 1 – С. 260–287.
- [5] Елизаров И.А. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учеб. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 2004. – 180 с.
- [6] Грошева Л.С. Разработка комплексной системы контроля и управления на базе промышленных контроллеров FASTWEL/ Л.С. Грошева, В.И. Мерзляков, С.И. Перевезенцев, В.И. Плющев // Журнал «Современные технологии автоматизации» 2015.- №3 – С. 46–50.
- [7] Соловьёв А.В. Концепция единого целеориентированного управления судовой энергетической установкой // Вестник государственного университета морского и речного транспорта имени адмирала С.О. Макарова, 2017. – Т 9. № 5 – 1027–1039.
- [8] Соловьёв А.В. Принципы взаимодействия судоводителя с единой целеориентированной системой управления судовой энергетической установкой // Вестник ВГАВТ, 2017. – №53 – С. 42–47.
- [9] Соловьёв А.В. Интеллектуальная система управления классификационной деятельностью на водном транспорте // Международный журнал речников Речной Транспорт XXI век, 2017. № 84 – С. 40–42.

[10] Васильев Б.В. Диагностирование технического состояния судовых дизелей // Б.В. Васильев, Д.И. Кофман, С.Г. Эренбург; Под ред. д-ра техн. наук проф. Б.В. Васильева. – М.: Транспорт, 1982. – 144 с.

[11] Моек Е. Техническая диагностика судовых машин и механизмов // Е. Моек, Х. Штрикерт; Пер. с нем. Э.Б. Кублановой. – Л.: Судостроение, 1986. – 231,[1] с.: ил.; 22 см. – (Качество и надежность).

DIAGNOSTICS AND PREDICTION OF THE TECHNICAL STATE OF THE FACILITIES OF THE SHIP POWER PLANT

A.V. Solovev

Key words: *computer model, technical diagnostics, system analysis, technical state prediction*

This paper proposes a computer model of the diagnostics of the technical state of the facilities of the ship power plant (SPP), obtained by the method of system synthesis. Developed computer model of the diagnostics allows to get a numeric assessment of the technical state of the facilities of SPP and SPP in general, to establish the technical state of the appropriate facility of SPP, and to analyze the dynamics of the changes of the state of these facilities in time to identify the prerequisites and conditions, because of which potential failure can occur. For the implementation in the model the functions of the diagnostics and prediction of the technical state of the block-schemes of the corresponding algorithms have been developed. Algorithm of the diagnostics allowing to determine the state of «go-no-go» with indication of the improper facility and its parameters is an essential means of the River Register expert in the inspection of vessels. For the prediction the algorithm allowing to calculate the time of reaching the technical state of the defective facility is presented, which is of great practical importance as it will allow to determine the optimal timing of maintenance and repair of the facilities of the SPP.

It is shown that a computer model of diagnostics allows to monitor the current processes in the subsystems of the facilities aiming to obtain the anticipatory information about possible deviation indicators of the processes from the given values because of the failure in some subsystem.

Статья поступила в редакцию 25.02.2018 г.

УДК 621.431

О.П. Шураев, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

А.Г. Чичурин, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Н.Ю. Белов, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ 6L275 RR1I/PN НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

Ключевые слова: *испытания дизелей, винтовая характеристика, нагрузочное устройство, индикаторная диаграмма, рабочий процесс дизеля, вредные выбросы с отработавшими газами*

Рассмотрены результаты испытаний дизеля 6L275 RrII/PN (6 ЧРН 27,5/36) на стенде лаборатории судовых ДВС без нагрузки. Целью испытаний являлась проверка технического состояния двигателя и комплекса измерительного оборудования. В ходе ис-

пытаний получены индикаторные диаграммы рабочего процесса в каждом цилиндре и данные по выбросам вредных веществ в отработавших газах. По результатам испытаний выполнена оценка механического КПД двигателя и проведена регулировка двигателя с последующим повторным контролем.

Введение

Транспортные учебные заведения, готовящие специалистов в области проектирования, ремонта и эксплуатации ДВС, как правило, оснащены одним или несколькими двигателями, использующимися в качестве наглядных пособий. Как отмечено в работе [1], к сожалению, только незначительная часть имеющегося парка ДВС оснащается нагрузочными устройствами. Это объясняется значительной стоимостью данных агрегатов и ограниченным их предложением на рынке. В работе [1] описан процесс создания нагрузочного устройства – гидротормоза – своими силами из доступных материалов, но такой пример скорее исключение, нежели правило. Но даже без нагрузочного устройства (или с неработающим нагрузочным устройством) двигатель остается интересным объектом для проведения лабораторных исследований.

Постановка задачи испытаний. Режим работы двигателя традиционно отображается на диаграмме «мощность P – частота вращения коленчатого вала n » (рис. 1). Семейство точек на этой диаграмме, соответствующее работе двигателя при каких-либо определенных условиях, принято называть характеристиками. Например, изменение мощности и частоты вращения коленчатого вала при работе на гребной винт фиксированного шага образует винтовую характеристику (линия 1 на рис. 1), работа при постоянной частоте вращения коленчатого вала на привод генератора представляет собой нагрузочную характеристику (линия 2 на рис. 1).

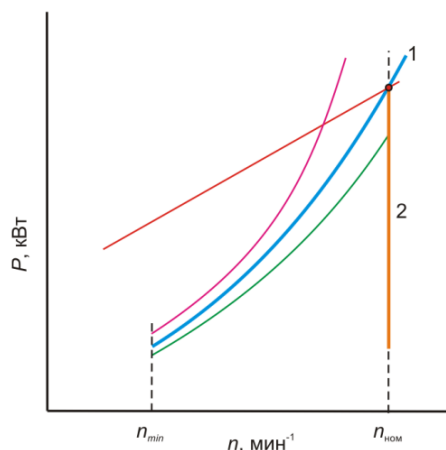


Рис. 1. Характеристики двигателя внутреннего сгорания

Наибольшее разнообразие вариантов нагружения двигателя обеспечивают винт регулируемого шага и гидротормоз. В этом случае область допустимых режимов на диаграмме $P - n$ ограничивается сверху «тяжелой» винтовой характеристикой (до достижения максимального крутящего момента) и, в области больших частот вращения, линией максимального крутящего момента. Нижней границей является винтовая характеристика нулевого упора, показывающая соответствие мощности и частоты вращения коленчатого вала при таком развороте лопастей винта регулируемого шага, когда винт не создает упор, а вся мощность двигателя расходуется на преодоление сил трения. Аналогично будет проходить «винтовая» характеристика холостого хода – зависимость мощности двигателя от частоты вращения коленчатого вала при отсутствии нагрузки. В этом случае эффективная (тормозная) мощность P_e равна нулю, а

вся развиваемая двигателем индикаторная мощность P_i будет равна мощности механических потерь $P_{мп}$:

Отношение $\frac{P_e}{P_i}$ называется механическим КПД и характеризует долю мощности, затраченной на преодоление сил трения в самом двигателе, то есть степень его механического совершенства. Приняв, что механические потери зависят только от частоты вращения коленчатого вала и не зависят от величины эффективной мощности и, зная зависимость эффективной мощности от частоты вращения при работе по номинальной винтовой характеристике, определив индикаторную мощность, можно оценить зависимость механического КПД η_m от частоты вращения коленчатого вала двигателя:

$$\left(\eta_m = \frac{P_{евинт}}{P_i} \right)_n. \quad (1)$$

Таким образом, в результате испытания двигателя без нагрузочного устройства, определяя индикаторную мощность P_i для ряда частот вращения коленчатого вала n , мы можем построить «винтовую» характеристику холостого хода и оценить величину механического КПД двигателя на каждом из режимов.

Испытательный стенд и измерительное оборудование. Двигатель 6L275 RrII/PN (далее 6L275), установленный в лаборатории СДВС, изначально предназначен для использования на судах в качестве главного двигателя, о чем красноречиво свидетельствуют буквы Rr в обозначении двигателя – реверсивный, с возможностью ручного реверса. В качестве стендового нагрузочного устройства очень давно (по крайней мере, по меркам одного из авторов статьи) был установлен генератор переменного тока, выдающий электроэнергию на нагревательные элементы. Утрата нагревательных элементов в 90-е годы привела к невозможности нагружения приводного двигателя при сохранении его полной работоспособности.

Так как дизель 6L275 оснащен индикаторными кранами, то определение индикаторной мощности осуществлялась планиметрированием индикаторных диаграмм с помощью системы диагностирования Depas Handy 4.0H, разработанной лабораторией «Мониторинг СДВС» [2] Одесского национального морского университета. Система включает в себя малоинерционный датчик давления в рабочем цилиндре (устанавливается на индикаторный кран двигателя) и вибродатчик с магнитным креплением, улавливающий виброимпульсы движения деталей топливной аппаратуры и газораспределительного механизма (в зависимости от места установки). По каждому цилиндру за один замер записывается три цикла с наложенными виброимпульсами впрыска топлива и открытия-закрытия клапанов. Проверка и поддержание в рабочем состоянии системы диагностирования тоже являлись одной из целей испытаний.

Контроль состава отработавших газов проводился с помощью газоанализатора ДАГ-510 МВ, который записывал температуру и содержание O_2 , а также вредных веществ CO , NO , NO_2 , C_xH_y каждые 30 с в автоматическом режиме. Забор пробы осуществлялся из выпускного трубопровода на расстоянии порядка шести диаметров трубы от выпускного фланца дизеля. Установка частоты вращения коленчатого вала производилась по штатному тахометру с контролем по переносному тахометру АКИП-9202, закрепленному на трубочине. Контроль параметров окружающей среды осуществлялся по термогигробарометру testo 622. Измерение расхода топлива производилось с помощью штихпробера с объемом контрольного бака 1580 мл. В силу малого расхода топлива измерение на одном режиме занимало около 15 мин. и не повторялось, поэтому результаты замеров расхода топлива можно принимать лишь как ориентировочные.

Режимы работы двигателя при испытаниях. Для того, чтобы можно было воспользоваться формулой (1) при известных значениях эффективной мощности, на ис-

пытаниях двигателя назначалась частота вращения коленчатого вала, соответствующая 0,5, 0,75 и 1,0 Ре на номинальной винтовой характеристике (таблица 1). То есть, замеры параметров работы двигателя производились при частотах вращения коленчатого вала $n = 397, 454, 500 \text{ мин}^{-1}$, начиная с наименьшей.

Таблица 1

Режимы работы дизеля 6L275 по винтовой характеристике

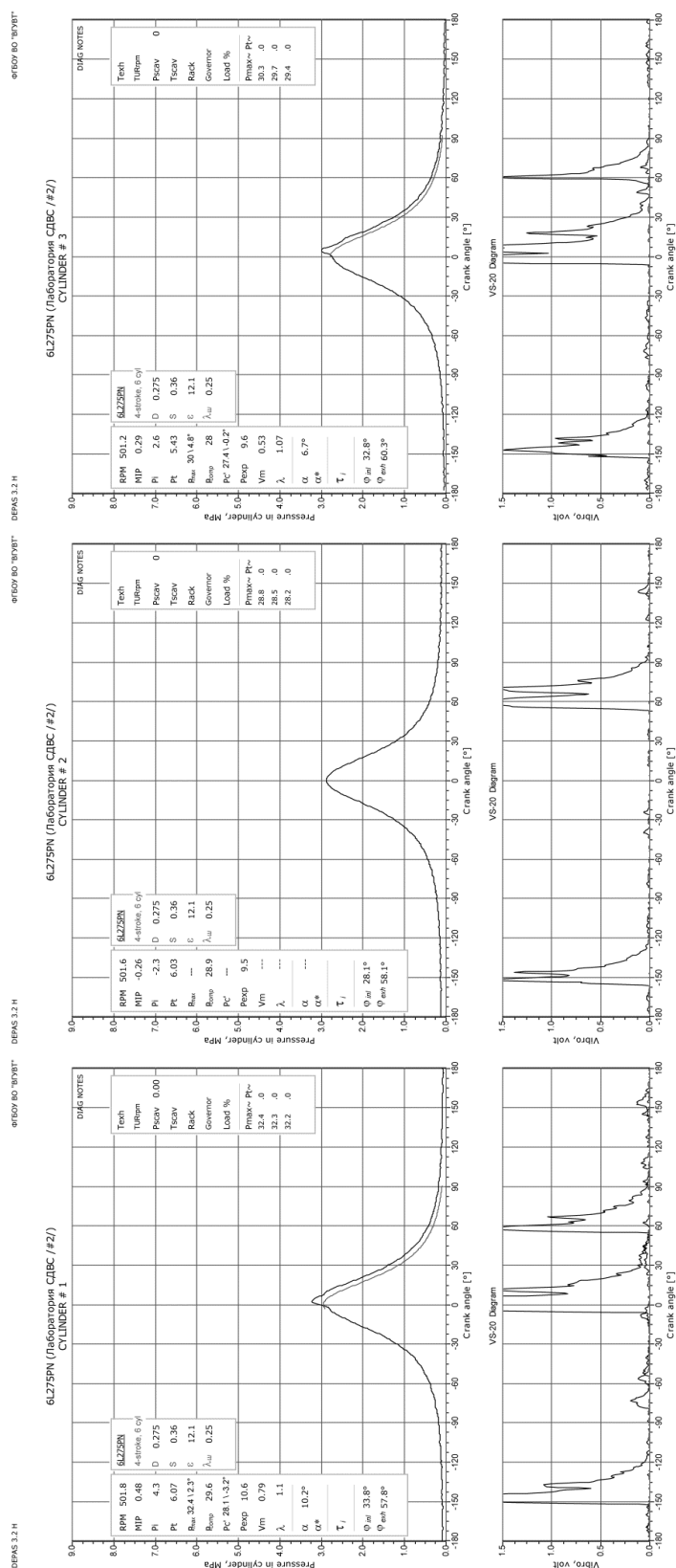
Отн. мощность	Частота вращения КВ, мин^{-1}	Эффективная мощность по винтовой характеристике, кВт	Крутящий момент, кН·м	Отн. крутящий момент
1	500	405,0	48,6	1,000
0,75	454	303,8	40,1	0,825
0,5	397	202,5	30,6	0,630

После выхода на соответствующую частоту вращения коленчатого вала двигатель прогревался. Следует заметить, что прогрев двигателя без нагрузки происходит очень медленно. Мы считали двигатель прогретым и производили все измерения в том временном интервале, в котором температура отработавших газов по записи газоанализатора изменялась не более чем на 5°C .

Результаты испытаний:

Анализ индикаторных диаграмм и вибродиаграмм. Индикаторные диаграммы и вибродиаграммы (рис. 2), позволяют оценить протекание рабочего процесса в каждом цилиндре. В ходе диагностирования сразу было выявлено отсутствие подачи топлива во второй цилиндр и перераспределение мощности по цилиндрам двигателя в пользу шестого цилиндра. В нем одна мощность на каждом из режимов была примерно равна суммарной мощности всех остальных цилиндров. Однако, если первый факт однозначно свидетельствует о неисправности топливной аппаратуры второго цилиндра, то о качестве регулировки двигателя можно сказать лишь получив аналогичные диаграммы двигателя под нагрузкой, близкой к номинальной. На данном этапе можно лишь отметить практически одинаковые значения давления в цилиндре в конце сжатия p_c (максимальное абсолютное отклонение относительно среднего 2,78%) и давления в начале видимого сгорания $p_{c'}$ (максимальное отклонение 1,7%). Следует отметить, что в диагностическом комплексе Depas Handy реализован метод программного определения положения ВМТ [3], и давление в конце сжатия было определено расчетным способом без дополнительного индицирования при выключенной подаче топлива. Вибродатчик PS-20 комплекс Depas Handy размещался на цилиндрической крышке около форсунки. Такое расположение датчика на дизелях данного типа позволяет записать не только вибросигнал, вызываемый подъемом и посадкой форсуночной иглы, тем самым определить момент начала и окончания подачи топлива в рабочий цилиндр, но и виброимпульс от посадки впускного и выпускного клапанов в момент закрытия.

Анализ вибродиаграмм показывает, что закрытие выпускного клапана происходит при $54,6...61,5^{\circ}$ п.к.в. после ВМТ (при паспортных 60° п.к.в.), а закрытие впускного – при $28,1...34,0^{\circ}$ п.к.в. после НМТ (при паспортных 30° п.к.в.). То есть, двигатель нуждается, как минимум, в проверке тепловых зазоров в газораспределительном механизме. Также, анализируя вибродиаграммы впрыска, отметим, что в 6-м цилиндре весьма вероятен подвпрыск топлива вследствие недостаточного усилия затяжки пружины форсунки.



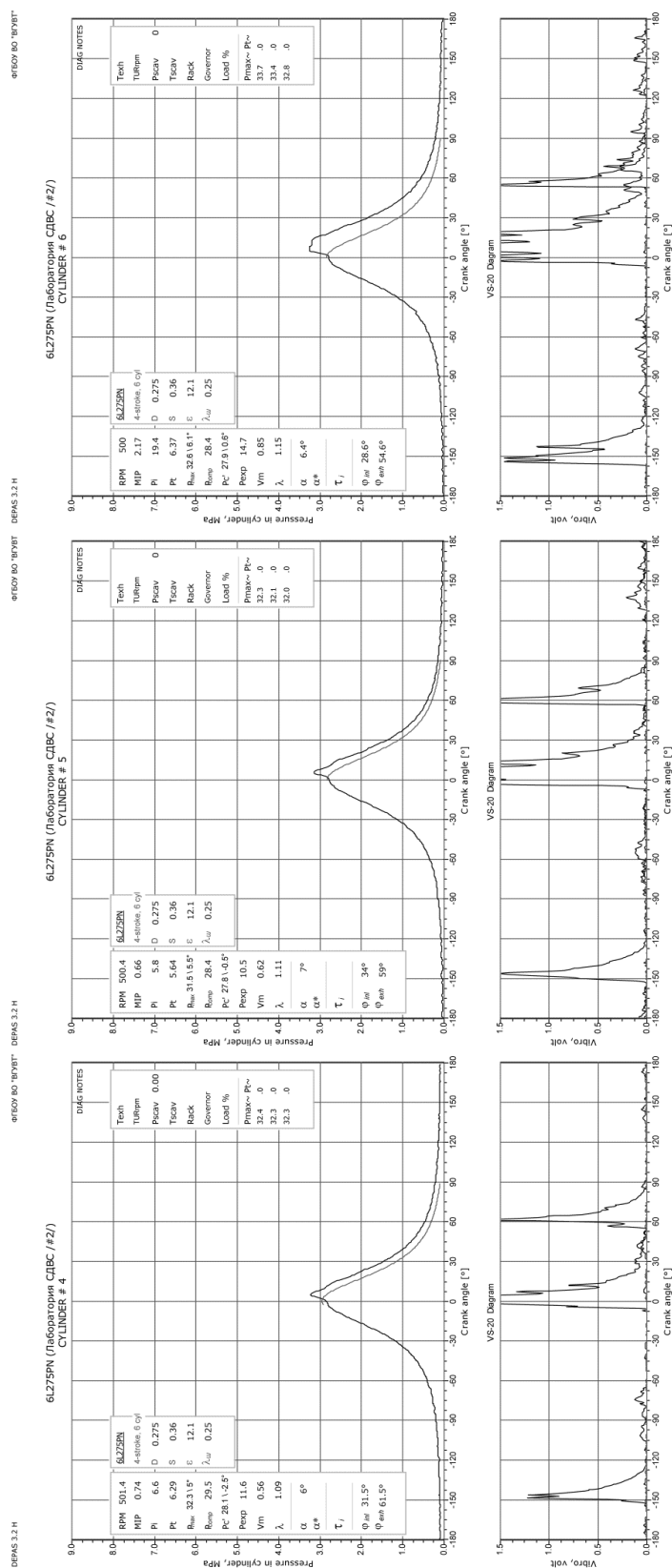


Рис. 2. Индикаторные диаграммы и вибродиаграммы процесса впрыска топлива по цилиндрам

При диагностировании рабочего процесса комплексом Deras возможен анализ еще одного диагностического параметра – давления в процессе расширения при положении кривошипа коленчатого вала 36° п.к.в. после ВМТ, обычно обозначаемого как p_{36} или p_{exp} . Этот параметр характеризует количество теплоты, выделившейся при сгорании топлива и преобразованной в механическую работу. Сравнивая этот параметр по цилиндрам, легко понять, почему при практически равных максимальных давлениях цикла (разброс относительно среднего не больше 5%, не считая неработающий 2-й цилиндр) мощность 6-го цилиндра оказалась значительно выше остальных.

Анализ отработавших газов. На холостом ходу дизель работает с очень большим коэффициентом избытка воздуха, следствием чего является высокое содержание кислорода в отработавших газах. В данном случае оно составляло 19,3...19,5%, что лишь немного отличается от 20,9...21,0 % в атмосфере (см. правый край графика на рис. 3).

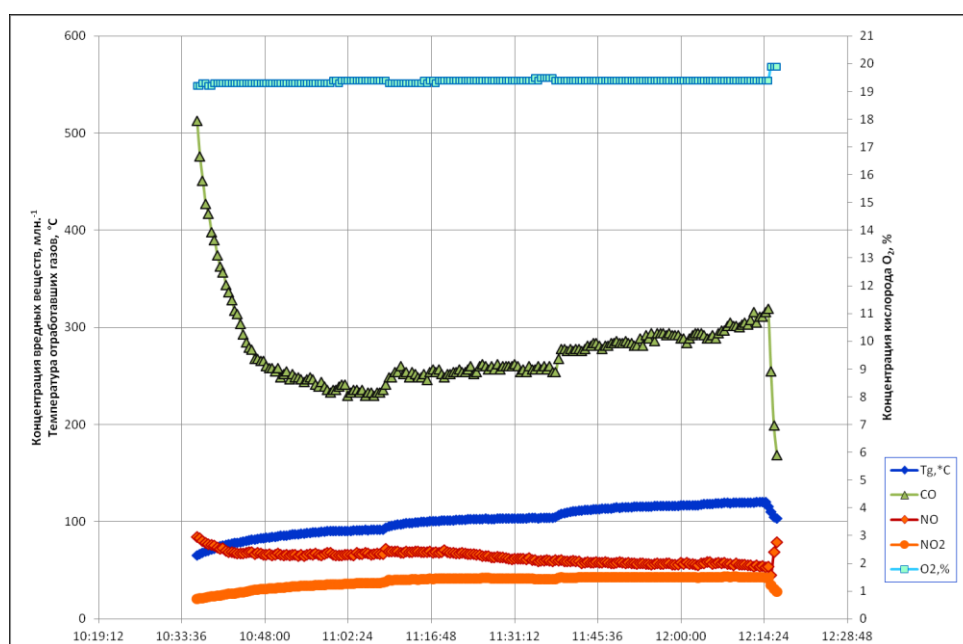


Рис. 3. Результаты анализа отработавших газов

Период первоначального прогрева двигателя характеризуется повышенным содержанием CO в отработавших газах. По мере прогрева двигателя содержание CO снижалось, и в конце периода работы, на 397 мин^{-1} , наблюдался минимум. Увеличение частоты вращения коленчатого вала сопровождалось увеличением содержания CO в отработавших газах (рис. 3 и таблица 2).

Таблица 2

Результаты измерения состава отработавших газов

Параметр	Размерность	Режим		
		397 мин ⁻¹	454 мин ⁻¹	500 мин ⁻¹
Концентрация NO (измеренная)	млн ⁻¹	67	65	57
Концентрация NO ₂ (измеренная)	млн ⁻¹	36,5	41,7	43,1
Концентрация NO _x (приведенная)	млн ⁻¹	139	141	130
Концентрация NO (трансформация)	млн ⁻¹	18	18	17
Концентрация NO ₂ (трансформация)	млн ⁻¹	111	113	104
Концентрация CO	млн ⁻¹	235	256	295
Концентрация CO ₂	%	1,2	1,2	1,2
Концентрация O ₂	%	19,4	19,4	19,4
Концентрация CH	млн ⁻¹	Меньше предела чувствительности датчика		

Оксиды азота NO и NO₂, обычно обозначаемые как NO_x, газоанализатором ДАГ-510 контролируются по отдельности. Концентрация NO с увеличением нагрузки слабо снижалась, а концентрация NO₂ по мере прогрева двигателя незначительно увеличивалась. Концентрация первичного NO₂, образующегося непосредственно в цилиндре, вполне сопоставима со значениями, полученными при испытании других двигателей, в том числе и под нагрузкой [1, 4]. Концентрация NO, напротив, была существенно ниже значений, характерных для отработавших газов дизелей поколения, к которому принадлежит испытываемый двигатель. Указанный факт объясняется тем, что оксиды азота NO активно образуются при температуре выше 1500 °С, а на холостом ходу такой уровень температуры достигался лишь в течение незначительного периода цикла. С учетом дальнейшей трансформации NO в NO₂, итоговое значение эмиссии оксидов азота NO_x, приведенное к концентрации NO₂ находилось в диапазоне 104...113 млн⁻¹, а удельный выброс, приведенный к индикаторной мощности, составил от 8.60 до 7.54 г/кВт · ч. То есть, работа без нагрузки на всех частотах вращения коленчатого вала не может привести к выходу концентрации NO_x в отработавших газах испытываемого двигателя за разрешенные национальными стандартами [5] рамки (рис. 4).

Концентрация углеводородов C_xH_y в отработавших газах находилась на пороге чувствительности датчика газоанализатора и далее не анализировалась.

Удельные выбросы вредных веществ на каждом из контролируемых режимов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Удельные выбросы вредных веществ, г/(кВт · ч)

Вредный компонент	Режим		
	397 мин ⁻¹	454 мин ⁻¹	500 мин ⁻¹
NO _x в приведении к NO ₂	8,60	8,31	7,54
CO	11,1	11,5	13,0
CH в приведении к CH _{1.85}	Меньше предела чувствительности датчика		

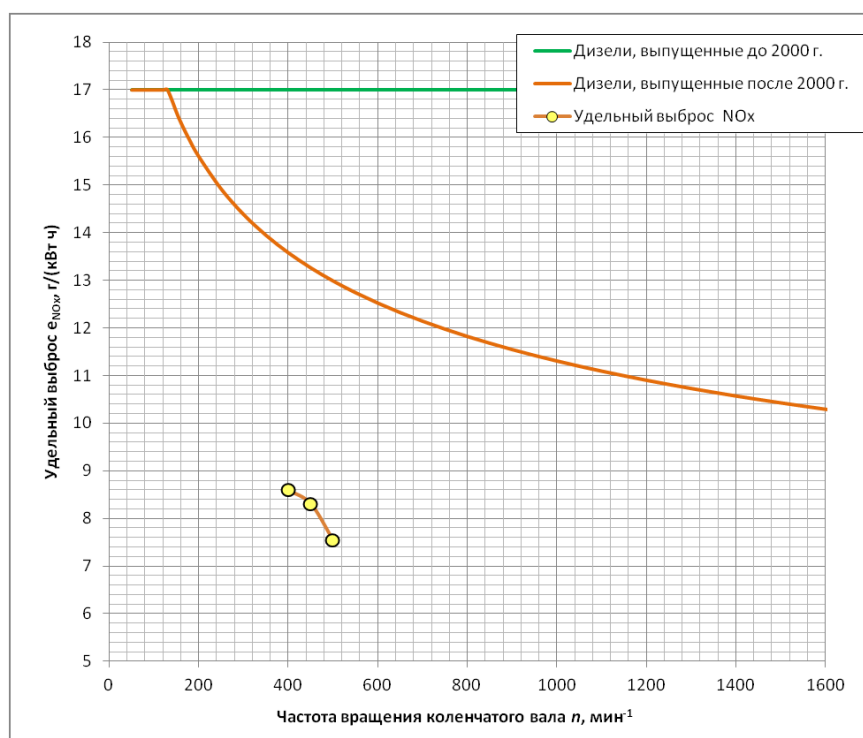


Рис. 4. Соответствие удельного выброса NO_x действующим в России нормативам

Оценка механического КПД. Воспользовавшись формулой (1) оценим значения механического КПД на каждой из рассмотренных частот вращения коленчатого вала. Эффективную мощность при каждой частоте вращения возьмем по нормальной винтовой характеристике.

Таблица 4

Оценка механического КПД

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Эффективная мощность по нормальной винтовой характеристике, кВт	Индикаторная мощность холостого хода = мощность механических потерь, кВт	Индикаторная мощность при работе по винтовой характеристике, кВт	Механический КПД
400	207,6	29,0	236,6	0,877
450	295,7	34,4	330,1	0,896
500	405	38,7	443,7	0,913

Рассмотренные испытания, помимо отработки навыков их организации и проведения (а также проверки и поддержания в рабочем состоянии приборного обеспечения), вполне могут быть темой познавательных лабораторных занятий со студентами в рамках дисциплин «Судовые двигатели внутреннего сгорания» и «Эксплуатация судовых дизельных установок».

Регулировка двигателя по результатам испытаний. Результаты первой серии испытаний показали необходимость регулировки двигателя. Она касалась, в первую очередь, выяснения причины отсутствия подачи топлива во 2-й цилиндр. Ревизия распылителя форсунки на стенде показала ее исправность. Впрыск топлива не осуществлялся из-за разворота плунжера ТНВД в положение нулевой подачи на малых на-

грузках. Была выполнена коррекция положения топливной рейки этого цилиндра на два деления в сторону больших цикловых подач. Выполненное после регулировки индицирование показало, что, хотя равномерного распределения мощности еще не удалось достичь, причина «выпадения» 2-го цилиндра была установлена правильно – после регулировки положения плунжера в цилиндре появились вспышки топлива, а индикаторная цилиндровая мощность составила 1.2 кВт. Суммарная индикаторная мощность составила 39.0 кВт при частоте вращения коленчатого вала $n = 500 \text{ мин}^{-1}$, что говорит о хорошей воспроизводимости результатов испытаний (различие индикаторной мощности в двух испытаниях менее 1%).

Выводы:

1. Результаты испытаний подтверждают, что даже без использования нагрузочно-го устройства возможно проведение содержательных лабораторных работ, связанных с измерением параметров рабочего процесса дизеля и их последующим анализом.
2. Применение измерительного комплекса Depas позволяет выявлять неисправности топливной аппаратуры, влияющие на рабочий процесс, даже на двигателях, работающих без нагрузки.
3. Выполненная регулировка по результатам диагностирования работы двигателя по индикаторным диаграммам с последующим контролем подтвердила правильность первоначальных выводов относительно технического состояния топливной аппаратуры двигателя и механизма газораспределения двигателя.

Список литературы:

- [1] Новосельцев М.Н., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Разработка и испытания стенда с двигателем 6L160PNS и гидротормозом // Вестник ВГАВТ, 2017. Вып. 51. - с. 191-206.
- [2] DEPAS D4.0H: URL: http://depas.od.ua/pdf/DEPAS_Handy_brochure_rus_print.pdf.
- [3] Ивановский В.Г., Варбанец Р.А. Особенности мониторинга и диагностики рабочего процесса судовых среднеоборотных дизелей программно-аппаратным комплексом D4.0H // Научковий вісник ХДМІ №1, 2009. – с. 153–160.
- [4] Снижение предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ от Мезенской ДЭС. Отчет о НИР. - Н.Новгород: ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 31 с.
- [5] ГОСТ Р 51249-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999, 2005.

TESTING OF THE ENGINE 6L275 RRII/PN TYPE AT IDLE

O.P. Schuraev, A.G. Chichurin, N.Yu. Belov

Keywords: tests of diesel engines, screw characteristic, a loading device, the working process of a diesel engine, indicated diagram, harmful emissions with the exhaust gases

The results of the testing of the internal-combustion engine 6L275 RrII/PN without load holding on the stand in the laboratory have been presented. The purpose of the testing was to check the technical state of the internal combustion engine and the measuring equipment. While testing we obtained the indicated diagrams of the working process in each cylinder and the data on the emissions of the harmful substances in the exhaust gases. According to the testing results the mechanical efficiency of the internal-combustion engine has been estimated and the adjustment of the engine with the subsequent repeated control has been conducted.

Статья поступила в редакцию 24.02.2018 г.

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 54
2018

Формат бумаги 70х180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 16,28.
Заказ 050. Тираж 100.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ВГУВТ
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5