

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 52

Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Н. Новгород, 2017

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 52. – 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, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I

Водные пути, порты и гидротехнические сооружения

Стрельников Д.Д.

Рейтинговая оценка терминальных логистических цепей 15

Раздел II

Информатика, системы управления, телекоммуникации и радиолокация

Коган Д.И., Федосенко Ю.С., Хандурин Д.А.

Постановки и алгоритмы решения задачи о назначениях в приложении к проблемам доформирования составов транспортных средств 23

Лосев В.В., Корнилов А.В.

Комплексирование измерительной информации инерциального блока и системы воздушных сигналов, входящих в состав интегрированной системы резервных приборов 31

Петрунин В.В., Неевин С.М., Душев С.А., Малиновский И.В., Банкрутенко В.В., Онищук И.Н., Голубев А.Ю.

Система логистической поддержки изделий РУ. Разработка методов и технологий для повышения ее эффективности 40

Раздел III

Надежность и ресурс в транспортном машиностроении

Тарнопольская Т.И., Сидорова О.В.

Исследование стационарных движений автопоезда в нелинейной постановке 49

Яблоков А.С., Волков А.И., Шишулин Д.Н.

Оценка напряженно-деформированного состояния и усталостной долговечности металлоконструкции плавучего крана КПЛ 16-30 по его фактической эксплуатационной нагруженности 56

Раздел IV

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

Бурмистров Е.Г., Михеева Т.А.

Проблемы внедрения автоматизированных систем управления проектами на судостроительных и судоремонтных предприятиях 73

Глебов В.В., Блинов В.М., Репин Ф.Ф.	
Механизмы структурного упрочнения азотсодержащей аустенитной стали типа 05X22AG14H7M	79
Горбаченко Е.О., Цветков Ю.Н.	
Прогнозирование инкубационного периода кавитационного изнашивания лопастей гребных винтов с использованием метода измерения профиля поверхности	87
Кеслер А.А.	
О форме определения ходовых характеристик судна	96
Купальцева Е.В., Роннов Е.П.	
Математическая модель оптимизации пассажирских судов пригородного и местного сообщения	100
Мизгирев Д.С., Курников А.С.	
Проектирование метантенка как элемента судовой системы СКПО	107
Роннов Е.П., Кочнев Ю.А.	
Графический метод представления оптимальных элементов танкера смешанного (река-море) плавания	120
Этин В.Л., Васькин С.В., Дмитриева М.С.	
Выбор основных характеристик судна экологического назначения как элемента внесудовой природоохранной технологии	125

Раздел V

Финансовые и учетно-аналитические проблемы современной экономики

Веселов Г.В., Иванов В.М., Минеев В.И.	
Проблемы и механизм реализации внедрения газомоторного топлива на водном транспорте	133
Воробьев А.В., Упадышева Е.В.	
Анализ сущности и значимости бюджетного планирования и прогнозирования в современных экономических условиях	136
Маркова Н.А., Попандопуло И.Д.	
Анализ причин возникновения и управление дебиторской задолженностью: Россия и зарубежный опыт	140

Раздел VI

Экономика, логистика и управление на транспорте

Ничипорук А.О.	
Эволюция номенклатуры показателей качества перевозок грузов на различных видах транспорта	157

Платов Ю.И., Никулина М.В.

Оценка эффективности использования информационных технологий на речном транспорте 165

Телегин А.И., Фролова Е.В.

Концепция обеспечения поставки потребителям стандартного речного песка, добываемого и транспортируемого волжскими портами 174

Цверов В.В., Сахарова В.В.

Обеспечение надежности выполнения обязательств при управлении заказами в организации 182

Раздел VII

Эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства

Токарев П.Н.

Метод определения гидродинамических усилий на корпусе судна при произвольном плоском движении 191

Чурин М.Ю.

Уточнение способа определения динамической просадки судов в условиях мелководья на течении 205

Раздел VIII

Эксплуатация судового энергетического оборудования

Арефьев Н.Н.

Обоснование выбора параметров насоса системы гидрорыхления земснаряда 213

Сугаков В.Г., Малышев Ю.С., Ягжов И.И.

Цифровое трехканальное реле с функцией реконструктивной диагностики 217

Раздел IX

Актуальные проблемы права и государства

Кравец И.П.

Правовое регулирование государственной миграционной политики 227

Телегус А.В., Бутченко В.Н.

Налогообложение доходов субъектов транспортной инфраструктуры, получаемых от продажи судоходных транспортных средств 233

Чих Н.В., Ермаков А.Е.

Проблемы правового регулирования деятельности федерального казначейства 237

Раздел X
Философия. Общество. Культура

Нгома Лухуоло Ж.Г., Кошелева А.Е.

Политико-философское измерение внешней политики КНР в Африке 243

Пахомова Е.А., Сильчук О.Ю., Фоменкова Е.А.

Опыт организации эстетического воспитания в ГРУ им. И.П. Кулибина (на примере работы хорового коллектива)..... 246

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

BULLETIN
of the Volga State Academy
of Water Transport

Issue 52

VSUWT publishing house
N. Novgorod, 2017

Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport (VSAWT). Iss. 52. – N. Novgorod: VSUWT publishing house, 2017. – 250 p.

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

The Editorial Board: of the journal

Bazhan P.I.	D.Sc.(Tech.), Professor	Bezyukov O.K.	D.Sc.(Tech.), Professor
Belykh V.N.	D.Sc.(Phys.&Math.), Prof.	Bik Y.I.	D.Sc.(Tech.), Professor
Vaganov A.B.	Ph.D. Associate Professor	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

Waterways, ports and hydraulic engineering constructions

Strelnikov D.D.

The rating of terminal logistics chains 15

Section II

Informatics, management systems, telecommunications and radiolocation

Kogan D.I., Fedosenko Yu.S., Handurin D.A.

Problem definition and solving algorithms for assignment problem applied to task of vehicle trains assembling 23

Losev V.V., Kornilov A.V.

A fusion of the measurement data from the inertial unit and the air data computer system being a part of the integrated standby instrument system 31

Petrinin V.V., Neevin S.M., Dushev S.A., Malinovsky I.V., Bankrutenko V.V., Onishchuk I.N., Golubev A.Yu.

Logistic support system for rp articles. Development of methods and technologies to improve its effectiveness 40

Section III

Reliability and resource in transport engineering

Tarnopolskaya T.I., Sidorova O.V.

The study of stationary motions of multi-link trucks, in nonlinear statement 49

Yablokov A.S., Volkov A.I., Shishulin D.N.

Evaluation of the stress-strain state and the fatigue life of metal floating crane KPL 16–30 on its actual , operational loading 56

Section IV

Shipbuilding, ship repair, and ecological safety of the ship

Burmistrov E.G., Mikheyeva T.A.

The question of the implementation of automated project management systems in the shipbuilding and ship repair enterprises 73

<i>Glebov V.V., Blinov V.M., Repin F.F.</i>	
Mechanisms of structural hardening of nitrogen-containing austenitic steel of the type 05X22AГ14H7M	79
<i>Gorbachenko E.O., Tsvetkov Yu.N.</i>	
Prediction of the incubation period in cavitation wear of ship propeller blades using the surface profile measurements.....	87
<i>Kesler A.A.</i>	
About the form of identification of shipping characteristics.....	96
<i>Kupaltseva E.V., Ronnov E.P.</i>	
Mathematical model of optimization the inland passenger vessels	100
<i>Mizgirev D.S., Kurnikov A.S.</i>	
The design of the digester as part of the marine systems IWMS	107
<i>Ronnov E.P., Kochnev Yu.A.</i>	
Graphic method of representation of the optimal elements of the tanker of mixed (river-sea) navigation.....	120
<i>Etin V.L., Vas'kin S.V., Dmitrieva M.S.</i>	
The choice of the main characteristics of the ship ecological purpose as part of out-of-ship environmental technologies	125

Section V

Financial and accounting-analytical problems of the modern economy

<i>Veselov G.V., Ivanov V.M., Mineev V.I.</i>	
Problems and mechanism for realizing the introduction of gas engine fuel on an aqueous trans-port.....	133
<i>Vorobyev A.V., Upadysheva E.V.</i>	
The analysis of the nature and significance of budget planning and forecasting in the current economic conditions	136
<i>Markova N.A., Popandopulo I.D.</i>	
Analysis of the causes and management of accounts receivable: Russian and foreign experience	140

Section VI

Economics, logistics and transport management

<i>Nichiporouk A.O.</i>	
Experience and problems of creation of transport and logistic systems of cargo delivery	157
<i>Platov J.I., Nikulina M.V.</i>	
Estimation of efficiency of information technologies on inland shipping	165

Telegin A.I., Frolova E.V.

The concept of ensuring delivery to consumers of the standard river sand extracted and transported by the volga ports 174

Tsverov V.V., Saharova V.V.

The ensuring the reliability of fulfilment the liability in order management in organization 182

Section VII

Operation of water transport, navigation and safety of navigation

Tokarev P.N.

Method of determination hydrodynamic efforts on the ships hull with indirect flat traffic 191

Churin M.U.

Amendment of the dynamical squats calculation method of ships in shalow water conditions on currents..... 205

Section VIII

Operation of ship power equipment

Arefyev N.N.

Justification of parameters choice for the dredging system pump of the dredge 213

Sugakov V.G., Malyshev Y.S., Yagzhov I.I.

Three-Channel sensor with the function of reconstructive diagnostic 217

Section IX

Actual problems of law and state

Kravets I.P.

Legal regulation of the state migration policy 227

Telegus A.V., Butchenko V.N.

Taxation of incomes of subjects of a transport infrastructure, derived from the sale of shipping vehicles 233

Chih N.V., Ermakov A.E.

Problems of legal regulation of activity of federal treasury..... 237

Section X

Philosophy. Society. Culture

Ngoma-Lokhuolo J.G., Kosheleva A.E.

Political-philosophical dimension of foreign policy China in Africa 243

Pakhomova E.A., Silchuk O.Y., Fomenkova E.P.

The experience of the organization of aesthetic education in GRU I.P. Kulibina
(the choir)..... 246

Раздел I

**Водные пути, порты
и гидротехнические сооружения**



Section I

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



УДК 656.60.009.02

*Д.Д. Стрельников, преподаватель ФГБОУ ВО «Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова»
353918, г. Новороссийск, пр. Ленина, 93*

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ТЕРМИНАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Ключевые слова: рейтинг логистической цепи, коэффициент прогнозируемой производительности, граф-модель грузового района, процессно-ориентированный подход.

Данная статья рассматривает функционирование грузового терминала с точки зрения процессно-ориентированного подхода. Предложен метод рейтинговой оценки терминальных логистических цепей на основе факторов времени и стоимости выполнения терминальных операций.

Важнейшая задача портов, работающих в современных условиях – это повышение пропускной способности, которое можно выполнить двумя путями: первый – увеличение причального фронта (количества причалов), строительство новых складов, оборудование портовой инфраструктуры более современными грузопередающими устройствами; второй – внедрение передовой прогрессивной технологии управления и эксплуатации портового хозяйства, совместное планирование работы грузового терминала и смежных видов транспорта. Второй путь представляется более предпочтительным на данном этапе так как отличается относительно невысокими затратами и не требует длительного времени реализации.

Данная статья является продолжением работы [1] в рамках создания полноценной рейтинговой системы оценки внутритерминальных логистических цепей и содержит в себе как корректирующие элементы предыдущей работы, так и новые элементы математического аппарата в приложении к Восточному грузовому району ПАО «Новороссийский морской торговый порт».

На сегодняшний день в рамках Диспетчерской службы ПАО «НМТП» отсутствуют системы поддержки принятия решений. Это означает, что планирование грузовых операций, к примеру, на месяц происходит в ручном режиме при участии диспетчера и экспедиторов. Терминал обладает 11 складскими площадками, 4 ж/д путями и 5 функционирующими причалами (рис. 1). Принимая во внимание человеческий фактор, можно задаться вопросом, а все ли возможные варианты, логистические цепи, проанализировал диспетчер грузового района при планировании деятельности? Является ли его выбор оптимальным с точки зрения рассмотрения всех грузовых партий, которые должны быть обработаны в этот срок?

Основными работами, затрагивающими тему эффективности работы грузового терминала морского порта, являются научные публикации [2–7], однако, в указанных трудах не идет речь о системе поддержки принятия решений, действующей в реальном времени, а только об имитационном моделировании и многофакторном анализе протекающих процессов.

В данной статье предложена математическая модель рейтинговой оценки внутритерминальных логистических цепей, на основе которой возможно создание системы поддержки принятия решений для Диспетчерской службы. В качестве основных факторов оптимизации были приняты время и себестоимость работ в рамках грузового терминала. Ниже представлен граф возможных переходов в рамках рассматриваемого грузового района (рис. 2). Восточный грузовой район ориентирован на экспорт навалочных грузов, основными видами грузов являются чугун в чушках, уголь и окатыши.



Рис. 1. Схема Восточного грузового терминала ПАО «НМТП»

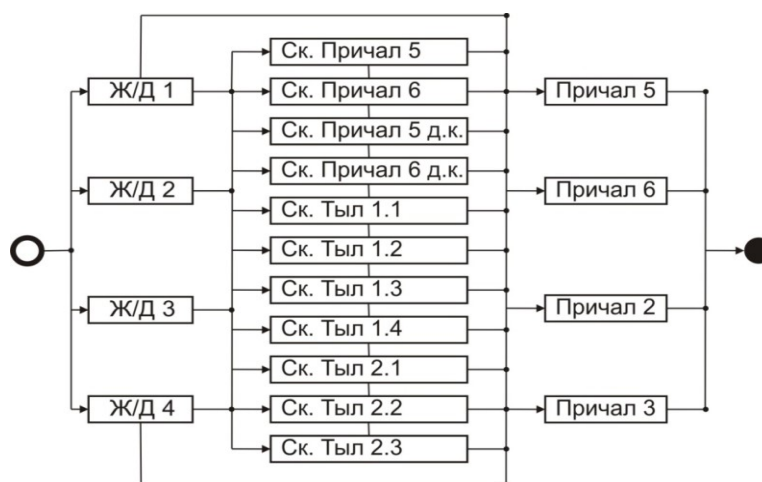


Рис. 2. Граф возможных переходов Восточного грузового района

Данная работа выражает процессно-ориентированный подход к проблеме организации и управления перегрузочными процессами в морском порту. Граф (рисунок 2) предлагается рассматривать с точки зрения идеологии Workflow [8]. Рассматривая экспортный грузопоток, можно создать следующий алгоритм действий для выбора оптимальной логистической цепи для каждой грузовой партии:

1. Определить доступные складские площадки и свободные ж/д пути;
2. Построить множество всех доступных логистических цепей для грузовой партии;

3. С помощью рейтинговой оценки выбрать оптимальную логистическую цепь.

Не стоит забывать, что одновременно может обслуживаться несколько грузовых партий, следовательно, следует распределять ресурсы (докеров-механизаторов, вспомогательную технику и краны) в зависимости от приоритета погрузки.

Определение доступных складских площадок происходит, как это указано в [1] в соответствии с формулой 1:

$$Z = W - UF, \quad (1)$$

где Z – запас вместимости склада;

UF – грузопоток, обрабатываемый складом на данный момент;

W – вместимость склада.

Для складских площадок Восточного грузового района в расчете на 3 основных вида груза действуют следующие значения (таблица 1):

Таблица 1

Складские площадки Восточного грузового района

Складская площадка	W вместимость угля (т)	W вместимость окатыши (т)	W вместимость чугуна в чушках (т)
Ск. Тыл 1.1	39923,43554	24035,89153	179887,2096
Ск. Тыл 1.2	47908,12265	28843,06983	215864,6515
Ск. Тыл 1.3	39923,43554	24035,89153	179887,2096
Ск. Тыл 1.4	31938,74843	19228,71322	143909,7677
Ск. Тыл 2.1	26724,65269	16089,56856	120416,0698
Ск. Тыл 2.2	46768,14222	28156,74498	210728,1222
Ск. Тыл 2.3	60130,46856	36201,52925	270936,1571
Ск. Причал 5	16064,75593	9671,781137	72384,65521
Ск. Причал 5 д.к.	37484,43049	22567,48932	168897,5288
Ск. Причал 6	16064,75593	9671,781137	72384,65521
Ск. Причал 6 д.к.	37484,43049	22567,48932	168897,5288

Каждая логистическая цепь – набор последовательно выполняемых технологических линий, то есть набор стандартных операций с заданными нормативами по производительности и выделению необходимых ресурсов, указанными в технологический картах морского порта.

В основу сравнения процессов между собой положим рейтинговую систему, позволяющую корректировать «важность» того или иного критерия в зависимости от ситуации. Таким образом, рейтинг логистической цепи будет рассчитываться по формуле (2) с учетом выполняемого условия (3):

$$R = RT * K_{\text{знач}T} + RS * K_{\text{знач}S}, \quad (2)$$

$$K_{\text{знач}T} + K_{\text{знач}S} = 1, \quad (3)$$

где R – общий рейтинг цепи;

RT – рейтинг цепи по критерию затраченного времени;

$K_{\text{знач}T}$ – критерий значимости временного фактора для цепи;

RS – рейтинг цепи по критерию стоимости выполнения операций;

$K_{\text{знач}S}$ – критерий значимости фактора доступности для цепи.

Рейтинговые показатели всех возможных цепей рассчитываются относительно лучшего показателя среди полученных. Так и по временному фактору (4), и по факто-

ру стоимости расчет ведется относительно минимального значения времени прохождения цепи (5):

$$RT = \frac{T_{ui}}{T_{u \min}}, \quad (4)$$

$$RS = \frac{S_{ui}}{S_{u \min}}, \quad (5)$$

где T_{ui} – время выполнения i -той цепи;
 $T_{u \min}$ – минимальное время выполнения цепи среди всех рассматриваемых;
 S_{ui} – стоимость выполнения операций i -той цепи;
 $S_{u \min}$ – минимальная стоимость выполнения операций цепи среди всех рассматриваемых.

Цепь, обладающая параметром $T_{ui} = T_{u \min}$ получает $RT=1$, самая экономически выгодная из цепей, обладающая параметром $S_{ui} = S_{u \min}$, $S_{ui} = S_{u \min}$, получает $RS=1$. Остальные цепи имеют значения рейтингов по факторам больше единицы ($RT>1$ и $RS>1$). Определение значений критериев значимости зависит непосредственно от экспертного мнения диспетчера терминала и поставленных перед ним задач.

Производительность технологической линии указана в технологической карте для определенного количества задействованных ресурсов – данную информацию обозначим как нормативные параметры. Однако в некоторых случаях диспетчер может принять решение о выделении большего количества ресурсов при необходимости ускорения работ или меньшего количества ресурсов в силу дефицита ресурсов, выхода техники из строя или других форс-мажорных обстоятельств.

При изменении числа задействованных ресурсов, разумеется, должна измениться и итоговая производительность операции относительно нормативных показателей, заданных в технологической карте. Чтобы охарактеризовать это изменение, введем коэффициент прогнозируемой производительности, который рассчитывается по формуле (6):

$$K_{nn} = MIN\left(\frac{N_{вт}}{N_{нвт}}; \frac{N_{ви}}{N_{нви}}; \frac{N_{вк}}{N_{нвк}}\right), \quad (6)$$

где K_{nn} – коэффициент прогнозируемой производительности;
 MIN – функция, выбирающая минимальное значение среди своих аргументов;
 $N_{вт}$ – количество выделенной вспомогательной техники;
 $N_{ви}$ – количество выделенных докеров-механизаторов;
 $N_{вк}$ – количество выделенных кранов;
 $N_{нвт}$ – нормативное количество выделенной вспомогательной техники;
 $N_{нви}$ – нормативное количество выделенных докеров-механизаторов;
 $N_{нвк}$ – нормативное количество выделенных кранов.

Функция MIN используется в формуле 6, поскольку производительность операции равна минимальной производительности среди всех ее участников. На основании расчетного коэффициента прогнозируемой производительности можно рассчитать прогнозируемое время окончания операции (7).

$$T_{прогноз} = K_{nn} * T_n = K_{nn} * \frac{F}{P} = MIN\left(\frac{N_{вт}}{N_{нвт}}; \frac{N_{ви}}{N_{нви}}; \frac{N_{вк}}{N_{нвк}}\right) * \frac{F}{P}, \quad (7)$$

где $T_{\text{прогноз}}$ – прогнозируемое время окончания операции;
 T_n – плановое время окончания операции, определяемое по производительности и количеству обрабатываемого груза;
 F – размер обрабатываемой партии груза в тоннах;
 P – производительность технологической линии по технологической карте.

Коэффициент прогнозируемой (8) производительности логистической цепи рассчитывается как средневзвешенное значение коэффициентов прогнозируемой производительности для каждого элемента цепи [1]:

$$K_{nni} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i K_{nni}}{\sum_{i=1}^N w_i}, \quad (8)$$

где K_{nni} – коэффициент прогнозируемой производительности логистической цепи;
 w_i – количество значений K_{nni} среди всего множества значений K_{nn} ;
 N – количество различных значений w .

В дальнейших расчетах во внимание будет приниматься время прохождения логистической цепи, которое определяется как алгебраическая сумма всех временных отрезков, потраченных на последовательно выполняемые операции (9)

$$T_u = \sum_{j=1}^m \text{MIN} \left(\frac{N_{anj}}{N_{inj}}, \frac{N_{auj}}{N_{iuj}}, \frac{N_{ajj}}{N_{ijj}} \right) * \frac{F}{P_j}, \quad (9)$$

где m – фактическое число операций в логистической цепи;
 j – порядковый номер операции.

Помимо скорости выполнения перегрузочных работ важно отметить и экономическую сторону вопроса. Автором предложено использовать в качестве критерия оценки логистической цепи стоимость выполнения всех операций. Соответственно разбиению на виды ресурсов будем учитывать затраты на исполнителей (докеров-механизаторов), вспомогательную технику и краны. Стоимость выполнения логистической цепи определяется как сумма затрат на все виды ресурсов по всем операциям (10).

$$S_u = \sum_{j=1}^m S_j, \quad (10)$$

где S_u – стоимость выполнения логистической цепи;
 S_j – стоимость выполнения операции, входящей в рассматриваемую цепь.

Стоимость каждой операции складывается из трех составляющих, характеризующих затраты на рассматриваемые виды ресурсов (11). Возможно сделать более детализированную модель по затратам, однако для нужд данного исследования принятой точности вполне достаточно.

$$S_j = S_u + S_m + S_k \quad (11)$$

где S_u – затраты на исполнителей операции;
 S_m – себестоимость использования вспомогательной техники;
 S_k – себестоимость использования крана.

Затраты по ресурсам учитывают количество задействованных единиц, почасовую ставку оплаты и количество рабочих часов, что отражено в формуле 12:

$$S_j = T_{\text{прогноз}} * (c_u * N_u + c_m * N_m + c_k * N_k) \quad (12)$$

где c_u – почасовая оплата на одного докера-механизатора;

c_m – себестоимость использования единицы вспомогательной техники в час;

c_k – себестоимость использования единицы крана в час;

N_u – число фактически задействованных докеров-механизаторов;

N_m – число фактически задействованной вспомогательной техники;

N_k – число фактически задействованных кранов.

На основе рассматриваемых коэффициентов, а также показателей себестоимости выполнения операций логистической цепи, предложен алгоритм выбора оптимальной логистической цепи по присвоенной рейтинговой оценке, которая формируется по временному фактору и экономическому фактору логистической цепи.

Список литературы:

- [1] Стрельников Д.Д., Рейтинговая оценка логистических внутрипортовых цепей и коэффициент производительности портовых логистических операций // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология, № 3, Астрахань, 2016. – С. 98–106.
- [2] Зюзин В.Л., Коршунов Д.А. Прогнозирование параметров работы транспортного комплекса в условиях неопределенности и факторный анализ их выполнения / Вестник СамГУПС № 2, 2012 г. с. 23–31.
- [3] Семенов К.М. Методика систематизации процессов в дискретно-событийной имитационной модели морского порта / Вестник АГТУ, серия: Морская техника и технология, №2 2013, с. 184–192.
- [4] Проталинский О.М. Теоретико-множественная модель процессов грузового порта / О.М. Проталинский, А.А. Ханова, И.О. Григорьева // Вестник АГТУ. Сер. управление, вычисл. техн. информ. – 2009 – №2 -С. 83–89.
- [5] Ханова А.А. Анализ логистических процессов грузовых портов на основе технологии имитационного моделирования: монография / А.А. Ханова, И.О. Григорьева (Бондарева). – Астрахань: Издательство «ЦНТЭП», 2008. – 200 с.
- [6] Титов А.В. Порт в транспортной логистике / А.В. Титов, Е.В. Синельщиков, Д.А. Толстых, Н.А. Леонтьева / под ред. А.Л. Степанова. – СПб.: Лион, 2008. – 228 с.
- [7] Чан, Т.Х., Информационная система управления перегрузочными процессами морского порта / Чан Т.Х., Шуршев В.Ф. // Вестник АГТУ. Сер. Морская техника и технология. – 2009. – № 2. – С. 57–60.
- [8] Van der Aalst, Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement // Springer Verlag, 2011.

THE RATING OF TERMINAL LOGISTICS CHAINS

D.D. Strelnikov

Key words: rating the logistics chain, the ratio of the predicted performance of the graph-model of a cargo area, the process-oriented approach.

This article considers the functioning of the cargo terminal in terms of a process-oriented approach. The proposed method of rating terminal logistics chains based on the factors of time and cost of execution of the terminal operations.

Статья поступила в редакцию 27.04.2017 г.

Раздел II

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



Section II

Informatics, management systems, telecommunications and radiolocation

УДК 519.854.2

Д.И. Коган, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «МТУ»

107996, ЦФО, г. Москва, ул. Стромынка, 20

Ю.С. Федосенко, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

Д.А. Хандурин, аспирант ФГБОУ ВО «МТУ»

107996, ЦФО, г. Москва, ул. Стромынка, 20

ПОСТАНОВКИ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ В ПРИЛОЖЕНИИ К ПРОБЛЕМАМ ДОФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ¹

Ключевые слова: задача о назначениях, аддитивный критерий, минимаксный критерий, максиминный критерий, запрещенные элементы, неполные назначения.

Рассматриваются диктуемые логистическими приложениями модификации задачи о назначениях, в том числе задача о назначениях с запрещенными элементами и задача, где допустимы неполные назначения. Описываются способы их решения.

Введение. Статья посвящена модифицированным постановкам и способам решения задач, порожденных математическими моделями доформирования следующих через сортировочный узел составов транспортных средств (далее-составов) путем присоединения к ним находящихся в этом узле и ожидающих отправления отдельных несамоходных транспортных средств. Таковыми являются: вагоны, баржи и лихтеры (в случаях железнодорожного и внутреннего водного транспорта), а также прицепные транспортные единицы (для автопоездов). Далее в статье несамоходные транспортные средства будем именовать секциями.

Рассматриваемые в работе оптимизационные постановки выполнены в рамках дискретного формализма. При этом необходимость адекватного учета в математических моделях доформирования составов той или иной прикладной специфики или эксплуатационной ситуации обусловила необходимость конструирования различных модификаций классической задачи о назначениях (КЗН)² с последующим их математическим исследованием, включая разработку решающих алгоритмов. Именно по такой схеме изложен материал данной статьи, включающей в себя три раздела.

В следующем за введением, первом разделе излагаются простейшие, базовые постановки, именуемые в статье стандартными задачами о назначениях; их интерпретации даются применительно к рассматриваемой проблеме доформирования составов.

Во втором разделе вводятся модификации стандартных задач о назначениях и конструируются соответствующие им решающие алгоритмы.

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №15-07-03141. В сокращенной версии полученные результаты докладывалась на международной научно-технической конференции «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» (Москва, 4–6 апреля 2016 г. Московский технологический университет. Физико-технологический институт) и в тезисном варианте опубликованы в сборнике материалов МНТК ИВТ–2016.

² Название «задача о назначениях» появилось в научном обороте в 1952 г., начиная с работы [1] Д.Ф. Вотава и А. Орден. К этому же периоду относится и начало разработки методов решения различных вариаций этой задачи. Так, в 1955 г. Г.В. Куном была опубликована статья [2] с описанием способа решения КЗН, которому автор дал имя «венгерский метод». Этот метод и метод потенциалов [3] являются в настоящее время основными регулярными способами решения КЗН. Указанными методами эта задача решается в полиномиально зависящем от объема входной информации времени [4, 5].

Третий раздел статьи – заключение по работе.

1. Стандартные задачи о назначениях

Каждая задача о назначениях предполагает наличие множества исполнителей $I = \{1, 2, \dots, n\}$, множества работ $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ и $(n \times n)$ -мерной матрицы A целочисленных неотрицательных оценок a_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ доходов (производительностей, времен и т.п.). Соответственно a_{ij} – доход исполнителя i , получаемый в результате выполнения работы r_j (производительность исполнителя i при выполнении им работы r_j , время, затрачиваемое исполнителем i на выполнение работы r_j и т.п.). Требуется назначить исполнителей на работы наиболее выгодным образом.

Назначениями называем распределения исполнителей по работам, при котором каждый исполнитель получает ровно одну работу и каждой работе предписывается ровно один исполнитель.

Каждое назначение определяется как взаимно однозначное отображение π множества исполнителей в множество работ, т.е. множества $\{1, 2, \dots, n\}$ в себя. Назначение π исполнителю i предписывает работу $r_{\pi(i)}$, $i = \overline{1, n}$. Множество всех назначений обозначим H .

Наряду с классической задачей о назначениях

$$\max_{\pi} \sum_{i=1}^n a_{i\pi(i)}, \quad (1)$$

выделяются следующие стандартные модели взаимно однозначного закрепления исполнителей за работами [6–10]:

– задача о назначениях с минимизируемым критерием

$$\min_{\pi} \sum_{i=1}^n a_{i\pi(i)}, \quad (2)$$

– минимаксная задача о назначениях

$$\min_{\pi} \max_i \sum_{i=1}^n a_{i\pi(i)}, \quad (3)$$

– максиминная задача о назначениях

$$\max_{\pi} \min_i \sum_{i=1}^n a_{i\pi(i)}. \quad (4)$$

КЗН (1) именуем простейшей задачей о назначениях (ПЗН), если матрица численных оценок в этой задаче является булевозначной, т.е. состоит из нулей и единиц. Такую матрицу обозначаем $E = \{e_{ij}\}$ и считаем, что в ПЗН исполнитель i способен выполнять работу r_j в том и только том случае, если $e_{ij} = 1$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$.

Решая ПЗН, т.е. максимизируя величину $\sum_{i=1}^n e_{i\pi(i)}$, находим назначение, распределяющее максимальное число исполнителей по работам, которые они действительно могут выполнять.

Назначение π называем *абсолютным* решением ПЗН, если $(\forall i)[e_{i\pi(i)} = 1]$. При реализации абсолютного решения каждый исполнитель получает работу, которую он способен выполнять.

Пусть W – произвольное подмножество исполнителей. Через $R(W)$ обозначим совокупность работ, для каждой из которых в подмножестве W найдется способный ее выполнить исполнитель.

Очевидно, что неравенство

$$\forall W \{|W| \leq |R(W)|\}, \quad (5)$$

в котором через $|W|$ обозначено число элементов в W , представляет собой необходимое условие существования абсолютного решения ПЗН.

В [3] показано, что для существования абсолютного решения ПЗН выполнение неравенства (5) не только необходимо, но и достаточно.

Одним из оснований специального выделения ПЗН является следующее: алгоритм её решения играет ключевую роль при разработке решающих алгоритмов для задачи о назначениях типов (1)–(4). Способы решения (1)–(4) методом потенциалов и венгерским методом изложены, например, в работах [3, 11–15]. Мы будем апеллировать к первому из них.

Отметим, что условие равенства числа исполнителей и числа работ в задаче о назначениях существенным не является; оно легко обходится добавлением фиктивных объектов (исполнителей, работ). Так, например, если в КЗН имеется m исполнителей и n работ, $n > m$, то переход к стандартным моделям осуществляется добавлением $n - m$ фиктивных исполнителей; при этом соответствующие фиктивным исполнителям элементы матрицы численных оценок полагаются равными нулю.

Рассмотрим ситуацию, когда через сортировочный узел U в течение ближайшего отрезка времени должны проследовать составы $1, 2, \dots, n$; в пределах узла U имеется множество $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ подлежащих отправке секций.

При условии, что за каждым составом можно закрепить не более одной секции, ниже рассмотрим три задачи, предварительно обозначив через $S = \{s_{ij}\}$ ($n \times n$)-мерную матрицу, каждый элемент которой суть расстояние от ближайшего к пункту назначения секции r_j сортировочного узла, входящего в маршрут следования состава i , $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$.

Задача 1. Полагается, что секция r_j может быть закреплена за составом i , если маршрут данного состава проходит через пункт назначения секции r_j . Требуется найти вариант закрепления, при котором число отправленных секций максимально.

Для решения задачи 1 введем в рассмотрение ($n \times n$)-мерную матрицу $E = \{e_{ij}\}$, в которой $e_{ij} = 1$ при $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$ тогда и только тогда, когда $s_{ij} = 0$; в противном случае $e_{ij} = 0$.

Построив оптимальное в ПЗН, определяемой матрицей E назначение π^* , находим максимальную по числу отправляемых секций схему закрепления: секция $r_{\pi^*(i)}$ закрепляется за составом i в том и только в том случае, если $e_{i\pi^*(i)} = 1$. В ситуации $e_{i\pi^*(i)} = 0$, $i = 1, 2, \dots, n$ никакая из секций множества R за составом i не закрепляется.

Задача 2. За проследующими через сортировочный узел U составами $1, 2, \dots, n$ требуется закрепить все секции совокупности R таким образом, чтобы суммарная длина расстояний от пунктов их открепления до пунктов назначения оказалась минимально возможной.

Очевидно, что решив задачу о назначениях с критерием (2) вида $\min_{\pi} \sum_{i \in \pi} s_{i\pi(i)}$, построим взаимно однозначное закрепление секций за составами, при котором сумма расстояний от пунктов открепления секций до пунктов их назначения оказывается минимальной.

Задача 3. За составами $1, 2, \dots, n$ следует закрепить все секции совокупности R таким образом, чтобы максимальное из расстояний от пункта открепления каждой секции до пункта его назначения оказалась минимально возможным.

Решив минимаксную задачу о назначениях с критерием (3) вида $\min_{\pi} \max_i \sum_{j=1}^n s_{i\pi(j)}$, определим взаимно однозначное закрепление секций за составами, при котором максимальное из расстояний от пункта отсоединения каждой секции до пункта её назначения оказывается минимально возможным.

2. Модификации стандартных задач о назначениях

Применительно к теме доформирования составов рассмотрим ситуацию, характеризующуюся следующими двумя обстоятельствами:

- а) из общего числа m следующих транзитом через сортировочный узел U составов можно остановить для закрепления за ними секций не более k составов ($k < m$);
- б) число ожидающих отправки отдельных секций равно n ($n > m > k$).

Известна $(m \times n)$ -мерная матрица численных оценок $A = \{a_{ij}\}$, каждый элемент которой характеризует закрепление секции R_j за составом i .

Задача 4. Требуется максимизировать суммарную оценку закрепления k из имеющихся секций за k составами, допускающими остановку в сортировочном узле U .

Как отмечалось выше, общее число транзитных составов можно считать равным числу ожидающих отправки транспортных секций. Такое равенство обеспечивается введением фиктивных составов с номерами $m + 1, m + 2, \dots, n$; все соответствующие фиктивным составам элементы матрицы A считаем равными нулю. Для решения задачи 4 обобщим концепцию назначения следующим образом.

Неполное назначение – это распределение некоторого подмножества M исполнителей $M \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ по работам, в котором каждый исполнитель из M получает ровно одну работу и каждой работе предписывается не более одного исполнителя из множества M . Неполное назначение назовем k -назначением, если число элементов в множестве M равно k .

Определяемая $(n \times n)$ -матрицей A и константой k ($n > k$) задача КЗН $_k$ заключается в выделении k -элементного подмножества M исполнителей и распределении его членов по работам, в котором каждый исполнитель из M получает ровно одну работу и каждой работе предписывается не более одного исполнителя из множества M . При этом суммарная оценка выполненного закрепления должна быть максимально возможной. Формально КЗН $_k$ записывается в виде

$$\max_{M[k], \pi \in \{M[k]\}} \sum_{i \in M[k]} a_{i\pi(i)}, \quad (6)$$

где $M[k]$ – произвольное k -элементное подмножество совокупности $\{1, 2, \dots, n\}$, а $\{M[k]\}$ – множество всех взаимно однозначных отображений совокупности $M[k]$ в k -элементные подмножества из $\{1, 2, \dots, n\}$.

Для решения (6) можно рекомендовать любой из двух описываемых ниже алгоритмов.

Первый алгоритм состоит в сведении задачи (6) к обычной КЗН. По матрице A добавлением ниже определяемых векторов-столбцов $a^{n+1}, a^{n+2}, \dots, a^{n+(n-k)}$ и векторов-строк $b^{n+1}, b^{n+2}, \dots, b^{n+(n-k)}$ строим матрицу A^+ .

Все векторы $a^{n+1}, a^{n+2}, \dots, a^{n+(n-k)}$ равны между собой, у каждого из них первые n координат одинаковы и равны C , где C – достаточно большая константа (положим ее значение на единицу превосходящее сумму максимальных по строкам элементов матрицы A); остальные координаты векторов $a^{n+1}, a^{n+2}, \dots, a^{n+(n-k)}$ равны нулю.

Все векторы $b^{n+1}, b^{n+2}, \dots, b^{n+(n-k)}$ являются 0-векторами. Матрица A^+ определяет обычную КЗН.

Оптимальное значение ее критерия равно $(n - k)C + B$. Первое слагаемое этой суммы обеспечивается $(n - k)$ исполнителями множества $\{1, 2, \dots, n\}$, которые в оптимальном решении исходной КЗН_k работы не получают. Второе слагаемое обеспечивается остальными исполнителями совокупности $\{1, 2, \dots, n\}$; именно они образуют оптимальное по составу множество $M[k]$ в исходной КЗН_k, члены $M[k]$ закрепляются за работами из множества $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ согласно полученному оптимальному решению КЗН, определяемой матрицей A^+ .

Второй алгоритм заключается в сведении КЗН_k к проблеме отыскания максимального потока минимальной стоимости в следующем образом построенной сети [16, 17].

Пусть сеть Ω имеет источник S , специальную вершину S^* , два ряда промежуточных вершин и сток S' .

Вершинами первого ряда промежуточных вершин являются $I_1, I_2, \dots, I_n$, они отвечают исполнителям $1, 2, \dots, n$ соответственно.

Вершинами второго ряда являются $R_1, R_2, \dots, R_n$, отвечающие работам $r_1, r_2, \dots, r_n$ соответственно.

Имеются: дуга (S, S^*) ; n дуг (S^*, I_α) , $\alpha = 1, 2, \dots, n$; n^2 дуг (I_α, R_β) , $\alpha = 1, 2, \dots, n$, $\beta = 1, 2, \dots, n$; n дуг (R_β, S') , $\beta = 1, 2, \dots, n$. Пропускная способность дуги (S, S^*) полагается равной k . Пропускная способность каждой из остальных дуг равна единице.

Стоимость транзита единицы продукта по каждой дуге (I_α, R_β) полагается равной $d - a_{\alpha\beta}$, где d – наибольший из числовых элементов матрицы A ; стоимость транзита единицы потока по каждой из остальных дуг считается нулевой.

Для описанной сети строим максимальный целочисленный поток Π минимальной стоимости; соответствующий алгоритм построения описан в [16, 17].

Если мощность этого потока меньше k , рассматриваемая частная задача решений не имеет. Если же мощность потока Π равна k (большей эта мощность быть не может), то поток трактуется как закрепление k исполнителей за возможными для них работами.

Через Π_{ij} обозначим начинающийся в вершине S подпоток этого потока, далее последовательно проходящий вершины S^*, I_i, R_j, S' . Мощность выделенного подпотока равна 1, он определяет закрепление за исполнителем i работы r_j ; стоимость прохождения рассматриваемого подпотока равна $d - a_{ij}$.

Поток Π представляет собой сумму k подпотоков вышеописанного вида. При этом через каждую вершину первого ряда и через каждую вершину второго ряда проходит не более одного подпотока.

Поток Π однозначно определяется $(n \times n)$ -матрицей $X = \{x_{ij}\}$, где $x_{ij} = 1$, если по дуге (I_i, R_j) идет ненулевой, т.е. мощности 1 подпоток; в противном случае $x_{ij} = 0$. Суммарная стоимость описанного поток определяется разностью

$$kd - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}. \quad (7)$$

Минимизируя (7), мы фактически решаем сформулированную выше КЗН_k.

Задача 5. Полагается, что секция r_j может быть присоединена к составу i , если его маршрут проходит через пункт назначения секции r_j .

Требуется найти способ закрепления секций за составами, при котором число отправленных секций максимально. При этом дополнительно устанавливается, что не менее k секций специально выделенного подмножества M , $M \subseteq \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ должны быть отправлены.

Для решения задачи 5 строим сеть Ω^* , которая от сети Ω отличается стоимостями c_{ij} транзита единицы продукта по дугам вида (I_i, R_j) : $c_{ij} = 0$, если $s_{ij} = 0$ и r_j принадле-

жит множеству M ; $c_{ij} = 1$, если $s_{ij} = 0$, но r_j не принадлежит множеству M ; в остальных случаях $c_{ij} = 2$.

Далее в сети Ω^* последовательными этапами строим идущие из истока в сток по ненасыщенным дугам имеющие единичную мощность подпотоки, вообще говоря, возрастающей стоимости.

Если получаемый после выполнения k этапов поток (его мощность равна k) имеет ненулевую суммарную стоимость, рассматриваемая задача решений не имеет. В противном случае последовательное выполнение этапов продолжается вплоть до ситуации:

- а) окажется построенным максимальный, мощности n поток в сети;
- б) выполнение следующего этапа увеличило бы стоимость потока на две единицы.

Построенный в итоге поток в сети аналогично решению предыдущей задачи определяет назначение, устанавливающее оптимальное закрепление секций за составами: полное, если реализация этапов прекращается в ситуации «а» и неполное в противном случае.

Другим обобщением КЗН является задача о назначениях с запрещенными элементами (КЗН_{зз}). В КЗН_{зз} ее определяющая матрица A , содержит нечисловые элементы z — символы запрета: если $a_{ij} = z$, то исполнитель i на работу r_j назначен быть не может. Назначение π именуем полным допустимым в КЗН_{зз}, если $a_{i\pi(i)}$ отлично от z для всех $i = \overline{1, n}$.

Разумеется, не всякая КЗН_{зз} имеет допустимые полные решения; наличие допустимых полных назначений определяется путем рассмотрения соответствующим образом построенной ПЗН.

В случае, когда в рассматриваемой КЗН_{зз} множество допустимых полных назначений непусто, возникает вопрос отыскания на этом множестве оптимального по рассматриваемому критерию решения. Алгоритм построения оптимального допустимого полного решения КЗН_{зз} изложен в [9].

Неполное допустимое назначение в КЗН_{зз} — это распределение некоторого подмножества M , $M \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ исполнителей по работам, в котором каждый исполнитель из M получает ровно одну незапрещенную для него работу и каждой работе предписывается не более одного исполнителя из множества M .

Неполное назначение именуем k -назначением, если число элементов в множестве M равно k .

Покажем, что если отказаться от требования полноты конструируемого допустимого назначения, то при рассмотрении КЗН_{зз} возможно значительное увеличение значения критерия. В качестве примера рассмотрим КЗН_{зз}, определяемую матрицей A вида

$$\begin{pmatrix} z & z & z & z & z & 1 \\ z & z & z & z & 1 & z \\ z & z & z & 1 & z & z \\ z & z & 1 & z & z & z \\ z & 1 & z & z & z & z \\ 1 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что единственным полным допустимым в данной задаче решением является следующее:

$$\pi(1) = 6, \pi(2) = 5, \pi(3) = 4, \pi(4) = 3, \pi(5) = 2, \pi(6) = 1.$$

Критерий на данном назначении принимает значение равное 6. В то же время неполное назначение $\pi(1) = 6, \pi(2) = 5, \pi(3) = 4, \pi(4) = 3, \pi(6) = 2$ оставляет исполнителя 5 без работы и обеспечивает значение критерия, равное 104.

Теорема. Если в КЗН_{зз}, имеющей полные допустимые решения, считаются возможными и неполные допустимые, то при оптимальном значении критерия без работы останутся не более половины исполнителей.

Для доказательства предположим, что при оптимальном значении критерия назначения получили m исполнителей, где $m < n/2$. Перенумеруем исполнителей таким образом, чтобы получившие назначения исполнители имели номера 1, 2, ..., m . Тогда k исполнителей ($k = n - m$), не назначенные на работу будут иметь номера $m + 1, m + 2, \dots, n$.

Так как существует такое назначение, при котором каждый получает работу, то k работ, на которые могут быть назначены исполнители $m + 1, m + 2, \dots, n$ распределены между исполнителями 1, 2, ..., m .

Учитывая неравенство $k > n$, получаем, что найдутся $(n - 2m)$ исполнителя из множества $m + 1, m + 2, \dots, n$, которые могут получить назначения. Тогда получаем, что количество p получивших работы исполнителей при оптимальном значении критерия определяется как $p = n - 2m + m = n - m$.

Поскольку $m < n/2$, то $n - p < n/2$ и, следовательно, $p > n/2$.

Покажем, что приведенная в формулировке теоремы оценка является достижимой. Пусть КЗН_{зз} определяется матрицей A^* вида

$$\begin{pmatrix} 5 & 20 & z & z & z & z \\ z & 3 & z & z & z & z \\ z & z & 5 & 20 & z & z \\ z & z & z & 6 & z & z \\ z & z & z & z & 1 & 20 \\ z & z & z & z & z & 4 \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что единственным полным допустимым в данном примере является назначение

$$\pi(1) = 1, \pi(2) = 2, \pi(3) = 3, \pi(4) = 4, \pi(5) = 5, \pi(6) = 6.$$

Критерий на данном назначении принимает значение, равное 24. В то же время неполное назначение $\pi^*(1) = 2, \pi^*(3) = 4, \pi^*(5) = 6$, т.е. охватывающее только исполнителей 1, 3 и 5, обеспечивает оптимальное значение критерия, равное 60.

Процедура построения неполного оптимального решения КЗН_{зз}, определяемой матрицей с запрещенными элементами, включает в себя выполнение следующей последовательности шагов.

Шаг 1. Строится матрица $A^* = \{a_{ij}^*\}$, где $a_{ij}^* = 0$, если $a_{ij} = z$, иначе $a_{ij}^* = a_{ij}$.

Шаг 2. Отыскивается обозначаемое через π^* оптимальное назначение в КЗН_{зз} с матрицей A^* .

Шаг 3. Определяется оптимальное неполное назначение в исходной задаче по следующему правилу: исполнитель α получает работу $r_{\pi^*(\alpha)}$, если $a_{\alpha\pi^*(\alpha)} \neq z$; в противном случае исполнитель α остается без работы.

Рассмотрим определяемую $(n \times n)$ -матрицей $A = \{a_{ij}\}$ бикритериальную задачу с запрещенными элементами, в которой первый критерий определяет суммарную производительность исполнителей, а второй – общее число назначенных на работы исполнителей. Первый критерий считаем максимизируемым, для второго возможны оба варианта.

Поставим частную задачу ЧЗ_k: какова максимальная суммарная производительность исполнителей, если по работам, которые они могут выполнять, распределяются k исполнителей, $k \leq n$. Покажем, что ЧЗ_k сводится к задаче построения максимального целочисленного потока минимальной стоимости в соответствующим образом построенной сети [16, 17].

Сеть имеет источник S , специальную вершину S^* , два ряда промежуточных вершин и сток S' . Вершинами первого ряда промежуточных вершин являются $I_1, I_2, \dots, I_n$, они отвечают соответственно исполнителям $1, 2, \dots, n$. Вершинами второго ряда являются $R_1, R_2, \dots, R_n$, отвечающие работам $r_1, r_2, \dots, r_n$ соответственно.

Имеются: дуга (S, S^*) ; n дуг (S^*, I_α) , $\alpha = 1, 2, \dots, n$; дуга (I_α, R_β) считается проведенной, если $a_{\alpha\beta}$ отлично от z , $\alpha = 1, 2, \dots, n$, $\beta = 1, 2, \dots, n$; n дуг (R_β, S') , $\beta = 1, 2, \dots, n$.

Пропускная способность дуги (S, S^*) полагается равной k . Пропускная способность каждой из остальных дуг равна единице.

Стоимость транзита единицы продукта по каждой дуге (I_α, R_β) полагается равной $d - a_{\alpha\beta}$, где d – наибольший из числовых элементов матрицы A . Для данной сети строим максимальный целочисленный поток Π минимальной стоимости (алгоритм его отыскания описан в [16, 17]). Если мощность этого потока меньше k , рассматриваемая частная задача решений не имеет. Если мощность потока Π равна k (большей пропускная способность быть не может), то поток трактуется как закрепление k исполнителей за возможными для них работами. Через Π_{ij} обозначим начинающийся в вершине S подпоток потока Π , далее последовательно проходящий вершины S^*, I_i, R_j, S' . Мощность выделенного подпотока равна единице, он определяет закрепление за исполнителем i работы r_j ; стоимость прохождения рассматриваемого подпотока равна $d - a_{ij}$.

Поток Π представляет собой сумму k подпотоков описанного вида. При этом через каждую вершину первого ряда и через каждую вершину второго ряда проходит не более одного подпотока. Поток Π однозначно определяется $(n \times n)$ -матрицей $X = \{x_{ij}\}$, где $x_{ij} = 1$, если по дуге (I_i, R_j) идет ненулевой, т.е. единичной мощности подпоток; в противном случае $x_{ij} = 0$. Описанный поток имеет, определяемую соотношением (7) суммарную стоимость, минимизируя которую, мы фактически решаем сформулированную выше ЧЗ_k.

Заключение. При оперативном планировании и управлении транспортными системами с целью более полного учета особенностей эксплуатационных ситуаций в ряде случаев принципиально важным является одновременный учет нескольких критериев. Постановки возникающих в таких случаях многокритериальных модификаций задач о назначениях в приложении к проблемам доформирования составов, а также подходы, концепции, способы и алгоритмы их решения описаны авторами в статье [18].

Список литературы:

- [1] Votaw Jr. D.F., Orden A. The personnel assignment problem. In Symposium on Linear Inequalities and Programming // Scientific Computation of Optimum Programs, Project SCOOP. Washington, D.C. 1952. № 10, pp. 155-163.
- [2] Kuhn H.W. The Hungarian Method for the assignment problem // Naval Research Logistics. Quarterly. 1955. № 2, pp. 83-97.
- [3] Гейл Д. Теория линейных экономических моделей. – М.: ИЛ, 1963. – 418 с.
- [4] Гэри Г., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: ИЛ, 1982. – 416 с.
- [5] Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – М.: Мир, 1985. – 510 с.
- [6] Burkard R. E. and Cela E., «Linear assignment problems and extensions,» In Pardalos, P. and Du, D.-Z. (eds), Handbook of Combinatorial Optimization, Kluwer Academic Publishers, Supplement vol. A. 1999. pp. 75-149.

- [7] Dolores Romeo Morales, H. Edvin Romeijn. The Generalized Assignment Problem and Extensions. Handbook of Combinatorial Optimization. Supplement vol. B. Springer, 2005, pp. 259-312.
- [8] Burkard R.E., Dell'Amico M, Martello S. Assignment Problems. SIAM, Philadelphia (PA), 2009. ISBN 978-0-89871-663-4.
- [9] Коган Д.И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация. –Н. Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2005. –252 с.
- [10] Коган Д.И. Методы оптимизации. Типовые алгоритмы решения задач дискретной оптимизации: учебное пособие. –М.: Изд-во МГУПИ, 2009. –132 с.
- [11] Зайченко Ю.П. Исследование операций. –Киев: Выща школа, 1988. –550 с.
- [12] Таха Х. Введение в исследование операций. –М.: изд. дом ВИЛЬЯМС. –908 с.
- [13] Вагнер Г. Основы исследования операций. Том 1. –М.: Мир, 1972. –335 с.
- [14] Корнеев В.П. Методы оптимизации. –М.: Высшая школа, 2007. –664 с.
- [15] Асанов М.О., Баранский В.А., Расин В.В. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы, Москва-Ижевск.: РХД, 2001, –287 с.
- [16] Форд Л., Фалкерсон Д. Поток в сетях. –М.: Мир, 1966. –276 с.
- [17] Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. –М.: Мир, 1974. –519 с.
- [18] Коган Д.И., Федосенко Ю.С., Хандурин Д.А. Концепции и алгоритмы решения многокритериальных модификаций задачи о назначениях // Вестник ВГАВТ (в печати).

PROBLEM DEFINITION AND SOLVING ALGORITHMS FOR ASSIGNMENT PROBLEM APPLIED TO TASK OF VEHICLE TRAINS ASSEMBLING

D.I. Kogan, Yu.S. Fedosenko, D.A. Handurin

Keywords: assignment problem, additive criterion, minimax criterion, maximin criterion, forbidden elements, incomplete assignment.

The modifications of the assignment problem defined by the logistical applications are considered, including the assignment problem with forbidden elements and the task where incomplete assignments are allowed. Methods for solving them are described.

Статья поступила в редакцию 16.06.2017 г.

УДК 629.7.058.47

В.В. Лосев, инженер ПАО «АНПП «Темп-Авиа»

А.В. Корнилов, к.т.н., инженер ПАО «АНПП «Темп-Авиа»

607220, г. Арзамас, ул. Кирова, 26

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ИНЕРЦИАЛЬНОГО БЛОКА И СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНЫХ ПРИБОРОВ

Ключевые слова: интегрированная система резервных приборов, комплексная обработка информации, фильтр Калмана

Работа посвящена комплексной обработке информации в интегрированной системе резервных приборов, за счет которой достигается повышение точности определения параметров ориентации. Приводится описание предлагаемого алгоритма и результаты моделирования, подтверждающие его эффективность.

В настоящее время все большее развитие получают интегрированные системы резервных приборов (ИСРП) – автономные системы, устанавливаемые на приборной панели летательных аппаратов (ЛА), измеряющие и индицирующие на встроенном жидкокристаллическом дисплее основную пилотажную информацию: пилотажные углы и высотно-скоростные параметры. ИСРП широко применяются на отечественных и зарубежных ЛА [1, 2, 3].

В составе таких систем обычно выделяют систему ориентации (СО) и систему воздушных сигналов (СВС). СО предназначена для определения углов крена, тангажа и гиромагнитного курса и имеет в своем составе три датчика угловых скоростей (ДУС), три акселерометра и трехкомпонентный магнитометр. В состав СВС входят датчики статического и динамического давления, а также датчик температуры торможения, что позволяет определять приборную и истинную скорость, относительную и абсолютную высоту, вертикальную скорость.

К ИСРП предъявляются жесткие требования по массе и габаритным характеристикам, что вынуждает применять в их составе малогабаритные ДУС с дрейфом до $30^\circ/\text{ч}$.

Для коррекции собственного дрейфа ДУС в ИСРП, разрабатываемых ПАО «АНПП «Темп-Авиа» [4], реализована система автономной коррекции с релейным регулятором, которая по измеренному акселерометрами кажущемуся ускорению ЛА осуществляет управление рассчитываемыми параметрами ориентации по релейному закону таким образом, чтобы привести их к положению кажущейся вертикали.

Обычно динамические составляющие ускорения ЛА в целом на траектории значительно меньше ускорения силы тяжести, и отклонение кажущейся вертикали от истинной незначительное. Однако, при отклонении кажущейся вертикали на величину, превышающую допустимый предел, коррекция отключается до момента прихода кажущейся вертикали в допуск. Такой подход достаточно прост и эффективен, хотя он имеет ряд недостатков. Например, при длительном маневрировании коррекция будет отключена на длительное время.

Поэтому для решения задачи повышения точности измерения параметров ориентации ИСРП предлагается реализовать метод комплексной обработки информации от СО и СВС на основе калмановской фильтрации, что и является целью настоящей работы.

Основной идеей предлагаемого метода является сравнение инерциальной и воздушной скоростей, определения их разности и коррекция СО по разработанному алгоритму с учетом этой разницы. Особенность предлагаемого метода заключается в том, что СВС, входящая в состав ИСРП, определяет лишь продольную компоненту скорости ЛА в скоростной системе координат, однако в действительности этих компонент всегда три, и скоростная система координат отклонена от связанной с ЛА на углы атаки и скольжения. СВС не определяет данные углы, в результате чего будет вноситься дополнительная погрешность в измерения СО, величина которой будет оценена ниже. Структурная схема предлагаемого алгоритма представлена на рисунке 1.

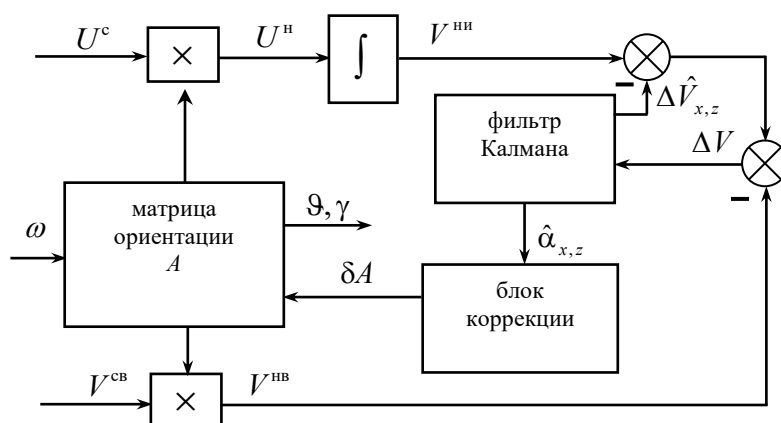


Рис. 1. Структурная схема предлагаемого алгоритма,
 $A, \delta A$ – матрица ориентации и корректирующая матрица соответственно,
 ω – угловые скорости, ϑ, γ – углы тангажа и крена, U^c, U^n – ускорения
 в связанных и навигационных координатах соответственно,
 $V^ин, V^нав$ – инерциальная и воздушная скорости в навигационных
 координатах соответственно, $V^св$ – истинная воздушная скорости
 в связанных координатах, $\Delta V, \Delta \hat{V}$ – разница скоростей и оценка ошибок
 скоростей соответственно, $\hat{\alpha}_x, \hat{\alpha}_z$ – оценка ошибок углов ориентации

Составим уравнения комплексной обработки информации СО и СВС. Обработку информации будем проводить в навигационной системе координат, в качестве которой принят географически ориентированный трехгранник.

Истинную матрицу перехода из связанной в навигационную систему координат обозначим A , а её расчетную величину A_p , тогда:

$$A = \Delta A \cdot A_p,$$

где: ΔA – матрица ошибок параметров ориентации с компонентами $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$.

Считая последние малыми величинами, можем записать:

$$\Delta A = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_z & -\alpha_y \\ -\alpha_z & 1 & \alpha_x \\ \alpha_y & -\alpha_x & 1 \end{bmatrix}.$$

Измерение ускорения производится в связанной системе координат, а интегрирование уравнений инерциальной навигации в расчетной, отличающейся от навигационной на углы ошибок $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$:

$$\vec{U}^p = A_p \cdot \vec{U}^c = \Delta A' \cdot A \cdot \vec{U}^c,$$

где: $\vec{U}^p$ – вектор ускорения в расчетной системе координат;

$\vec{U}^c$ – вектор ускорения в связанной системе координат.

Акселерометры измеряют сумму динамического ускорения и ускорения силы тяжести, которое в навигационной системе координат известно и дает компоненты $[0 \ g \ 0]^T$, соответственно:

$$\vec{g} = A \cdot [0 \quad g \quad 0]^T,$$

где: $\vec{g}$ – вектор ускорения свободного падения в навигационной системе координат;
 g – ускорение свободного падения.

Проекция ускорения силы тяжести на оси расчетной системы координат:

$$\vec{g}' = A_p \cdot A \cdot \vec{g} = \Delta A \cdot \vec{g}.$$

С учетом этого можем записать:

$$\vec{U}^p = A_p \cdot \vec{U}^c + \Delta A' \cdot \vec{g}. \quad (1)$$

Интегрируя (1), получим:

$$\begin{aligned} V_{xi+1}^{\text{ни}} &= V_{xi}^{\text{ни}} + a_{11i+1} \cdot U_{xi+1}^p \cdot \tau + a_{12i+1} \cdot U_{yi+1}^p \cdot \tau + a_{13i+1} \cdot U_{zi+1}^p \cdot \tau + \alpha_x \cdot g \cdot \tau \\ V_{yi+1}^{\text{ни}} &= V_{yi}^{\text{ни}} + a_{21i+1} \cdot U_{xi+1}^p \cdot \tau + a_{22i+1} \cdot U_{yi+1}^p \cdot \tau + a_{23i+1} \cdot U_{zi+1}^p \cdot \tau + g \cdot \tau, \\ V_{zi+1}^{\text{ни}} &= V_{zi}^{\text{ни}} + a_{31i+1} \cdot U_{xi+1}^p \cdot \tau + a_{32i+1} \cdot U_{yi+1}^p \cdot \tau + a_{33i+1} \cdot U_{zi+1}^p \cdot \tau + \alpha_z \cdot g \cdot \tau \end{aligned} \quad (2)$$

где: $V_{x,y,z}^{\text{ни}}$ – инерциальные скорости в навигационной системе координат;

a_{mn} – элементы расчетной матрицы перехода из связанной в навигационную систему координат;

τ – период дискретизации.

Выражения (2) характеризуют уравнения для вычисления инерциальных скоростей в дискретной форме. Данные выражения не учитывают относительные и кориолисовы ускорения, которые могут быть учтены так, как это описано, например, в [5].

Видно, что в выражениях (2) присутствуют члены $\alpha_x \cdot g$ и $\alpha_z \cdot g$, которые характеризуют ошибку отклонения от вертикали. Азимутальная ошибка в эти уравнения не входит и, соответственно, является ненаблюдаемой. Поэтому второе уравнение в (2) для $V_y^{\text{ни}}$ полезной информации не несет и, в дальнейшем, рассматриваться не будет.

Определим вектор истинной воздушной скорости в расчетной системе координат из соотношения:

$$\vec{V}^{\text{нв}} = A_p \cdot \vec{V}^{\text{св}},$$

где: $\vec{V}^{\text{св}} = [V^{\text{св}} \quad 0 \quad 0]^T$ – вектор истинной воздушной скорости в координатах связанных с ЛА;

$V^{\text{св}}$ – истинная воздушная скорость, измеренная СВС.

Введем в рассмотрение вектор X состояния системы, содержащий все оцениваемые параметры – ошибки скоростей ΔV_x , ΔV_z и ошибки углов ориентации α_x , α_z :

$$X = [\Delta V_x \quad \Delta V_z \quad \alpha_x \quad \alpha_z].$$

Для формирования матрицы состояния распишем дифференциальные соотношения между компонентами вектора X :

$$\begin{aligned} \dot{\Delta I}_x &= \alpha_z \\ \dot{\Delta I}_z &= \alpha_x, \\ \dot{\alpha}_x & \\ \dot{\alpha}_z & \end{aligned}$$

В таком случае, матрица состояния системы в дискретном виде запишется:

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -g \\ 0 & 1 & g & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Вводя ковариационную матрицу входных шумов Q размерности $[4 \times 4]$ получим уравнение состояния:

$$X_{i+1} = \Phi \cdot X_i + Q \cdot \delta_i,$$

где: δ – входной белый шум.

Вектор измерения сформируем в виде:

$$Z = \begin{bmatrix} V_x^{\text{ни}} - V_x^{\text{нв}} & V_z^{\text{ни}} - V_z^{\text{нв}} \end{bmatrix}.$$

Матрица измерения запишется:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Вводя ковариационную матрицу измерительных шумов R размерности $[2 \times 2]$, получим уравнение измерения:

$$Z_i = H \cdot X_i + R \cdot v_i,$$

где: v – белый шум измерения.

Проводя по известным соотношениям [6] процедуру оценки вектора $\hat{X}$, получим оценки ошибок ориентации $\hat{\alpha}_x$ и $\hat{\alpha}_z$, на основе которых формируется матрица δA и проводится коррекция матрицы A .

Фильтр Калмана обеспечивает минимальную среднеквадратическую ошибку (СКО) оцениваемых параметров при постоянстве принятых матриц Q и R , от величины которых зависит и время сходимости процессов. Однако в реальности истинные шумы обычно неизвестны, и их характеристики постоянно меняются в зависимости от многих факторов. В связи с этим, на практике получил распространение метод, основанный на подборе параметров этих матриц, обеспечивающих компромисс между точностными и временными (динамическими) характеристиками процедуры оценивания. Результаты такого подхода нельзя отнести ни к оптимальным, ни даже квазиоптимальным, но он позволяет достигнуть удовлетворительных результатов (обеспечение необходимой точности и динамики процессов), что подтверждается приведенными ниже результатами моделирования.

Моделирование работы предлагаемого алгоритма проводилось двумя способами: по тестовым траекториям и с применением записей полета реального ЛА.

При моделировании по тестовым траекториям использовалась модель ЛА, разработанная на основе анализа поведения реального ЛА на соответствующих режимах полета.

Первая тестовая траектория имитировала взлет с разгоном и набором высоты. Продольное ускорение при разгоне составляло $2,5 \text{ м/с}^2$, длительность разгона – 90 с; угол тангажа при наборе высоты составлял 45° , угол атаки достигал 13° .

Вторая тестовая траектория имитировала разворот в горизонтальной плоскости с нулевым углом крена («плоский разворот»). Угловая скорость разворота составляла $2^\circ/\text{с}$, при этом возникал угол скольжения до 6° .

Моделирование позволило оценить влияние на точность работы системы углов атаки и скольжения. Так как СВС является однокомпонентным измерителем скорости (измеряется только компонента, направленная вдоль оси ЛА), при ненулевом значении данных углов появляются составляющие скорости, которые не измеряются СВС, что приведет к росту ошибок определения углов ориентации. Также было оценено влияние ошибки определения истинной скорости величиной 10 км/ч , запаздывания в пневмотрактах СВС на $0,3 \text{ с}$ и дрейфа ДУС величиной $30^\circ/\text{ч}$.

Было установлено, что угол атаки величиной до 13° может вызвать погрешность определения угла тангажа до $0,9^\circ$ и практически не влияет на угол крена. На рисунке 2 представлен график зависимости погрешности определения угла тангажа θ от угла атаки α . Как видно из графиков, величина погрешности нарастает с ростом угла атаки, и после его исчезновения сходится к нулю.

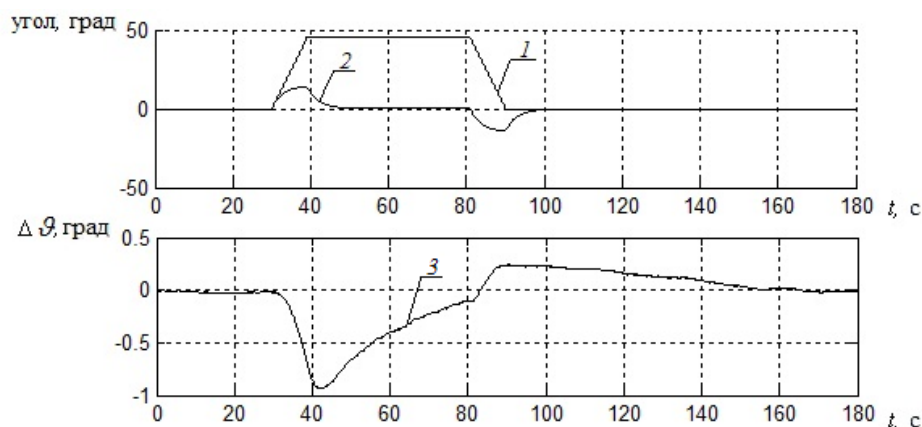


Рис. 2. График зависимости ошибки определения угла тангажа от угла атаки, 1 – угол тангажа, 2 – угол атаки, 3 – погрешности определения угла тангажа

Угол скольжения величиной до 6° вызывает ошибки как по тангажу (до $0,2^\circ$), так и по крену (до $0,7^\circ$). Стоит отметить, что данные ошибки возникают во время эволюций ЛА и при установившемся режиме полета достаточно быстро уменьшаются практически до нуля. Графики зависимости ошибок в данном случае имеют вид, аналогичный случаю с углом атаки, и не приводятся.

Ошибки определения воздушной скорости также оказывают влияние на построение вертикали. Например, ошибка определения истинной скорости величиной 10 км/ч вызывает ошибку до $0,8^\circ$ по тангажу и до $0,2^\circ$ по крену. Запаздывание в пневмотрактах СВС величиной $0,3 \text{ с}$ приводит к ошибке тангажа до $0,2^\circ$ и практически не влияет на угол крена. Данные ошибки, как и ошибки, вызванные углами атаки и скольжения, также возникают в переходных режимах и уменьшаются практически до нуля после установления равномерного полета. Результаты моделирования для угла тангажа представлены на рисунке 3, для угла крена характер результатов аналогичен.

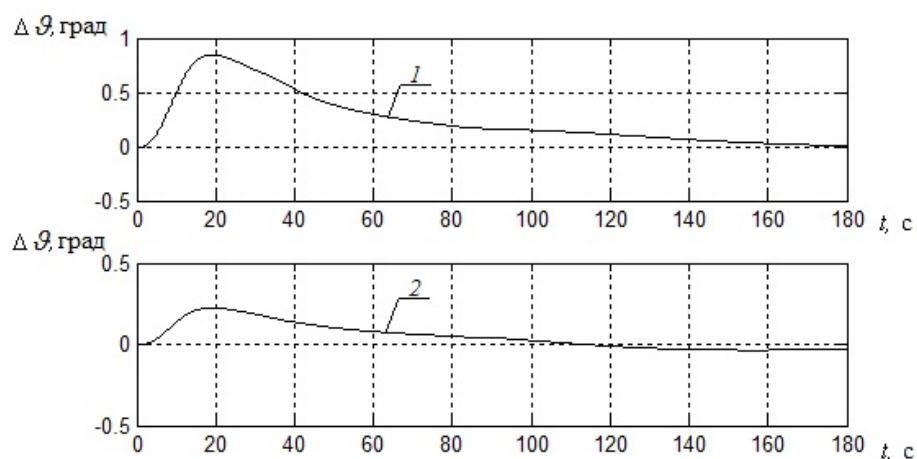


Рис. 3. Погрешность определения угла тангажа при ошибках измерения воздушной скорости на первой тестовой траектории:
1 – при ошибке 10 км/ч, 2 – при запаздывании 0,3 с

Оценка влияния дрейфа ДУС на определение углов ориентации при моделировании по обеим тестовым траекториям показала, что по окончании маневра дрейф приводит к возникновению постоянной ошибки. Погрешность определения угла крена γ при дрейфе ДУС величиной $30^\circ/\text{ч}$ по первой тестовой траектории представлена на рисунке 4. В установившемся полете влияние дрейфа в каналах крена и тангажа идентично и составляет величину, близкую к $0,015^\circ/(\text{ч}/\text{час})$. Также отмечено, что на графиках ошибок (рисунок 4 для угла крена, для угла тангажа зависимость аналогична) четко просматриваются моменты появления (изменения) углов атаки и скольжения, что говорит о наличии нелинейной связи между влиянием этих углов и дрейфа, но эта связь не сильно выражена.

Как показал анализ, величина установившейся после окончания маневра ошибки построения вертикали, обусловленной дрейфом ДУС, не зависит от характера движения ЛА и определяется величиной дрейфа и настройкой параметров фильтра Калмана, то есть выбором параметров матриц Q и R . Однако, возможности влияния с помощью фильтра на ошибки от дрейфа весьма ограничены, так как влияние на дрейф вступает в противоречие с влиянием фильтра на ошибки от углов атаки и скольжения, а также на ошибки от погрешностей определения истинной воздушной скорости. Таким образом, выбранные параметры фильтра являются компромиссными для работы ИСРП при различных возмущающих факторах.

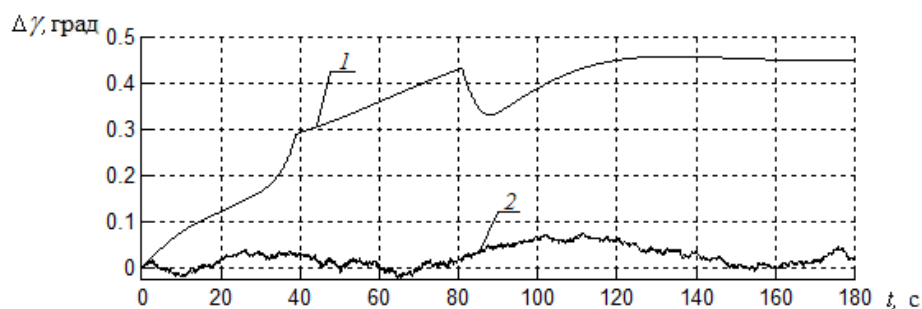


Рис. 4. Погрешность определения угла крена на первой тестовой траектории:
1 – при дрейфе гироскопа величиной $30^\circ/\text{ч}$, 2 – в отсутствии дрейфа

Далее проводилось моделирование работы разработанного алгоритма коррекции с

применением данных телеметрии реального полета. В ходе летных испытаний производилась запись информации от СО и СВС опытного образца ИСПП, установленного на борту высокоманевренного ЛА. Полученная информация содержит все характерные ошибки датчиков первичной информации, возникающие в процессе реального полета. За эталон принималась информация основной бесплатформенной инерциальной навигационной системы ЛА.

Для моделирования были выбраны записи двух полетов, отличающиеся тем, что они совершались на достаточно жестких режимах с переходами ЛА из одного маневра в другой с минимальной длительностью стационарных режимов. В процессе моделирования производилось сравнение результатов работы релейной коррекции и предлагаемой комплексной коррекции.

Результаты, полученные в ходе моделирования, – математическое ожидание и СКО, – сведены в таблицу 1.

Таблица 1

**Результаты моделирования работы комплексного алгоритма
на реальных траекториях**

Тип коррекции и траектория	Математическое ожидание		СКО	
	тангаж M_{ϑ} , град	крен M_{γ} , град	тангаж δ_{ϑ} , град	крен δ_{γ} , град
комплексная, траектория 1	0,138	0,029	0,431	1,064
релейная, траектория 1	-0,879	0,002	2,786	2,626
комплексная, траектория 2	0,135	0,073	0,345	0,569
релейная, траектория 2	-0,313	-0,058	1,351	2,789

Из данной таблицы следует, что погрешность измерения параметров ориентации при комплексной коррекции значительно меньше, чем при коррекции с релейным регулятором: математическое ожидание меньше в 2,3–6,3 раз, СКО меньше в 2,5–6,5 раз. Исключение составляет математическое ожидание канала крена: ввиду малости величин для двух типов коррекции сделать однозначные выводы не представляется возможным.

На рисунке 5 представлены графики погрешностей определения угла тангажа ϑ с применением релейной и комплексной коррекций, полученные в результате моделирования по одной из реальных траекторий.

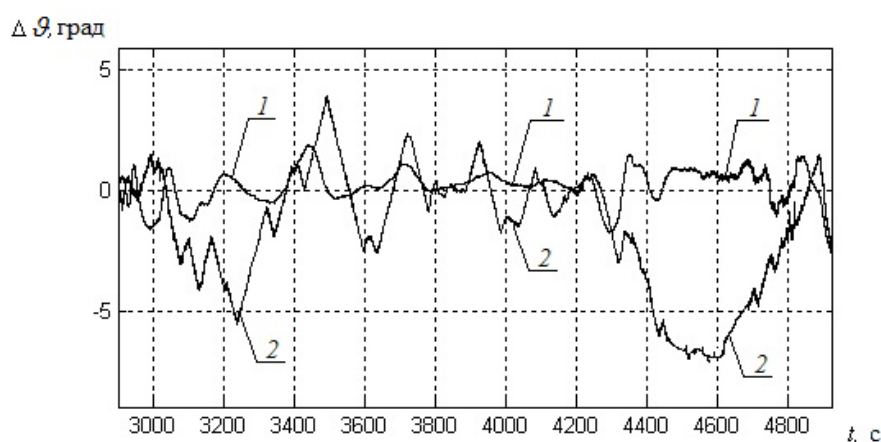


Рис. 5. Погрешность определения угла тангажа на траектории 1:
1 – комплексная коррекция, 2 – релейная коррекция

Как показали результаты математического моделирования по тестовым траекториям и с применением телеметрии реального полета ЛА, предложенный метод эффективен и позволяет повысить точность определения параметров ориентации.

Список литературы:

- [1] ESIS Models [Электронный ресурс] / Владелец прав: L-3 Avionics. – Режим доступа: <https://www.l-3avionics.com/products/esis/models.aspx>, свободный доступ. – Заголовок с экрана (дата обращения 05.04.2017).
- [2] Информация о проекте «Разработка комплекса бортового оборудования для вертолета Ми-171А2» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.aviationunion.ru/Files/Nom_9_OAO_UKBP.pdf, свободный доступ. – Заголовок с экрана (дата обращения 05.04.2019).
- [3] Integrated Electronic Standby Instrument [Электронный ресурс] / Владелец прав: Thales Group Inc. – Режим доступа: <https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/IESI%20Helico%202010.pdf>, свободный доступ. – Заголовок с экрана (дата обращения 01.04.2017).
- [4] Корнилов А.В. Методы повышения точности измерений значений параметров полета летательного аппарата резервной системой резервных приборов: Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2014. – 143 с.
- [5] Анучин О.Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И. Емельянцева. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 390 с.
- [6] Кузовков Н.Т. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация / Н.Т. Кузовков, О.С. Салычев. – М.: Машиностроение, 1982. – 216 с.

**A FUSION OF THE MEASUREMENT DATA
FROM THE INERTIAL UNIT AND THE AIR DATA
COMPUTER SYSTEM BEING A PART OF THE INTEGRATED
STANDBY INSTRUMENT SYSTEM**

V.V. Losev, A.V. Kornilov

Key words: integrated standby instrument system, integrated data processing, Kalman filter

This work outlines the integrated data processing procedure for integrated standby instrument system measurement data that allows enhancing the determination accuracy for the orientation parameters. The proposed algorithm and the modeling results that verify its efficiency are given.

Статья поступила в редакцию 12.04.2017 г.

УДК 004.4:621.039.566

В.В. Петрунин, первый заместитель директора-генерального конструктора, д.т.н.,
С.М. Неевин, заместитель директора-генерального конструктора,
С.А. Душев, заместитель главного конструктора, к.т.н.,
И.В. Малиновский, начальник подразделения,
В.В. Банкрутенко, главный специалист, к.т.н.,
И.Н. Онищук, начальник подразделения,
А.Ю. Голубев, начальник бюро
АО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова»
603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский проезд, 15

СИСТЕМА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИЗДЕЛИЙ РУ¹. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ключевые слова: *интегрированная логистическая поддержка, жизненный цикл изделия, ТО и ремонт, PDM, PLM-системы*

В рамках информационной поддержки жизненного цикла изделий РУ рассмотрен опыт разработки и использования программных продуктов с акцентом на стадии технического обслуживания и ремонта

1. Технологии информационной поддержки жизненного цикла изделий

Технология интегрированной логистической поддержки (ИЛП) изделий в настоящее время используется на современных машиностроительных предприятиях при создании наукоемких изделий авиастроения, машиностроения, техники военного назначения. В атомном машиностроении внедрение технологий информационной поддержки изделия (ИПИ-технологий) было начато еще в начале 2000-х годов, и сегодня они внедрены на многих предприятиях Госкорпорации «РОСАТОМ». Прежде всего, это касается этапов проектирования и создания изделий. За более чем пятнадцать лет здесь накоплен большой опыт использования различных программных продуктов, в том числе систем управления данными и систем управления жизненным циклом изделий (ЖЦИ) – PDM/PLM-систем. Однако, очень важный этап ИЛП – планирование технического обслуживания и ремонта для обеспечения заданного уровня надежности изделия – требует глубокой проработки, в частности, для оборудования РУ. Особенно это актуально сегодня, когда заказчик требует внедрения технологий поддержки ЖЦИ для большинства изделий оборонного назначения [1–3].

Процессы на стыке этапов ЖЦИ, распределенные на несколько организаций с разными функциями, потенциально имеют больше проблемных зон и сложнее поддаются любому изменению, в том числе и внедрению информационных технологий (ИТ). Часто проектирование, подготовка производства и производство отделены от этапа эксплуатации, и документы, данные, взаимосвязи их между собой и история разработки разорваны, так как осуществляются разными организациями. В таких условиях от обеспечения актуальной и своевременной информацией в связке «проектировщик» – «производитель» – «эксплуатирующая организация» зависит не только уровень затрат, но и сроки выполнения ремонтов, безопасность эксплуатации оборудования РУ и объекта в целом.

С ростом технической сложности изделий большую актуальность приобретает цифровое представление изделия на стадии эксплуатации при выполнении техниче-

¹ РУ – реакторная установка

ского обслуживания (ТО), ремонтов, закупки комплектующих [4]. Высокая конкуренция на рынке требует от предприятий сокращения времени на подготовку изделий к эксплуатации, а также снижения затрат на саму эксплуатацию.

Средства ИТ, методы и технологии для этих изделий должны при этом удовлетворять очень жестким требованиям, в том числе:

- защита информации и невозможность несанкционированного доступа;
- корректность передачи данных между информационными системами (однократный и однозначный ввод информации в комплекс информационных систем);
- необходимость однозначных связей документов и изделий в системах, в том числе экземпляров изделий;
- необходимость двусторонней актуализации информации по связи проектирование – изготовление – эксплуатация;
- возможности реализации основных принципов (этапов, шагов) бизнес-процесса в нескольких информационных системах (программных средствах).

2. Повышение эффективности подготовки обслуживания и ремонта

Повышение эффективности подготовки обслуживания и ремонта достигается высоким качеством проведения в установленные сроки данного вида работ при соблюдении нормативных требований и оптимизации затрат, учетом фактических технических характеристик изделия РУ на этапе эксплуатации для проектировщика и производителя с одной стороны, и получения всей необходимой и актуальной информации по конструкции и правилах обслуживания изделий для эксплуатирующей организации, с другой.

Опыт АО «ОКБМ Африкантов» по проектированию, изготовлению, поддержке эксплуатации РУ показывает, что вся информация, существующая на этапе проектирования и производства, должна организованно храниться и быть доступной в течение всего срока эксплуатации изделий и до их утилизации, а это, как правило, несколько десятков лет. За это время нормативная база, а также конструкторская документация на изделие, будут постоянно актуализироваться. Кроме того, по системе обратной связи подразумевается накопление большого объема данных об эксплуатации оборудования, которые также подлежат анализу и обработке. Правильная организация хранения такого огромного объема актуализированной информации позволит оперативно спрогнозировать техническое состояние изделия, найти все документы на определенный узел, соответствующую нормативную базу на момент выпуска рабочей КД и информацию по обслуживанию и ремонту. В таком случае подготовить и запланировать проведение работ по обслуживанию, плановому ремонту и т.д. можно будет быстрее, качественнее, с меньшей вероятностью ошибок.

Поэтапное развитие системы подготовки обслуживания и ремонта позволит оптимизировать мероприятия по информационной поддержке создаваемых изделий на стадии эксплуатации. На начальном этапе это становится возможным благодаря созданию и ведению единого информационного пространства (ЕИП) по изделию для всех стадий ЖЦИ, начиная с проектирования и заканчивая его утилизацией (Рис. 1).

Вся техническая, в том числе и эксплуатационная документация, доступ к ней, должны быть представлены в цифровом формате в строгом соответствии с требованиями специально разработанных стандартов, определяющих структуру данных об изделии и порядок их обмена при производстве, закупке и эксплуатации новых образцов техники.

Исходя из опыта АО «ОКБМ Африкантов» по авторскому надзору за эксплуатацией оборудования на объектах использования атомной энергии, при сопровождении ремонтов, возникает необходимость в наличии документации, представленной в таблице 1.

Вполне естественно, что администратором единой БД по изделию должен являться его проектант, а представление информации из нее должно быть селективным, в

соответствии с уровнем допуска пользователя, формирующего запрос. Например, по обращению представителя эксплуатирующей организации из проекта представляется информация относительно процесса обслуживания конкретного оборудования. При этом расчеты, технологическая документация и зоны, не доступные для обслуживания, должны оставаться недоступными до тех пор, пока они не попадут в критерий запроса [5]. При этом единая БД должна быть у проектанта РУ, с регулярной актуализацией содержания электронных документов.

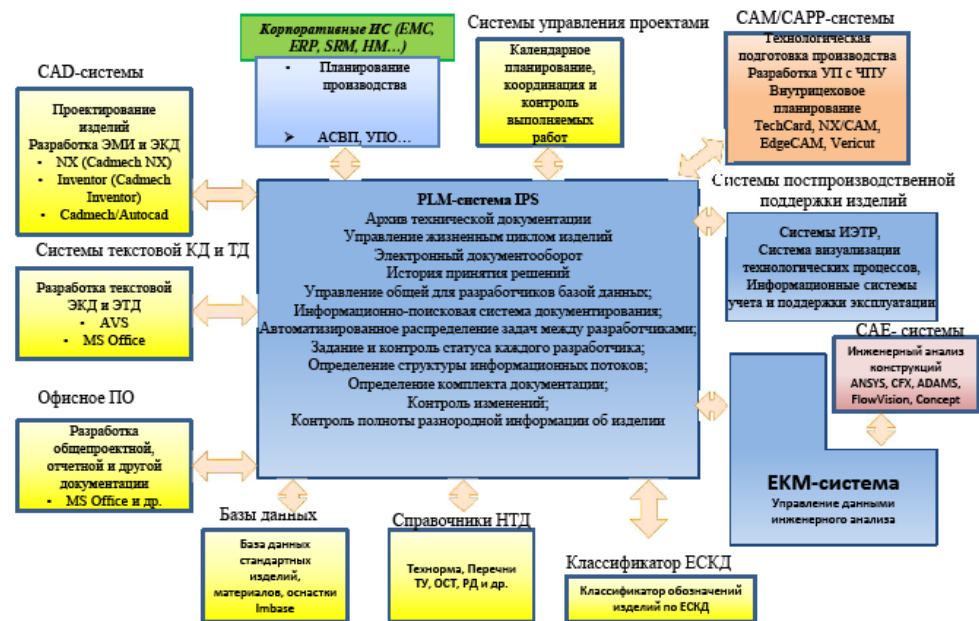


Рис. 1. Структура единого информационного пространства по изделию.

Таблица 1

**Перечень документов, разрабатываемых на стадиях ЖЦИ,
в обеспечение сопровождения ремонтов**

Основные этапы ЖЦИ	Разрабатываемая документация и необходимые данные
Проектирование	РКД и ЭД; ПОК; расчеты прочности, надежности; извещения об изменении; ремонтная документация; нормативная база на момент выпуска документации
Подготовка производства, изготовление	Технологии изготовления, сборки, монтажа изделий; ПОК; Планы качества; материалы заводских и приемочных испытаний; первичная документация, включая сертификаты на материалы, покупные изделия; карты контроля; отчеты о несоответствиях; база данных (БД) отступлений от ЧТД при изготовлении и монтаже
Эксплуатация (обслуживание, ремонт)	Ремонтная документация; документация по продлению эксплуатации; данные о хранении, консервации / переконсервации; сведения о применении по назначению; данные о неисправностях, отказах; перечень израсходованного ЗИП; сведения о ремонтах

3. Разработка программного обеспечения

Сотрудниками отдела ИТ АО «ОКБМ Африкантов» для поддержки этапа эксплуатации в процессе жизненного цикла РУ были созданы системы различного назначения и, прежде всего, для транспортного направления:

- «ТТИ», предназначена для хранения и поиска результатов теплотехнических испытаний корабельных РУ;
- «TGI calc», предназначена для расчета температур теплогидравлических испытаний;
- «АСХОИ», предназначена для хранения и обработки информации по эксплуатации корабельных РУ;
- «УТИЛЬ», предназначена для учета списанных «заказов-объектов ВМФ»;
- «ВМФ», предназначена для обработки данных по эксплуатации корабельных РУ;
- «Project AZ», предназначена для хранения данных об активных зонах и их характеристикам;
- «KRIS», предназначена для вероятностного анализа безопасности;
- «РИМ», предназначена для непрерывной оценки и контроля изменений при эксплуатации энергоблока вероятности показателей безопасности, связанных с изменением конфигурации систем безопасности и/или нарушения нормальной эксплуатации;
- «Ресурс-НН», программа для расчета параметров процессов нестационарного неизотермического упругопластического деформирования и накопления усталостных повреждений в конструкционных материалах оборудования и систем РУ;
- «ЭМР-У», база данных и программный комплекс, предназначенный для накопления, обобщения и обработки информации по техническому состоянию, контролю ресурса РУ и процесса эксплуатации;
- «ЭМР-НН», система эксплуатационного мониторинга ресурса предназначена для оценки выработанного и прогноза остаточного ресурса конструктивных элементов оборудования РУ в процессе её эксплуатации.

Анализ приведенных выше систем, разработанных в АО «ОКБМ Африкантов», показывает достаточно широкий охват этапа эксплуатации, особенно это касается последних двух систем. Учитывая требования, предъявляемые к изделиям специального назначения, стоит задача встраивания этих систем в систему управления, а именно в PLM-систему. Успешное решение этой задачи требует появления в отделе ИТ такой роли, как администратор хранилища данных и включения данной работы в ежегодный «План мероприятий по ИТ» с привлечением специалистов проектных и расчетных подразделений.

4. Переход с PDM-системы на PLM-систему

Реализация этапа эксплуатации в поддержке жизненного цикла изделий требует от отдела ИТ, в первую очередь, разработки технологии сохранения информации об изделии за большой промежуток времени, измеряемый десятилетиями (для изделий атомной промышленности этот срок имеет порядок 50 лет). Причем данная задача совершенно не стоит перед разработчиками PLM/CAD/CAE-систем. Такой вывод можно сделать, исходя из того, что ни на одной из конференций, проводимых основными разработчиками систем (Siemens, Dassault Systemes, PTC, Autodesk, Интермех, Топ Системы, АСКОН), в течение последних пяти лет, данный вопрос даже не обсуждался. Такой опыт приобретен ИТ-службами АО «ОКБМ Африкантов» в процессе перехода с PDM-системы SEARCH ОДО «Интермех» PLM-систему SEARCH IPS.

Составляющие принципы методологии перехода с PDM-системы на PLM-систему следующие:

- эволюционное обновление в процессе полномасштабного перехода на PLM-систему, что позволяет сохранить базу знаний, накопленную в течение большого пе-

риода (порядка 50 лет) ранее в PDM-системе, и, прежде всего, данные в архивах проектов (так называемая «миграция данных»);

- возможность работы в PLM-системе с этой базой знаний без дополнительных доработок PLM-системы разработчиком;

- разработка метода комплексной настройки и сохранения функциональных возможностей действующей PDM-системы в полном объеме совместно с разработчиком PLM-системы;

- разработка метода импорта и синхронизации базы данных нормативно-справочной информации (НСИ), накопленной на протяжении работы PDM-системы и являющейся актуальной; работы по созданию НСИ в PLM-системе являются затратными, как по времени, так и по объему;

- разработка принципов и технологии сохранности имеющей интеграции с системой управления производством и системой внутрицехового календарного планирования, имеющихся на предприятии;

- разработка технологии оперативного взаимодействия между предприятием (конечным пользователем PLM-системы) и разработчиком PLM-системы при необходимости оптимизации ключевых бизнес-процессов;

- обеспечение работы с информацией, составляющую государственную тайну.

С использованием этой методологии в АО «ОКБМ Африкантов» был подготовлен переход с PDM-системы SEARCH на PLM-систему SEARCH IPS. В настоящее время идет ответственный период – период внедрения PLM-систем SEARCH IPS, который требует использования «системного подхода» [6].

5. Разработка электронной эксплуатационной документации

Еще одним этапом развития системы подготовки обслуживания и ремонта для наиболее сложных видов промышленной продукции, к которым относятся РУ и их составные части, является разработка и обеспечение обслуживающего персонала электронной эксплуатационной документацией в формате интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), представляющих структурированный программно-аппаратный комплекс, содержащий взаимосвязанные технические данные, необходимые при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия (Рис. 2).

ИЭТР предназначены для решения следующих основных задач:

- обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия, необходимыми для эксплуатации, выполнения ремонтов, планирования и учета регламентных работ;

- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, потребности в необходимых инструментах и материалах, количестве и квалификации персонала;

- подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и ЗИП.

Структура базы данных ИЭТР позволяет пользователю быстро получать доступ к нужной текстовой, графической информации, или к данным в мультимедийной форме по всему изделию, что позволяет поднять качество сопровождения эксплуатации на более высокий уровень.

Однако, в реальных условиях эксплуатации, часто очень важно провести оперативный ремонт, в том числе в условиях ограниченного пространства. В этом случае роль электронной эксплуатационной документации (ИЭТР), включающей анимационные материалы по выполнению тех или других технологических операций, размещенной, в том числе на мобильных устройствах, становится незаменимой.

Для подготовки такой электронной документации используются специальные программные средства, к которым относятся системы TG Builder, Seamatica, Delmia, позволяющие подготовить ее в соответствии с международным стандартом на технические публикации S1000D.

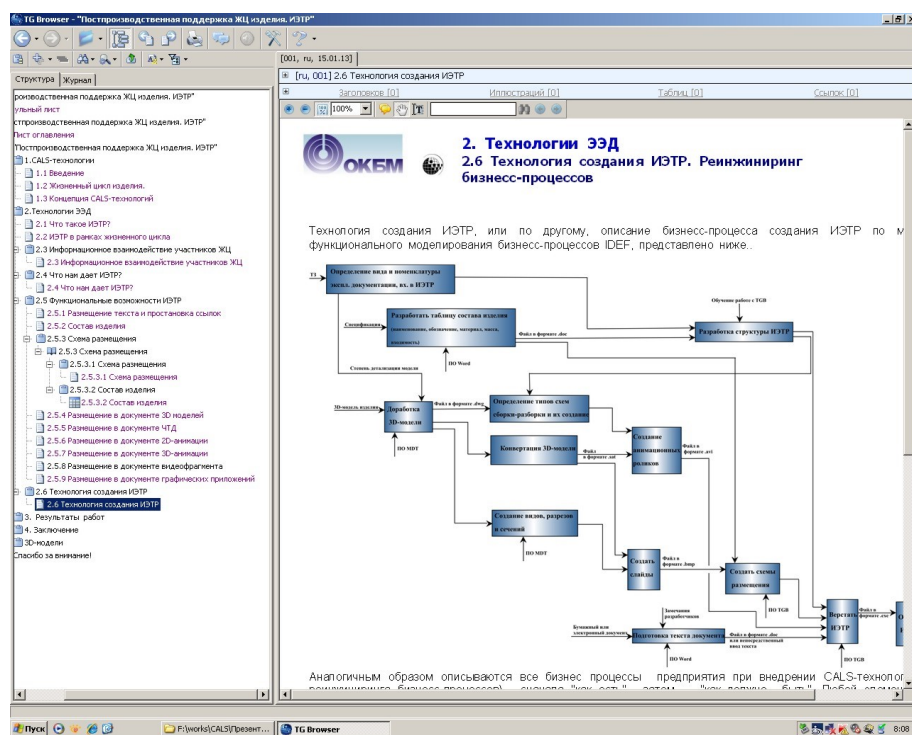


Рис. 2. ИЭТР (фрагмент).

С использованием систем TG Builder, Seamatica в АО «ОКБМ Африкантов» разрабатываются и создаются ИЭТР для оборудования и систем РУ. Система Delmia позволяет создавать мультимедийные инструкции для подготовки и выполнения технологических операций авторского надзора, технического обслуживания изделий и ремонта. Результаты, полученные в Delmia, используются как самостоятельные документы и элементы ИЭТР. Очень важно, чтобы разработанные ИЭТР также были интегрированы в PLM-систему.

Одна из задач эксплуатации – это обучение персонала, проводящего ремонтно-профилактические работы. Обучение эксплуатирующего персонала транспортных установок – хорошо отработанная задача, включающая подготовку личного состава в специальных учебных центрах.

6. Комплект учебно-тренировочных средств

Использование только ИЭТР не позволит эффективно решить задачу подготовки персонала. Эта задача эффективно решается при использовании специализированных комплектов учебно-тренировочных средств (КУТС). Так, составной частью специального оборудования по обращению с ядерным топливом, поставленного АО «ОКБМ Африкантов» в 2012 году для первого плавучего энергоблока «Академик Ломоносов», является КУТС, предназначенный для обучения персонала, выполняющего работы по перегрузке активных зон РУ КЛТ-40С с использованием перегрузочного комплекса.

КУТС состоит из трех рабочих мест обучаемых и рабочего места инструктора, оснащенных персональными компьютерами, и полномасштабных имитаторов пультов системы управления перегрузочного комплекса.

Компьютеры оснащены обучающими программами, позволяющими изучить конструкцию устройств перегрузочного комплекса, понять принцип их работы, увидеть внешний облик и внутреннее устройство на 3D моделях.

Имитаторы пультов оснащены программным обеспечением в объеме выполнения

штатных операций по перегрузке активных зон. Каждая операция имеет свой видео-кадр, на котором отображается ход выполнения операций, отображаются переменные технические показатели работы оборудования, что позволяет обучающимся понять и реально прочувствовать ход выполнения работ по перегрузке активных зон.

В целом КУТС расширяет возможности проведения процесса обучения операторов безопасному управлению работами, технологическим операциям обращения с изделиями, составу и конструктивному устройству оборудования с ведением протокола обучения и последующем предоставлении данных для итоговой аттестации персонала различных категорий.

7. Заключение

Подводя итоги, необходимо отметить, что система ИЛП становится реально востребованной на постпроизводственных стадиях ЖЦИ корабельных РУ, позволяет поднять качество эксплуатации, технического обслуживания и ремонта на более высокий уровень.

Дальнейшая работа должна будет вестись в трех направлениях:

- включение разработанных систем в интегрированную информационную среду (ИИС);
- анализ и разработка других необходимых систем, которые также должны быть включены в ИИС;
- разработка мероприятий по развитию ИЛП и переходу к созданию системы управления полным ЖЦИ.

Список литературы:

- [1] Тарасов А.П. Текущее состояние и перспективы развития работ по управлению жизненным циклом продукции, поставляемой в рамках государственного оборонного заказа / Доклад в ФГУП «Оборонстандарт», 01.02.2016.
- [2] Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Елизаров П.М., Бриндииков А.Н., Незеленов Н.И., Карташов А.В. Повышение конкурентоспособности отечественной продукции военного назначения за счет применения технологий интегрированной логистической поддержки и каталогизации / Электронный журнал «Технологии PLM и ИЛП», выпуск 2, 17с.
- [3] Судов Е.В., Кондрашина С.С. О концепции управления жизненным циклом изделия/ Электронный журнал «Технологии PLM и ИЛП», выпуск 6, 8 с.
- [4] Кузин Е.И., Кузин В.Е. Управление жизненным циклом сложных технических систем: история развития, современное состояние и внедрение на машиностроительном предприятии/ Инженерный журнал: наука и инновации, 2016, вып. 1.
- [5] Яблочников Е.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделий / Учебное пособие – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 188 с.
- [6] Левенчук А.И. Системноинженерное мышление в управлении жизненным циклом, prtab.tp.ru, 306 с.

LOGISTIC SUPPORT SYSTEM FOR RP ARTICLES. DEVELOPMENT OF METHODS AND TECHNOLOGIES TO IMPROVE ITS EFFECTIVENESS

*V.V. Petrunin, S.M. Neevin, S.A. Dushev, I.V. Malinovsky,
V.V. Bankrutenko, I.N. Onishchuk, A.Yu. Golubev*

Key words: integrated logistic support, product life cycle, maintenance and repair, PDM, PLM-systems

Experience of program product development and application is analyzed within information support of product life cycle (PLC) stages with emphasis on the maintenance and repair stage

Статья поступила в редакцию 27.03.2017 г.

Раздел III

**Надежность и ресурс
в транспортном
машиностроении**

Section III

***Reliability and resource
in transport engineering***



УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ АВТОПОЕЗДА В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Т.И. Тарнопольская, доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

О.В. Сидорова, доцент, к.п.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ АВТОПОЕЗДА В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, метод продолжения по параметру, стационарные состояния, многозвенные автопоезда.

В данной статье рассматривается динамическое поведение многозвенных автопоездов при большом наборе управляющих параметров. Стационарные состояния трёхзвенного транспортного средства, смоделированного системой дифференциальных уравнений, находятся при помощи дифференциально-геометрического метода. Решение соответствует особым точкам в фазовом пространстве управляющих параметров при различных углах поворота ведущих колёс.

Использование специализированных автотранспортных средств для перевозки длинномерных грузов, с учётом требований к максимально допустимым нагрузкам на оси по условиям эксплуатации дорог, требует тщательного предварительного исследования. Теоретические разработки для оценки динамического поведения многозвенных автопоездов на стадии проектирования позволяют дать обоснованные рекомендации по выбору конструктивных и управляющих параметров.

Увеличение числа звеньев уменьшает возможности аналитического анализа, так как каждое следующее звено добавляет, по крайней мере, одну степень свободы. Но отдельный расчёт дифференциальных уравнений звеньев не учитывает связей между подсистемами, что влияет на надёжность рекомендаций по совершенствованию конструктивных особенностей. Максимально адекватное отслеживание связей между элементами автопоезда влияет на корректность математической модели.

Совершенство системы управления поворотом влияет на точность траектории ведомых звеньев, что влечёт за собой уменьшение отклонения траекторий прицепных звеньев от ведущего звена при движении автопоезда. Эффективность использования многозвенных автопоездов при транспортировке длинномерных грузов напрямую зависит от их способности вписываться в допустимую полосу движения и не создавать помех для транспортного потока. Привод управления может осуществляться как на ведущее звено, так и на прицепные звенья, причём передаточное отношение привода должно изменяться в зависимости от скорости движения и других факторов.

С помощью интегрирования динамических уравнений можно получить исчерпывающую информацию, как о переходных процессах, так и о стационарных движениях составного транспортного средства. Решение задачи для большого набора управляющих параметров (продольной скорости центра масс ведущего звена, угла поворота управляемых колёс и т.д.) является затруднительным и не даёт представления о качественном поведении множества стационарных состояний при изменении одного из параметров. Нашей задачей является нахождение не только значений угла поворота управляемых колёс (поворота рулевого колеса), при котором система дифференциальных уравнений имеет решение, но и их количества, а также выяснение устойчивости процесса движения.

Для выполнения поставленной задачи применим дифференциально-геометрический метод – метод продолжения по параметру, предложенный Ю. Шиохарой [4]. Данный метод позволяет определить различные ветви многообразия состояний равновесия (наличие нескольких ветвей возможно даже в случае исследования одиночных транспортных средств).

Нахождение стационарных состояний трёхзвенного транспортного средства, смоделированного системой дифференциальных уравнений, сводится к решению системы конечных уравнений. Для различных углов поворота управляемых колёс решение соответствует особым точкам в фазовом пространстве.

Для составления дифференциальных уравнений автопоезда (рис. 1) воспользуемся уравнениями Лагранжа II рода [3], три из которых соответствуют ведущему звену, и по одному – для ведомых звеньев, если принять за обобщенные координаты курсовой угол ϑ , продольную и поперечную скорости U , а также углы поворота между звеньями φ_1 и φ_2 :

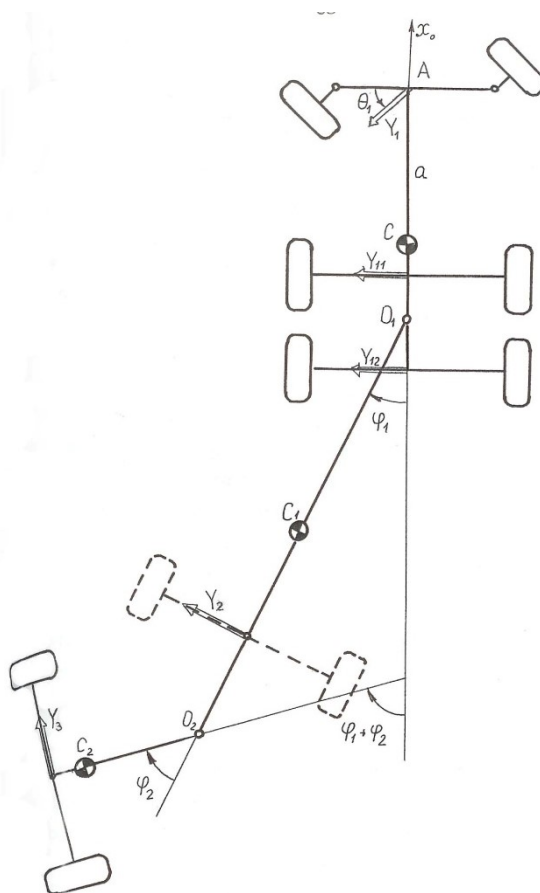


Рис. 1. Схема трёхзвенного автопоезда

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial V} - \omega \frac{\partial T}{\partial U} = F_{x_0}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial U} + \omega \frac{\partial T}{\partial V} = F_{y_0}; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \omega} + \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} \right) - U \frac{\partial T}{\partial V} + V \frac{\partial T}{\partial U} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = M_\vartheta + M_{\varphi_1}; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} \right) = M_{\varphi_1} - M_{\varphi_2}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} + \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = M_{\varphi_2}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь

T – кинетическая энергия всей системы автопоезда в целом;

V, U – производные от квазикоординат по времени:

$V = \dot{x} \cos \vartheta + \dot{y} \sin \vartheta$,

$U = -\dot{x} \sin \vartheta + \dot{y} \cos \vartheta$;

$\omega = \dot{\vartheta}$ – угловая скорость ведущего звена (производная от курсового угла);

F_{x_0}, F_{y_0} – проекции главного вектора горизонтальных реакций полотна дороги на подвижные оси координат x_0, y_0 ;

$M_\vartheta, M_{\varphi_1}, M_{\varphi_2}$ – моменты обобщенных сил по соответствующим координатам [1].

При определении стационарных состояний решение сводится к нахождению переменных динамической системы в фазовом пространстве, в которых производные переменных положены нулю:

$$F_i(V, U, \omega, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1) = 0 \quad (i = \overline{1,4}), \quad (2)$$

где θ_1 – угол поворота управляемых колёс.

Уравнения, определяющие стационарные режимы составного колесного средства при

$$\dot{U} = 0, \quad \dot{\omega} = 0, \quad \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 = 0, \quad \ddot{\varphi}_1 = \ddot{\varphi}_2 = 0$$

примут вид:

$$f_i(V, U, \omega, \varphi_1, \varphi_2) = 0 \quad (i = \overline{1,4}). \quad (3)$$

Для того, чтобы получить решение с помощью метода продолжения по параметру, необходимо знать начальное решение $U = U_0, \omega = \omega_0, \varphi_1 = \varphi_1^0, \varphi_2 = \varphi_2^0$ исследуемой системы при некотором значении $\theta_1 = \theta_1^0$. Точка $(U_0, \omega_0, \varphi_1^0, \varphi_2^0)$ называется стартовой. Различным значениям поворота управляемых колёс θ_1 соответствуют различные стационарные режимы и если включить параметр θ_1 в число неизвестных, определяющих стационарные режимы, то в пространстве пяти переменных $U, \omega, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1$, множеству стационарных состояний будет отвечать некоторая кривая C (рис. 2)

$$U = U(\theta_1), \omega = \omega(\theta_1), \varphi_1 = \varphi_1(\theta_1), \varphi_2 = \varphi_2(\theta_1),$$

которую можно назвать кривой состояний равновесия трёхзвенного автопоезда. Каждой точке этой кривой соответствует окружность (конечного и бесконечного радиуса) на опорной поверхности χ . Управляющими параметрами в уравнениях примем продольную скорость V и угол поворота управляемых колёс θ_1 (в дальнейшем будем считать параметр V дискретным, а параметр θ_1 – изменяющимся непрерывно).

Параметризуем линию стационарных состояний C собственной длиной дуги S , тогда:

$$dS^2 = dU^2 + d\omega^2 + d\varphi_1^2 + d\varphi_2^2 + d\theta_1^2.$$

Для ветви, берущей начало при значении $\theta_1 = 0$ соответствующем прямолинейному стационарному режиму, трудностей с определением координат стартовой точки не возникает, т.к. она находится в начале координат фазового пространства:

$$U|_{s=0} = 0, \omega|_{s=0} = 0, \quad \varphi_1|_{s=0} = 0, \varphi_2|_{s=0} = 0, \theta_1|_{s=0} = 0.$$

При движении вдоль кривой будут выполняться соотношения:

$$\frac{df_i}{ds} = \frac{\partial f_i}{\partial U} \cdot \frac{dU}{ds} + \frac{\partial f_i}{\partial \omega} \cdot \frac{d\omega}{ds} + \frac{\partial f_i}{\partial \varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{ds} + \frac{\partial f_i}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{d\varphi_2}{ds} + \frac{\partial f_i}{\partial \theta_1} \cdot \frac{d\theta_1}{ds} = 0 \quad (i = \overline{1,4}). \quad (4)$$

Дополнительным уравнением является выражение дифференциала длины дуги стационарных режимов, полученное из (2.49):

$$\left(\frac{dU}{ds}\right)^2 + \left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi_1}{ds}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi_2}{ds}\right)^2 + \left(\frac{d\theta_1}{ds}\right)^2 = 1.$$

Для автопоезда со следующими массово-геометрическими параметрами ведущего звена $m = 9800$ кг, $a = 3,87$ м, $b_1 = 0,206$ м, $b_2 = 1,606$ м; ведомых звеньев $m_1 = 9800$ кг, $m_2 = 3000$ кг, $c = 0,901$ м, $c_1 = 9$ м, $d_1 = 9$ м, $b_{21} = 2,13$ м, $b_{22} = 0,37$ м, $b_{23} = 1,77$ м получены обезразмеренные элементы матрицы Якоби. Множители в системе дифференциальных уравнений (4) имеют вид:

для первого уравнения –

$$\begin{cases} \frac{\partial f_1}{\partial U} = -(\bar{c} + \bar{a}) \frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cdot \frac{1}{1 + g_1^2} \cdot \frac{dg_1}{dU} \cos \theta_1 - \sum_{i=1}^2 (\bar{c} - \bar{b}_{1i}) \frac{d\bar{Y}_{1i}}{d\delta_{1i}} \cdot \frac{1}{1 + g_{1i}^2} \cdot \frac{dg_{1i}}{dU}; \\ \frac{\partial f_1}{\partial \bar{\omega}} = -\bar{c}\bar{m} - (\bar{c} + \bar{a}) \frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cdot \frac{1}{1 + g_1^2} \cdot \frac{dg_1}{d\bar{\omega}} \cos \theta_1 + \sum_{i=1}^2 (\bar{c} - \bar{b}_{1i}) \frac{d\bar{Y}_{1i}}{d\delta_{1i}} \cdot \frac{1}{1 + g_{1i}^2} \cdot \frac{dg_{1i}}{d\bar{\omega}}; \\ \frac{\partial f_1}{\partial \theta_1} = -(\bar{c} + \bar{a}) \frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cdot \frac{1}{1 + g_1^2} \cdot \frac{dg_1}{dU} \cos \theta_1 - \sum_{i=1}^2 (\bar{c} - \bar{b}_{1i}) \frac{d\bar{Y}_{1i}}{d\delta_{1i}} \cdot \frac{1}{1 + g_{1i}^2} \cdot \frac{dg_{1i}}{dU}; \end{cases}$$

для второго уравнения –

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_2}{\partial U} &= -\bar{a} \frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cdot \frac{1}{1 + g_1^2} \cdot \frac{dg_1}{dU} \cos \theta_1 + \sum_{i=1}^2 \bar{b}_{1i} \frac{d\bar{Y}_{1i}}{d\delta_{1i}} \cdot \frac{1}{1 + g_{1i}^2} \cdot \frac{dg_{1i}}{dU} + \\ &+ \bar{c} \sum_{j=1}^3 \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1 + g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{dU} \cos(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2); \\ \frac{\partial f_2}{\partial \bar{\omega}} &= -\bar{a} \frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cdot \frac{1}{1 + g_1^2} \cdot \frac{dg_1}{d\bar{\omega}} \cos \theta_1 + \sum_{i=1}^2 \bar{b}_{1i} \frac{d\bar{Y}_{1i}}{d\delta_{1i}} \cdot \frac{1}{1 + g_{1i}^2} \cdot \frac{dg_{1i}}{d\bar{\omega}} + \\ &+ \bar{c} \sum_{j=1}^3 \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1 + g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{\omega}} \cos(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2); \\ \frac{\partial f_2}{\partial \varphi_1} &= -\bar{c}\bar{\omega}^2 [(\bar{m}_1 \bar{d}_1 + \bar{l}_1) \cos \varphi_1 + \cos(\varphi_1 + \varphi_2)] + \\ &+ \bar{c} \sum_{j=1}^3 \left[\frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1 + g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\varphi_1} \cos(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2) + \bar{Y}_{2j} \sin(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2) \right]; \\ \frac{\partial f_2}{\partial \varphi_2} &= -\bar{c}\bar{\omega}^2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + \end{aligned}$$

$$+ \bar{c} \sum_{j=1}^3 \left[\frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{\varphi}_2} \cos(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2) + \bar{Y}_{2j} \sin(\theta_{2j} + \varphi_1 + \varphi_2) \right];$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial \theta_1} = -\bar{a} \left(\frac{d\bar{Y}_1}{d\delta_1} \cos \theta_1 + \bar{Y}_1 \sin \theta_1 \right);$$

для третьего уравнения –

$$\frac{\partial f_3}{\partial \bar{U}} = (\bar{m}_1 \bar{d}_1 + \bar{l}_1) \bar{\omega} \sin \varphi_1 - \bar{l}_1 \sum_{j=1}^3 \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{U}} \cos(\theta_{2j} + \varphi_2);$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial \bar{\omega}} = (\bar{m}_1 \bar{d}_1 + \bar{l}_1) (\bar{U} \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1) + 2\bar{\omega} [\bar{c}(\bar{m}_1 \bar{d}_1 + \bar{l}_1) \sin \varphi_1 - \bar{l}_1 \sin \varphi_2] -$$

$$- \bar{l}_1 \sum_{j=1}^3 \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{U}} \cos(\theta_{2j} + \varphi_2);$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial \varphi_1} = (\bar{m}_1 \bar{d}_1 + \bar{l}_1) \bar{\omega} \sin \varphi_1 - \bar{l}_1 \sum_{j=1}^3 \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{U}} \cos(\theta_{2j} + \varphi_2);$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial \varphi_2} = \bar{\omega}^2 \bar{l}_1 \cos \varphi_2 + \bar{l}_1 \sum_{j=1}^3 \left[-\frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{U}} \cos(\theta_{2j} + \varphi_2) + \bar{Y}_{2j} \sin(\theta_{2j} + \varphi_2) \right];$$

для четвертого уравнения –

$$\frac{\partial f_4}{\partial \bar{U}} = \bar{\omega} \sin \varphi_1 - \sum_{j=1}^3 (\bar{b}_{2j} + 1) \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{U}} \cos \theta_{2j};$$

$$\frac{\partial f_4}{\partial \bar{\omega}} = \bar{U} \sin(\varphi_1 + \varphi_2) - \cos(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\bar{\omega} [\bar{c} \sin(\varphi_1 + \varphi_2) - \bar{l}_1 \sin \varphi_2] -$$

$$- \sum_{j=1}^3 (\bar{b}_{2j} + 1) \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{\omega}} \cos \theta_{2j};$$

$$\frac{\partial f_4}{\partial \varphi_1} = \bar{\omega} [(\bar{U} - \bar{\omega} \bar{c}) \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + \sin(\varphi_1 + \varphi_2)] -$$

$$- \sum_{j=1}^3 (\bar{b}_{2j} + 1) \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{\omega}} \cos \theta_{2j};$$

$$\frac{\partial f_4}{\partial \varphi_2} = \bar{\omega} [(\bar{U} - \bar{\omega} \bar{c}) \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + \sin(\varphi_1 + \varphi_2)] - \bar{\omega}^2 \bar{l}_1 \cos \varphi_2 +$$

$$+ \bar{l}_1 \sum_{j=1}^3 \left[(\bar{b}_{2j} + 1) \frac{d\bar{Y}_{2j}}{d\delta_{2j}} \cdot \frac{1}{1+g_{2j}^2} \cdot \frac{dg_{2j}}{d\bar{\omega}} \cos \theta_{2j} \right];$$

Относительно производных dU/dS , $d\omega/dS$, $d\varphi_1/dS$, $d\varphi_2/dS$, $d\theta_1/dS$ система (4) является системой однородных линейных алгебраических уравнений. Дифференциальные уравнения, определяющие изменение переменных U , ω , φ_1 , φ_2 , θ_1 при движении вдоль кривой C , примут вид:

$$\frac{dx_i}{dS} = \frac{(-1)^i D_i}{\sqrt{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + D_5^2}} \quad (i = \overline{1,4})$$

т.е.

$$\frac{dU}{dS} = -D_1\lambda, \quad \frac{d\omega}{dS} = D_2\lambda, \quad \frac{d\varphi_1}{dS} = -D_3\lambda, \quad \frac{d\varphi_2}{dS} = D_4\lambda, \quad \frac{d\theta_1}{dS} = -D_5\lambda;$$

где

$$D_1 = \frac{D(f_1, f_2, f_3, f_4)}{D(\omega, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1)}, \quad D_2 = \frac{D(f_1, f_2, f_3, f_4)}{D(U, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1)}, \quad D_3 = \frac{D(f_1, f_2, f_3, f_4)}{D(U, \omega, \varphi_2, \theta_1)},$$

$$D_4 = \frac{D(f_1, f_2, f_3, f_4)}{D(U, \omega, \varphi_1, \theta_1)}, \quad D_5 = \frac{D(f_1, f_2, f_3, f_4)}{D(U, \omega, \varphi_1, \varphi_2)}.$$

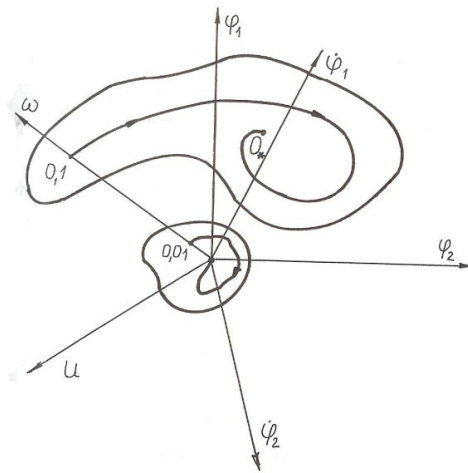


Рис. 2. Области притяжения решений для возмущённых движений в пространстве переменных

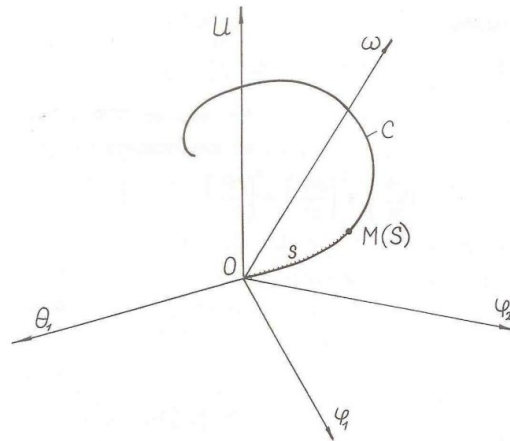


Рис. 3. Кривая, соответствующая многообразию стационарных состояний в пространстве параметров

На рис. 2 показана область притяжения возмущенных движений и кривая состояний равновесия трёхзвенного автопоезда в фазовом пространстве $V, U, \omega, \varphi_1, \varphi_2$ с

управляющими параметрами – продольной скоростью V и углом поворота управляемых колёс θ_1 . Стартовая точка $(U_0, \omega_0, \varphi_1^0, \varphi_2^0)$ при $\theta_1 = \theta_1^0$ совмещена с начальной точкой пространства переменных. Параметр θ_1 включён в число неизвестных, определяющих стационарные режимы, и пространство теперь уже пяти переменных $U, \omega, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1$. Множеству стационарных состояний отвечает кривая C (рис. 3), которая показывает, каким значениям поворота управляемых колёс θ_1 соответствуют какие стационарные режимы при заданной продольной скорости.

Список литературы:

- [1] Сравнительный анализ жесткой и упругой модели транспортного средства при движении по гармоническому профилю дороги. Сидорова О.В., Тарнопольская Т.И./ 11-й международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2009»: Труды конгресса. Том 2. – Н.Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2010. – с. 239–242.
- [2] К исследованию устойчивости движения автомобиля с упругими связями. Сидорова О.В., Тарнопольская Т.И./ Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 30. Надежность и ресурс в машиностроении. – Н. Новгород: Изд-во ГОУ ВПО ВГАВТ, 2012. – с. 118–122.
- [3] Динамический расчёт параметров устойчивости колёсных транспортных средств. Сидорова О.В., Тарнопольская Т.И./ 16-й международный научно-промышленный форум «Великие реки - 2014». Материалы научно-методической конференции. Том 1.– Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО ВГАВТ, 2014. – с. 244–249.
- [4] Shinohara Y. A geometric method for the numerical solution of nonlinear equations and its application to nonlinear oscillations // Publ. Res. Inst. Math. Sci., Kyoto Univ. 1972. V. 8, № 1. P. 13–42.

THE STUDY OF STATIONARY MOTIONS OF MULTI-LINK TRUCKS, IN NONLINEAR STATEMENT

T.I. Tarnopolskaya, O.V. Sidorova

Key words: differential equations, method of continuation on a parameter, steady state, multi-link road train.

This article considers the dynamic behavior of multilink trucks with a large set of control parameters. The stationary states of a three-link vehicle modeled by a system of differential equations are found by means of a differential-geometric method. The solution corresponds to the special points in the phase space of control parameters at various angles of rotation of the drive wheels.

Статья поступила в редакцию 03.07.2017 г.

УДК 539.3

А.С. Яблоков, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

А.И. Волков, ведущий инженер

Д.Н. Шишулин, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»

603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПЛАВУЧЕГО КРАНА КПЛ 16-30 ПО ЕГО ФАКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ

Ключевые слова: металлоконструкция, макротрещина, механика поврежденной среды, плавучий кран, микродефекты, ресурс, прочность, многоцикловая усталость.

Для прогноза остаточного ресурса и определения выработанного, приведена оценка напряженно-деформированного состояния стрелы плавучего крана сварной балочной конструкции, грузоподъемностью 16 тонн на базе методик теории механики поврежденной среды, при усиленных процессах деградирования рассматриваемой стали материала по механизму многоцикловой усталости, проведена оценка кинетики напряженно-деформированного состояния опасных зон рассмотренной металлоконструкции стрелы крана плавучего и выполнен прогноз его остаточного ресурса стрелы по его эксплуатационной фактической нагруженности.

Введение

Основной задачей современного машиностроения является определение и расчет ресурса конструктивных ответственных узлов любых объектов инженерного проектирования на стадии их моделирования, прогноз ресурса остаточного, а также оценка выработанного, кроме того, при эксплуатации инженерного объекта, продление срока службы после выработки такими объектами нормативного срока службы. Особенную важность такие вопросы для объектов, срок технической эксплуатации которых составляет несколько десятков лет. Что особенно важно, в условиях спада промышленного производства обостряется проблема обеспечения безаварийной эксплуатации подъемных сооружений, так как травматизм на объектах производственной эксплуатации подъемных сооружений занимает третье место, после горнорудной и угольной отраслей. Проблема усугубляется, так как с одной стороны, парк подъемных сооружений значительно постарел (по данным Российского речного регистра более 90% плавучих кранов, используемых на внутренних водных путях Российской Федерации отработали нормативный срок службы), в то же время, у эксплуатантов оборудования сравнительно низкие финансовые возможности и экономическая обоснованность для обновления парка подъемных сооружений, их модернизации, замены и восстановительного ремонта изношенных узлов.

Основными механизмами накопления повреждений для металлоконструкций кранов являются многоцикловая усталость (МнЦУ), малоцикловая усталость (МЦУ) в местах максимальной концентрации напряжений, где возможно образование коррозионных повреждений различной природы и действие знакопеременных пластических деформаций. Сформировавшиеся в процессе эксплуатации дефекты ведут к последовательному ухудшению физико-механических параметров стали – деградации параметров предельных состояний конструктивных узлов подъемного сооружения. Приведенные условия эксплуатации и обстоятельства требуют особого наблюдения за

процессом развития и распространения дефектов при эксплуатации подъемного сооружения. Все это вынуждает конструкторов и прочнистов углубленно исследовать поведение конструкционных сталей в эксплуатационных условиях различного нагружения, добиваться понимания процессов распространения поврежденности в определенном объеме узла конструкции при эксплуатации подъемного сооружения, адекватно оценивать связанные процессы накопления повреждений и деформирования.

Рассматривая различные типы разрушения конструкций ответственных инженерных объектов, сделан вывод о том, что хрупкое разрушение конструктивных элементов, выполненных из пластичных материалов как результат процессов усталости опасно и наименее экспериментально и теоретически изучено. Теоретическая возможность определения разрушения в этих условиях в большей степени зависит от комплексного развития теории экспериментальной механики, а также специализированных методов численного расчета и уравнений состояния, с помощью которых возможно определить реальную историю изменения напряжений и деформаций в максимально нагруженных локальных зонах конструктивных элементов при весьма тяжелых режимах эксплуатации.

В последние годы для решения задач по определению процессов деградации и разрушения материалов успешно осваивается научное направление – механика поврежденной среды (МПС). Механика поврежденной среды является достаточно точным, но сложным и трудоемким подходом, требующим большой экспериментальной программы, определения процессов, проходящих в конструкционных сталях. Развитие вычислительной и экспериментальной инновационной техники, а также методов решения краевых нелинейных задач на программных комплексах позволяет использовать современные уравнения МПС для оценки выработанного прогноза остаточного ресурса машиностроительных объектов и подъемных сооружений в процессе эксплуатации.

Различают три основных класса объектов в зависимости от последствий отказов:

1-ый класс. Объекты, функциональный отказ которых создает угрозу для жизни и здоровья людей, окружающей среды или приводит к тяжелым экономическим потерям;

2-ой класс. Объекты, функциональный отказ которых может привести к существенным экономическим потерям;

3-ий класс. Объекты (изделия) общего пользования, отказы которых приводят к несущественным последствиям.

Совокупности нормативных показателей и правил, выполнение которых обеспечивает фактическое достижение требуемых характеристик прочности и надежности объекта как по составу, так и по величине, должны быть соразмерны с классом объекта, так как повышение требований (уменьшение риска) неизбежно ведет к увеличению стоимости и длительности работ по их выполнению.

Одним из основных вопросов является рациональное сочетание необходимости максимального учета всех физических воздействий и явлений, которые могут влиять на скорость процессов поврежденности и выбора практически реализуемых подходов к количественной оценке степени влияния этих воздействий и явлений. На стадии проектирования объекта наибольшая опасность таится в возможности пропуска какого-либо фактора (или ряда факторов), которые могут в реальных условиях эксплуатации оказывать существенное влияние на изменение остаточной прочности (ресурса) объекта. Для обеспечения полноты учета всех существенных факторов должны быть использованы все способы снижения вероятности пропуска: экстраполяция от достигнутого, анализ опыта, аналогии, прецеденты, экспертные оценки и т.д.

Все выявленные факторы должны быть ранжированы по ожидаемой степени влияния с выделением групп факторов, раздельный учет которых недопустим.

Так как процесс старения объекта (накопление повреждений, уменьшение остаточной прочности) зависит от условий его эксплуатации, то уровень знаний об этих

условиях на основе изучения фактической эксплуатации определяет культуру обеспечения прочности и надежности, а для ответственных объектов предупреждение серьезных аварий и катастроф.

Правильное значение условий эксплуатации, но только «в среднем» – недостаточно. Для ответственных объектов необходимо знать индивидуальные условия эксплуатации на каждый (или любой выбранный) момент наработки, фактически определяющие к данному точному моменту текущую остаточную прочность объекта (выработанный ресурс) и позволяющие эксплуатировать объект с учетом фактических темпов его деградации.

Для сложных объектов число факторов, влияющих на процессы старения объекта велико, а сами факторы достаточно разнородны и требуют для своего изучения целый спектр наукоемких методов и средств с большой трудоемкостью.

Для предотвращения аварийных ситуаций на ответственных объектах необходима специальная нормированная процедура диагностики построенная с учетом свойств живучести объекта. Целесообразно на стадии эксплуатации последовательное продление текущих назначенных ресурсов вплоть до достижения планового ресурса до списания, а в случае необходимости и далее (продление ресурса). Это приводит к необходимости обязательного контроля и анализа технического состояния эксплуатирующегося объекта перед каждым допуском объекта на очередной этап эксплуатации. Прогноз уровня безопасности объекта при этом осуществляется лишь на относительно короткий срок, равный продолжительности этапа.

Сроки контроля устанавливаются из условия, чтобы остаточная прочность, уменьшающаяся из-за развивающихся процессов деградации, на последующем этапе эксплуатации объекта не достигла критической. При этом используется информация о текущем техническом состоянии объекта, о прогнозной модели эксплуатации объекта на последующем интервале эксплуатации, о темпах развития поврежденности по доминирующим на данном этапе физическим механизмам деградации, о связи текущей поврежденности объекта с его остаточной прочностью.

1. Модель поврежденной среды для оценки деградации материала по механизму многоциклового усталости

Согласно статистике, более 80% всех разрушений, в том числе и металлоконструкций подъемных сооружений, происходят из-за усталостных дефектов конструкции. Поэтому определение критических и предельных состояний конструкций и материалов, работающих в условиях циклического нагружения, с учетом технологии производства, эксплуатационных и конструктивных факторов, является одной из важнейших задач в современном строительстве и машиностроении.

Многолетние экспериментальные и теоретические исследования усталостных повреждений позволяют сделать вывод о том, что усталость охватывает две области циклического нагружения, отличающиеся друг от друга.

На рис. 1 представлены данные усталостной экспериментальной долговечности стареющей стали [1] в координатах десятичного логарифма «пластическое деформирование – число циклов до разрушения» и «упругая деформация – число циклов до разрушения» для определения кривой, показывающей отношение между усталостной долговечностью и полной деформацией (1 – общая кривая усталостной долговечности, 2 – кривая многоциклового усталости, 3 – кривая малоциклового усталости).

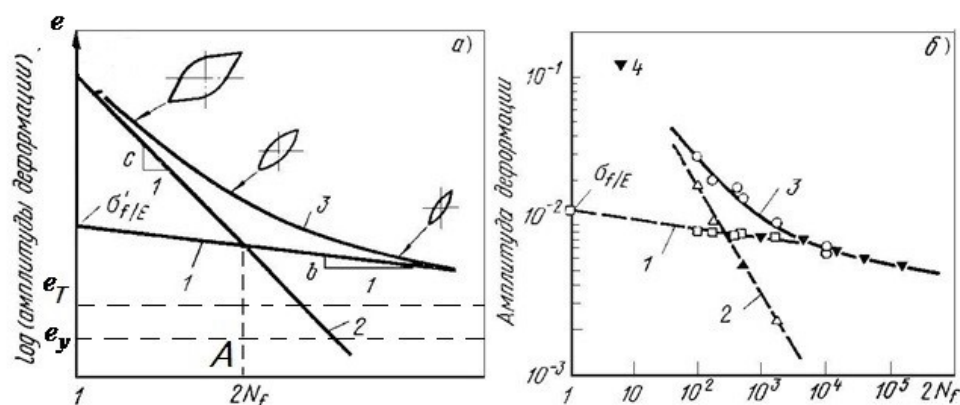


Рис. 1.

Одна из определенных областей (область МЦУ) – определена при циклическом нагружении, при котором во время определенного цикла проходят знакопеременные пластические макроскопические деформации. Эта область характеризуется небольшим числом циклов N_f до усталостного разрушения ($N_f \leq 10^4$) и реализуется в элементах конструкций в зонах высоких температур и конструктивной концентрации напряжений при номинальных допускаемых напряжениях $0,5 \div 0,8 \sigma_T$ (предела текучести) материала. Процесс малоциклового усталости (МЦУ) сопровождается циклическим упрочнением (или разупрочнением) материала и нелинейной зависимостью «напряжение-деформация» при циклическом деформировании. Малоцикловая усталость в значительной мере зависит от циклических свойств конструкционного материала и истории его нагружения.

Другая область – циклического нагружения, при котором макроскопическая деформация во время каждого цикла принимается упругой, а пластическими деформациями пренебрегают. Указанную область определяют малые нагрузки и большие значения долговечности ($N_f > 10^5$). Эта область называется многоциклового усталостью. Именно с помощью циклической макроскопической деформации возможно отличить малоцикловую усталость от многоциклового.

В области долговечностей $N_f = 10^4 \div 10^5$ – циклов действуют одновременно два начальных механизма деградации прочностных свойств любого материала.

Согласно последней тенденции общепринято полагать, что процесс разрушения усталостного характера включает в свой состав три фазы. Первая фаза описывается накоплением распределенных по всему материальному объему повреждений, что является причиной возникновения макротрещины. После наступает вторая фаза – описываемая устойчивым развитием трещины. При достижении трещиной критического геометрического размера наступает третья фаза – неустойчивый рост трещины с большой скоростью до полного разрушения.

К настоящему моменту сформировано подтвержденное физическое представление о факте появления макроскопической трещины, так ее развитие предопределяется внутренним ослаблением материала из-за распространения дефектов, ведущих к образованию трещин и их распространению, а также к снижению физико-механических свойств материала, причиной этого являются изменения в микроструктуре материала, что ведет к: снижению общей прочности материала, снижению величины ударной вязкости, что в целом ведет к сокращению остаточного ресурса. Продолжительность последующего интервала разрушения описывается временем распространения существующей трещины в макроструктуре до критических размеров. С учетом теории механики сплошной среды, первый интервал можно описать с помощью уравнений механикой поврежденной среды (МПС), а второй – механикой разрушения (МР).

Модель поврежденной среды при МнЦУ, развитая в [2, 5], включает в себя три взаимосвязанные части:

- соотношения, определяющие зависимость между тензорами деформаций и напряжений с определением связи от процесса разрушения;
- эволюционные уравнения, определяющие процесс кинетического накопления повреждений, носящих усталостный характер;
- критерии прочности поврежденного материала.

а) Уравнения состояния.

В упругой зоне работы материала зависимость между девиаторными и шаровыми переменными тензорами деформаций и напряжений определяется положениями, изложенными законом Гука:

$$\sigma = 3Ke, \quad \sigma'_{ij} = 2Ge'e'_{ij}$$

$$\Delta\sigma = 3K\Delta e + K\sigma/K, \quad \Delta\sigma'_{ij} = 2G\Delta e'e'_{ij} + G\sigma'_{ij}/G \quad (1)$$

здесь $\sigma, \Delta\sigma, e, \Delta e$ – шаровые, а

$\sigma'_{ij}, \Delta\sigma'_{ij}, e'_{ij}, \Delta e'_{ij}$ – девиаторные составляющие тензоров напряжений σ_{ij} , упругих деформаций e'_{ij} и их приращений $\Delta\sigma'_{ij}, \Delta e'_{ij}$ соответственно;

$K(\omega)$ – модуль сжатия объемного;

$G(\omega)$ – модуль сдвига (функция поврежденности накопленной ω).

б) Уравнения накопления повреждений, носящих усталостный характер.

Математическая модель среды с повреждениями, при влиянии механизма МнЦУ базируется на критерии В.Т. Трощенко, экспериментально обоснованно доказанном для рассматриваемых классов конструкционной стали, при регулярном симметричном циклическом нагружении [8]:

$$\sum_1^{N_f} \Delta W_o = \sum_1^{N_f} [\Delta W_e - \Delta W_y \left(\frac{\Delta W_e}{\Delta W_y} \right)^{\alpha^*}] = \text{const}, \quad (2)$$

где $\sum_1^{N_f} \Delta W_o = W_f = \text{const}$

– критическая удельная работа, соответствующая зарождению макроскопической усталостной трещины в элементарном объеме материала;

$$\sum_1^{N_f} \Delta W_e = \sum_1^{N_f} \sigma'_{ij} \Delta e'_{ij}$$

– удельная полная работа составляющих девиатора напряжений на рассмотренных девиаторах упругой деформаций, сформированная за определенное количество N_f циклов;

$$W_u = \sum_1^{N_f} [\Delta W_y \left(\frac{\Delta W_e}{\Delta W_y} \right)^{\alpha^*}]$$

– «неопасная» часть удельной, полной, сформированной работы;

$\Delta W_y = \sigma_u \Delta e_u$ – удельная работа напряжения на девиаторах, за определенные циклы нагружения, определяющая предел усталостной выносливости стали.

Для несимметричного нагружения, носящего нерегулярный циклический характер нагружения, на рассматриваемом промежутке времени $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ отношение (2) определяется в следующем виде [9]:

$$\Delta W_0 = \Delta W_e [1 - f(\gamma)], \quad \gamma = \frac{\sigma_u}{\sigma_y}, \quad \Delta W_e = \frac{\sigma'_y \Delta e'^e_{ij}}{2}, \quad (3)$$

где $\sigma_u = (\sigma'_{ij} \sigma'_{ij})^{1/2}$ – продолжительность воздействия тензоров напряжения в материале,

$\Delta e^e_u = (e'^e_{ij} e'^e_{ij})^{1/2}$ – приращение деформаций по интенсивности,

σ_y – напряжения на временном промежутке интенсивности тензора, что соответствует определенному пределу выносливости материала,

ΔW_0 – «опасная» часть полной удельной энергии упругого деформирования ΔW_e ;

ΔW_e – девиаторная часть удельной энергии упругого деформирования;

$\Delta W_n = \Delta W_e \cdot f(\gamma)$ – «неопасная» часть удельной энергии ΔW_e на этапе нагружения.

Функция $f(\gamma)$ – функция относительного значения амплитуды интенсивности напряжений, характеризующая степень влияния механизма многоциклового усталости на кривую усталости. Данную функцию можно представить в виде уравнения, и графически она представлена на рис. 2:

$$f(\gamma) = \begin{cases} 1 & \text{при } \gamma \leq 1 \\ 1 - b^* \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma^* - 1} \right)^m & \text{при } \gamma =, 1 \leq \gamma \leq \gamma^* \\ 1 - b^* & \text{при } \gamma \geq \gamma^* \end{cases} \quad (4)$$

Интервал $\gamma \in [0, 1]$ определяется областью непрогрессирующей трещины усталостного характера, на рис. 2 это кривая лежащая ниже значения σ_y , соответствующего условному пределу выносливости материала. Интервал $\gamma \in (1, \gamma^*)$ определяет области образования трещины усталостного характера по механизму многоциклового усталости. Данная область на рис. 2 лежит левее области А, а диапазон $\gamma > \gamma^*$ соответствует области образования усталостной трещины по совместному механизму малоциклового и многоциклового усталости.

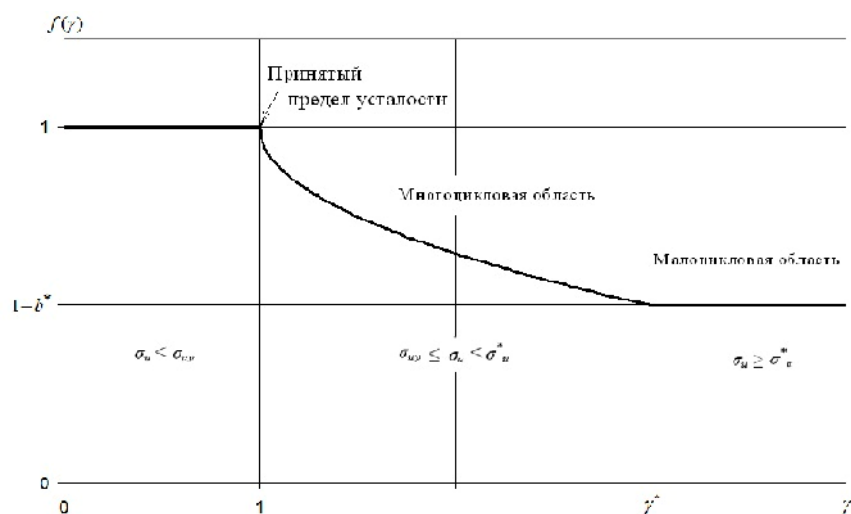


Рис. 2

Теоретический и экспериментальный анализ процесса распространения повреждённости дефектов в материале позволяет обобщить прикладной вид эволюционного уравнения накопления повреждений, носящих усталостный характер в элементарном объёме материала в общем виде [10]:

$$\dot{\omega} = f_1(\theta) f_2(\beta) f_3(\omega) f_4(Z) \langle \dot{\epsilon}_I \rangle,$$

где функция $f_1(\theta)$ учитывает зависимость вводимых параметров траектории деформирования,

$f_2(\beta)$ – вид (объёмность) напряжённого состояния,

$f_3(\omega)$ – уровень накопленной повреждённости,

$f_4(Z)$ – накопленная относительная энергия, затраченная на образование дефектов.

Уточнение приведенного отношения при усталостных деформациях ведет к последовательной записи уравнения накопления повреждений [2]:

$$\Delta\omega = \frac{\alpha+1}{r+1} f(\beta) z^\alpha (1-\omega)^{-r} \Delta z, \quad (5)$$

$$z = \sum \Delta z_i, \quad \Delta z_i = \frac{\Delta W_{ei}}{W_f} [1 - f(\gamma_i)], \quad (6)$$

где α и r – материальные параметры;

$$W = \sum \Delta W_{ei};$$

W_f – критическое значение «опасной» энергии повреждения в момент образования макроскопической трещины, для частного случая регулярного циклического нагружения получим:

$$\omega = 1 - \left[1 - \left(\frac{N}{N_f} \right)^{\alpha+1} \right]^{\frac{1}{\beta+1}}. \quad (7)$$

где N_f – число циклов до разрушения.

Содержание уравнения (7) аналогично структуре уравнения накопленных повреждений, носящих усталостный характер, определенных в работах [4, 6, 8].

в) *Критерий прочности повреждённого материала.*

Для определения критерия завершения фазы распространения рассеянных повреждений микроструктуры, назначается условие достижения величиной поврежденности своего критического значения:

$$\omega = \omega_f \leq 1. \quad (8)$$

Проинтегрировав представленные эволюционные уравнения накопления повреждений, по заданной владельцем или организацией-эксплуатантом истории загрузки конструкции по циклам в определенном рассматриваемом объеме стали, возможно определить начало формирования дефекта в виде трещины в макроструктуре по различным механизмам, определенных в теории МнЦУ.

На рис. 3 представлены результаты расчёта усталостной кривой Стали 3 при одноосном циклическом растяжении-сжатии лабораторного образца (точками обозначены экспериментальные данные).

Полученная расчётная кривая многоциклового усталости с точностью, необходимой для инженерных расчетов качественно и количественно согласуется с полученными экспериментальными данными, что подтверждает достоверность определяющих соотношений механики поврежденной среды и правильности выбранных материальных параметров модели.

В настоящее время развиваются различные подходы к решению проблемы оценки выработанного ресурса объектов в процессе эксплуатации:

- методы, базирующиеся на диагностическом определении состояния конструкции материала и узлов неразрушающими физическими методами контроля;
- подходы, основанные на исследовании изменения некоторых диагностических параметров объекта в процессе (например, техническое вибродиагностирование);
- подходы, основанные на математическом моделировании процессов деградации материала на базе современных методов механики поврежденной среды, механики разрушения в условиях эксплуатации с учетом индивидуальных свойств объектов.

Эффективный результат дает совместное использование всех подходов.

Существует большое количество механизмов, позволяющих прогнозировать алгоритм выработки ресурса опасного производственного объекта в зависимости от условий его эксплуатации: многоцикловая усталость, малоцикловая усталость, длительная прочность, коррозия и др. Для указанных механизмов образование макроскопической трещины является результатом последовательного действия определенного числа очень сложных с позиции преобразования начальной характеристики структуры исследуемой стали, начиная с зарождения, развития и взаимодействия разных типов рассматриваемых дефектов кристаллической решетки в металлах и взаимодействии иерархических структурных составляющих различного уровня. Необратимые изменения в структуре материала обуславливают зарождение и рост трещины в макроструктуре рассматриваемого материала и являются неотъемлемой составляющей процесса разрушения материала.

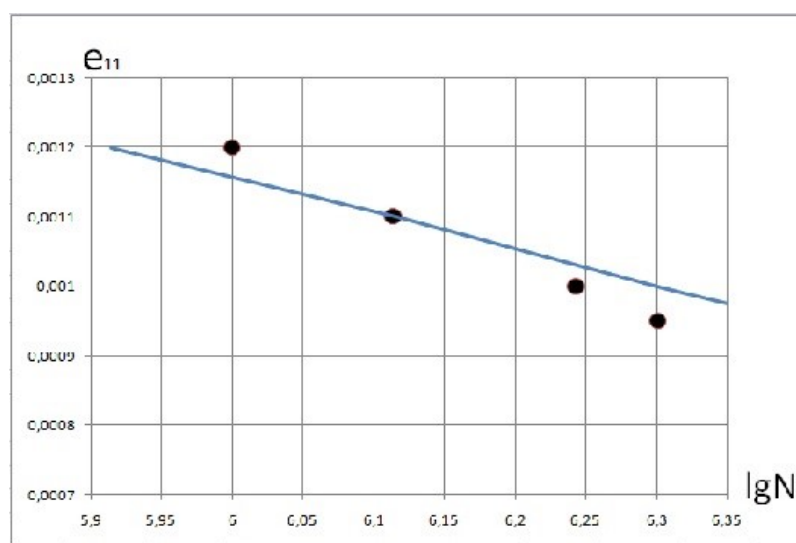


Рис. 3

В этом понимании остаточный ресурс объекта является текущим состоянием, зависящим от условий предшествующей и будущей эксплуатации объекта, которое реализуется на индивидуальном объекте с учетом проводимого систематического переоценки очередных прогнозов, «отслеживания» реального состояния, использования обратных связей и т.д., то есть такого рода деятельности, которую принято обозначать обобщающим термином «мониторинг».

Мониторинг насыщается определенными методами, имеющими цель определения базового объема рассматриваемых элементов и определенных решений систем результатов мероприятий, применяющихся к объекту на всех этапах его жизни, начиная с проектирования.

2. Численные результаты оценки долговечности балочной коробчатой металлоконструкции грузоподъемной стрелы крана плавучего КПЛ 16-30

Для определения возможности использования на практике метода математического моделирования истощения ресурса подъемного сооружения, был выполнен расчет металлической конструкции грузоподъемной стрелы крана плавучего КПЛ 16-30, изготовленного в 1989 году заводом «Теплоход» г. Бор, зав. №2089. За время эксплуатации краном плавучим было совершено 431250 циклов и (по данным организации-владельца) перегружено 3460000 тонн навалочного груза. Материал производства несущей металлоконструкции крана СтЗкп. Определение напряженно-деформированного состояния металлоконструкции крана плавучего выполнялось с учетом условий эксплуатации подъемного сооружения – для расчета был определен условный режим эксплуатации крана, характеризующийся предельной грузоподъемностью – 16 тонн, максимально допускаемой ветровой нагрузке в рабочем состоянии, соответствующей скорости ветра 15 м/с, предельно возможному в условиях эксплуатации инерционной нагрузке и максимальному крену понтона – 3°.

Физико-механические характеристики Стали 3 кипящей были выбраны на основе нормативных документов и химического состава стали: модуль упругости Юнга $E=1,94 \times 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu=0,28$, предел текучести $\sigma_T = 230$ МПа, плотность $\rho=7820$ кг/м³. Балочная металлоконструкция стрелы проектировалась в натуральном масштабе с соблюдением принятых параметров и габаритных размеров. Металлоконструкция стрелы имеет симметричное сечение, поэтому в расчете принята половина конструкции стрелы, назначенная по оси симметрии стрелы. Каждое соеди-

нение, используемое для сборки металлоконструкции стрелы было заменено на абсолютно жесткое – сварное, при этом сам сварной шов не моделируется. Моделирование основания стрелы не выполнялось, вместо этого в местах расположения поворотного шарнира стрелы – основание каркаса машинного отделения и в узле крепления тяги подвижного противовеса, были наложены граничные условия, исключающие перемещение узлов по всем осям и направлениям, поворот вокруг осей и плоскостей так же исключался. Принимая характеристики использованной прокатной стали, идеальное представление о конструкции каркаса и его разбиение на сетку конечных элементов проводилось с использованием 8, 10, 20-узловых конечных элементов, симметричных в поперечном сечении. На рис. 4 представлена модель стрелы, на рис. 5 представлена модель стрелы с сеткой конечных элементов.

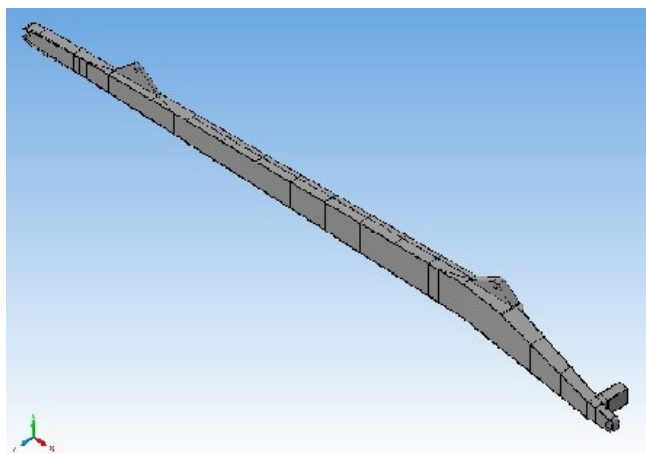


Рис. 4.

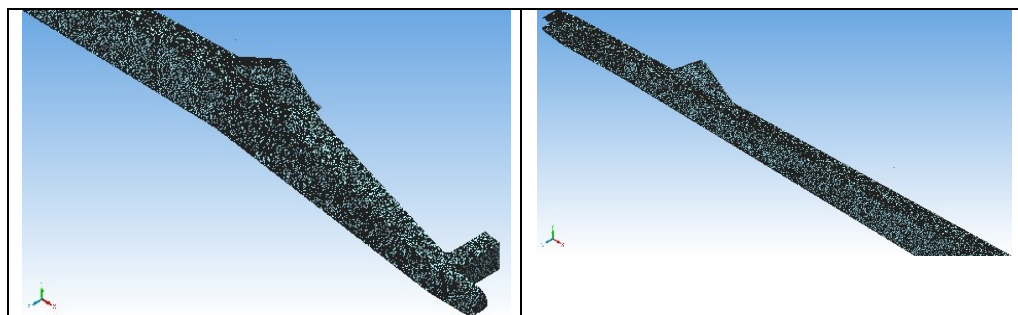
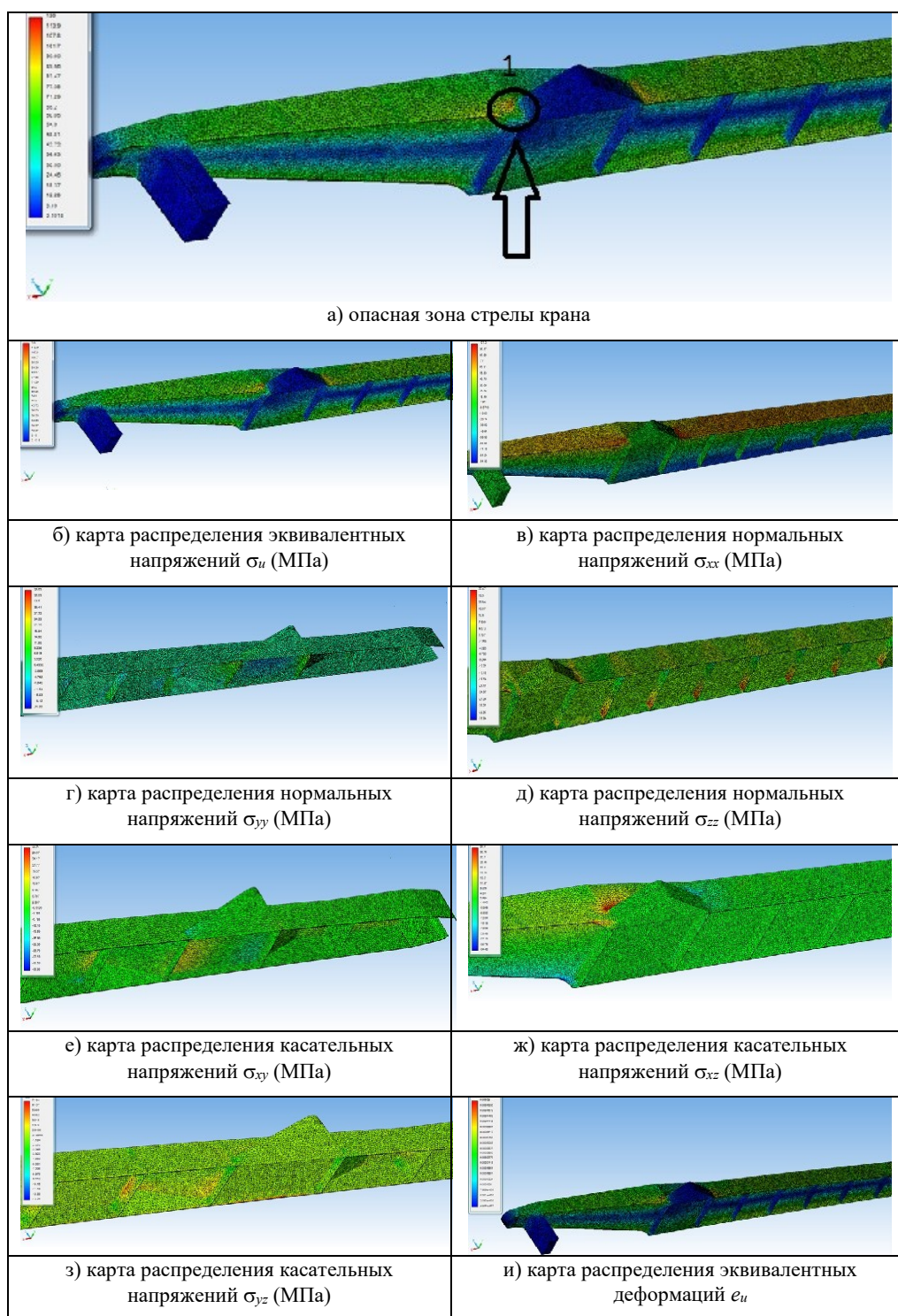


Рис. 5.

Результаты расчета напряженно-деформированного состояния в опасной зоне стрелы представлены на рис. 6. Видно, что напряженное состояние имеет трехосный (объемный) характер, а максимальное эквивалентное напряжение в опасной зоне стрелы крана (рис. 6а) составляет 120 МПа (область МнЦУ).



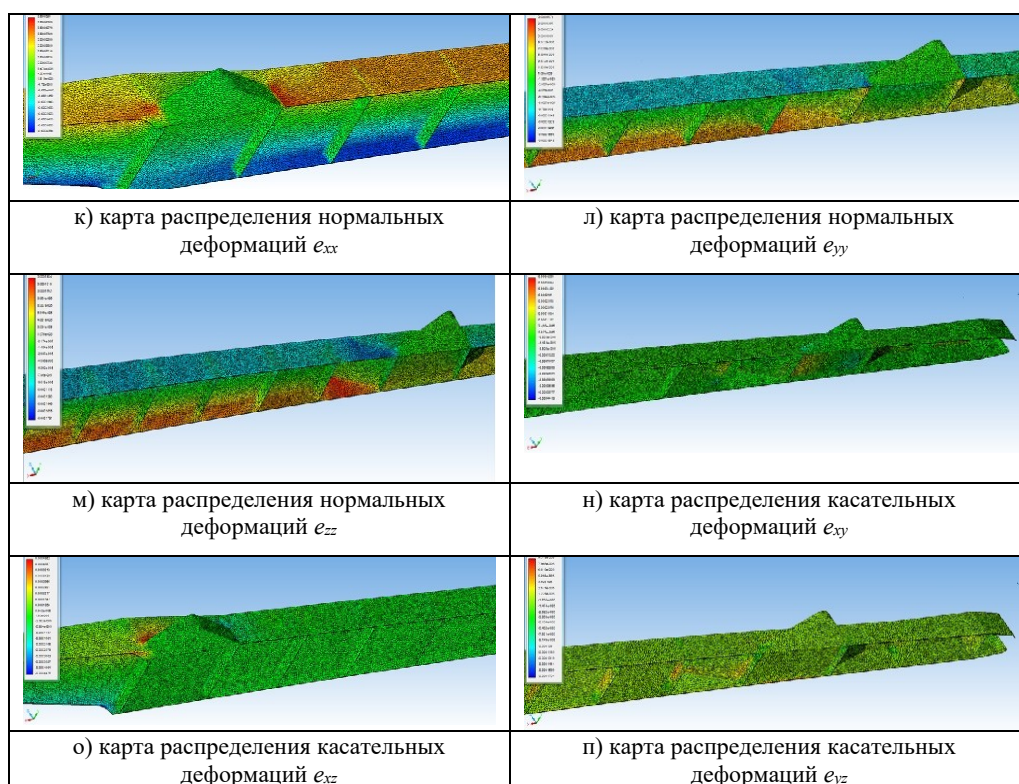


Рис. 6

На базе проведенного анализа кинетики НДС(напряженно-деформированного состояния) в металлоконструкции стрелы выявлена опасная зона 1 с наиболее интенсивным процессом накопления повреждений (рис. 6а). Затем для этой зоны путем интегрирования уравнения накопления усталостных повреждений, для заданной истории нагружения в этой зоне, определяется накопленная к данному моменту времени поврежденность, и делается вывод об усталостной долговечности стрелы крана.

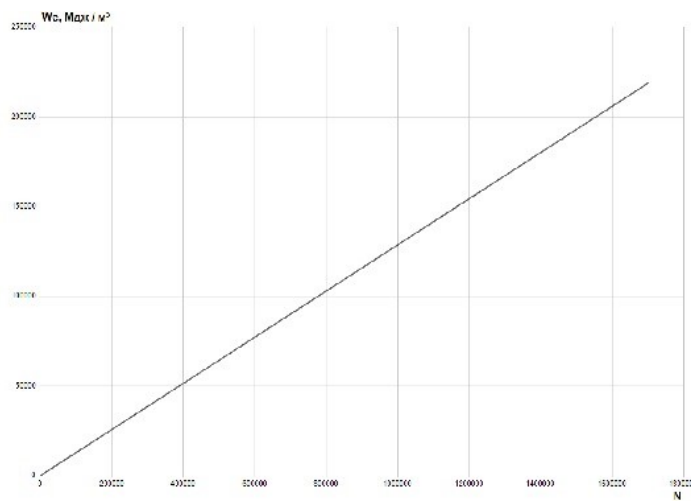
Результаты расчета тензора деформаций в опасной зоне стрелы показывают, что максимальные значения деформаций имеют вид:

$$(\epsilon_{ij}) = \begin{pmatrix} 0,000526 & 0,0004286 & 0,0004862 \\ 0,0004286 & 0,0001571 & 9,313 \times 10^{-5} \\ 0,0004862 & 9,313 \times 10^{-5} & 0,0001484 \end{pmatrix} \quad (9)$$

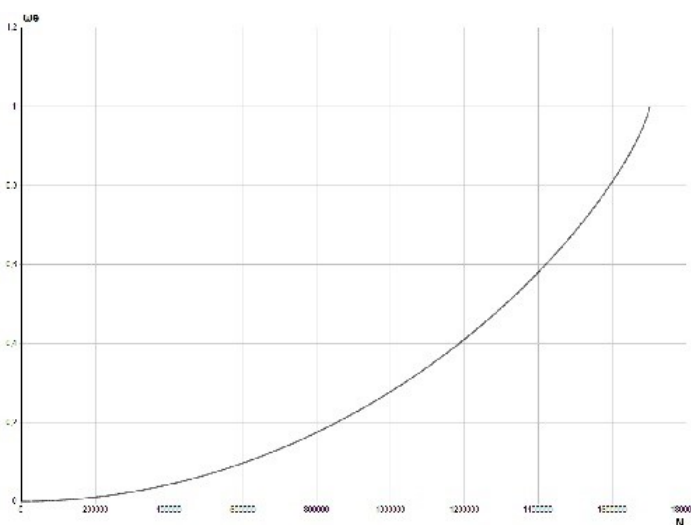
Для определения усталостной долговечности крана система определяющих соотношений МПС интегрировалась по заданному закону изменения деформаций. Расчеты получены при следующих значениях материальных параметров определяющих соотношений МПС: $W_f=5050$ кДж/см³; $r=0,3$; $\alpha=1$; $\sigma_y=61,5$ МПа; $m=5,3$; $\gamma^*=3,75$; $b^*=0,3$.

Расчет процесса циклического деформирования и накопления усталостных повреждений проводился по программе «EXPMODEL», разработанная на кафедре «Прикладная механика и подъемно-транспортные машины» ФГБОУ ВО ВГУВТ, предназначенной для расчетного моделирования неізотермического вязкопластического деформирования и накопления повреждений в конструкционных материалах (металлах и сплавах) при произвольном нерегулярном нестационарном термомеханическом нагружении.

На рис. 7а приведена зависимость энергии, идущей на образование повреждений от числа циклов нагружения, а на рис. 7б зависимость величины повреждения ω от числа циклов нагружения. Видно, что, несмотря на то, что зависимость энергии от числа циклов нагружения носит почти линейный характер зависимость величины повреждения ω от числа циклов нагружения носит экспоненциальный характер.



а)



б)

Рис. 7

На рис. 8 показана кривая повреждения ω от числа относительных циклов нагружения N/N_f , где N_f – число циклов до образования макротрещины, маркером обозначено полученное значение накопленной поврежденности. Большой анализ и опыт экспериментальных характеристик, полученных на различных по свойствам и структуре материалах и режимах нагружения позволили определить, что в зависимости от эксплуатационных и физико-механических свойств материалов и термомеханических воздействий уровень повреждения, при котором образуется макроскопическая трещина лежит в интервале $0,2 \leq \omega \leq 0,8$ – зона повышенного риска образова-

ния макроскопической трещины [3, 7]. Анализируя полученный результат матриц максимальных деформаций и напряжений, сделан вывод о том, что количество накопленных повреждений находится в относительно опасной зоне (зоне повышенного риска образования макроскопической трещины).

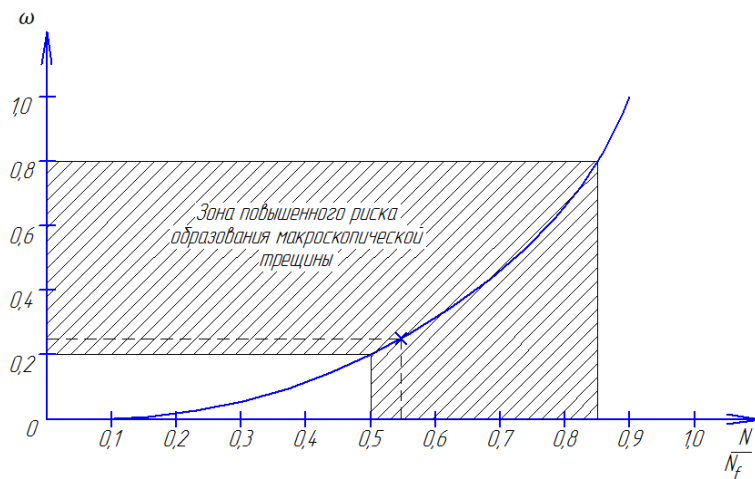


Рис. 8

Заключение

По результатам расчетной оценки металлоконструкции стрелы плавучего крана КПЛ 16-30 зав. №2089 сделан вывод о текущем ресурсе металлоконструкции стрелы крана (остаточный ресурс находится в зоне повышенного риска образования макроскопической трещины). Таким образом, эксплуатация крана в паспортном режиме допускается с проведением ежегодной экспертизы промышленной безопасности, с применением неразрушающих методов контроля опасных узлов металлоконструкции стрелового устройства.

Список литературы:

- [1] Троценко В.Т. Энергетический критерий усталостного разрушения. / Троценко В.Т., Фомичев Л.А. // Проблемы прочности. № 1. Киев. – 1993. – С. 3–10.
- [2] Боднер, Линдхолм. Критерий приращения повреждения для зависящего от времени разрушения материалов // Теоретические основы инженерных расчетов. 1976, №2. С. 51 – 58.
- [3] Романов А.Н. Разрушение при малоцикловом нагружении / А.Н. Романов. – М.: Наука, 1988. – 279 С.
- [4] Коротких, Ю.Г. Моделирование эффектов локальной анизотропии упрочнения в рамках модели пластичности с комбинированным упрочнением / Ю.Г. Коротких, Г.А. Маковкин, В.А. Сбитнев // Прикладные проблемы прочности и пластичности. Численное моделирование физико-механических процессов : межвуз. сб. / М.: Товарищ. научн. изд. КМК. – 1995. – С. 23–31.
- [5] Волков И.А. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями / И.А. Волков, Ю.Г. Коротких – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 424 С.
- [6] Chaboche J.L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation / J.L. Chaboche // Journal Engineering Design. – 1981. – vol. 64. – P. 233–247.
- [7] Леметр Ж. Модель механики повреждения сплошных сред при вязком разрушении // J. of Engineering Materials and Technology. 1985. V. 107. P.3–9
- [8] Коротких Ю.Г. Математическое моделирование процессов деформирования и разрушения конструкционных материалов / Ю.Г. Коротких, И.А. Волков, Г.А. Маковкин – Н. Новгород: ВГАВТ, 1996. – 345 с.
- [9] Chaboche J. L. Continuous damage mechanics a tool to describe phenomena before crack initiation // Engineering Design. 1981. vol. 64. p. 233–247.

[10] CAD/CAE система APM WinMachine

EVALUATION OF THE STRESS-STRAIN STATE AND THE FATIGUE LIFE OF METAL FLOATING CRANE KPL 16–30 ON ITS ACTUAL , OPERATIONAL LOADING

A.S. Yablokov, A.I. Volkov, D.N. Shishulin

Keywords: *metalwork, macrocrack, mechanic damaged the environment, floating crane, micro-defects, life, strength, cycle fatigue.*

To predict a residual resource and determining the generated Welded beam metalworks boom floating crane, lifting capacity of 16 tonnes on the basis of methods of the theory of mechanics of the damaged environment, while strengthening the process degradate considered steel material on the mechanism of high-cycle fatigue, evaluated the kinetics of the stress-strain state hazardous areas considered jib metal floating and a forecast of its residual resource boom on his actual operational loading.

Статья поступила в редакцию 21.09.2016 г.

Раздел IV

**Судостроение, судоремонт
и экологическая безопасность судна**

Section IV

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

УДК 658.5: 629.5

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

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ключевые слова: судостроительные и судоремонтные предприятия (верфи), автоматизация систем управления и планирования, управление проектами на предприятиях, эффективность систем управления проектами, информационные технологии.

В статье рассматриваются вопросы целесообразности внедрения автоматизированных систем управления проектами и производством на отечественных судостроительных и судоремонтных предприятиях. Приведены общие рекомендации к внедрению и адаптации эффективных систем управления проектами с учётом специфики предприятий.

В настоящее время на отечественных судостроительных и судоремонтных предприятиях приобретают всё более широкую популярность различные автоматизированные системы управления проектами. Зачастую такие системы позиционируются как некая панацея от возможных кризисных явлений и инструмент для достижения конкурентных преимуществ на внутреннем и мировом рынках судостроительных и судоремонтных услуг. Это (особенно последнее) не лишено оснований, так как автоматизация процедур управления проектами в целом действительно является весьма эффективным способом обеспечения выполнения контрактных обязательств, развития предприятия, повышения эффективности его работы, планирования и управления производством продукции.

Таким образом, обстоятельствами, обуславливающими внедрение систем управления проектами на отечественных верфях, можно считать следующие:

- высокая степень конкуренции и повышенные требования к качеству продукции, необходимость применения сертификации и систем управления качеством;
- необходимость в оптимизации и координации действий верфи со смежными предприятиями, включая определённую синхронизацию структур управления ими;
- необходимость серьёзных изменений в существующей структуре предприятия и организации производства;
- необходимость сокращения сроков маркетинговых исследований, проектирования изделий, материально-технического снабжения предприятия и подготовки производства;
- возникновение конкурирующих проектов и производств;
- необходимость работ по совершенствованию структуры системы управления проектами на основе комплексных решений;
- всё возрастающие объёмы информации всех видов, необходимость увеличения скорости её обработки и т.д.

Напомним, что система управления проектами представляет собой комплекс мероприятий по разработке и реализации управленческих решений, которые охватывают все этапы проектирования и изготовления продукции с учётом установленных временных, бюджетных и ресурсных ограничений [1]. То есть, автоматизированная система управления проектами объединяет разнообразные виды деятельности, направленные на достижение чётко определённых целей и результатов, синхрониза-

цию в пространстве и времени большого числа взаимосвязанных действий с чётким определением и строгими ограничениями начала и окончания этих действий.

При внедрении на верфях систем управления проектами выделяют следующие основные этапы (см. табл. 1) [2].

*Таблица 1***Основные этапы внедрения на верфях систем управления проектами и их содержание**

№ п/п	Наименование этапа	Содержание этапа
1	Инициализация проекта	Процесс управления проектом, который состоит из авторизации, начала и очередной фазы жизненного цикла проекта
2	Планирование	Процесс, включающий определение и согласование способа действий для достижения определённых целей проекта
3	Исполнение	Процесс осуществления плана проекта посредством организации выполнения работ и координации исполнителей
4	Контроль исполнения	Процесс сравнения запланированных и фактических показателей выполнения проекта, анализ отклонений и их причин, ликвидация нежелательных отклонений
5	Завершение проекта	Процесс окончания работ и завершения всего проекта

Ожидаемые конкурентные преимущества при этом сводятся к следующему:

- повышение качества планирования и управления производством и, как следствие, качества выпускаемой продукции;
- разработка и совершенствование базы знаний предприятия по управлению проектами, связанной с накоплением, обобщением, систематизацией и анализом опыта реализованных проектов;
- создание сбалансированной системы организации и управления производством (и предприятием), ориентированной на достижение стратегических целей предприятия;
- возможность корректировать производственные задачи в соответствии с чёткими критериями, учитывая их взаимное влияние;
- возможность оценки процесса внедрения системы и корректировки вероятных отклонений от поставленной цели;
- проверка и координация использования ресурсов, повышение эффективности их использования и точности планирования запасов;
- повышение эффективности взаимодействия сотрудников и подразделений верфи;
- возможность получения «единой картины» выполнения всех проектов;
- возможность оперативного контроля статуса проектного портфеля;
- контроль достижения стратегических целей предприятия;
- контролирование сроков выполнения проектов;
- контролирование бюджета проектов и прогнозирование освоения выделенного бюджета, а также соблюдение финансовой дисциплины;
- непрерывное контролирование по основным точкам общего хода проекта;
- возможность оперативного проведения внутренних аудитов и выполнения своевременных корректирующих воздействий.

В условиях нестабильной экономической ситуации перечисленные конкурентные преимущества могут оказаться решающими в борьбе за портфель заказов.

Несмотря на преодоление (в целом) негативных проявлений экономического кризиса, в своём большинстве российские верфи продолжают сталкиваться со сложностями в виде [3]:

- неполной загрузки производственных мощностей и, как следствие, – увеличением доли накладных расходов в себестоимости изготавливаемой продукции;

– нехваткой средств на обновление структур управления предприятием. Как следствие, устареванием систем управления и продолжением использования структур, основанных на бюрократических принципах управления, включая иерархическое распределение полномочий и ответственности, стандартные правила управления исходя из прецедентов и т.д.;

– острый дефицит финансирования предприятия с одной стороны, а с другой – неэффективное использование ресурсов: оборудования, материальных запасов, персонала.

В результате, большинство верфей имеют низкую эффективность производства и сложно управляемы. Внедрение автоматизированных систем управления проектами может оказаться весьма кстати, так как позволит сосредоточиться на достижении поставленных целей, осуществлять короткое и прямое взаимодействие между смежными предприятиями и структурными подразделениями верфи, разделять и координировать этапы производственного процесса. Это может способствовать достижению высокой эффективности управления производством по срокам выполнения контрактных обязательств, оптимизации сроков и затрат на выполнение отдельных этапов и работ, координации работ по всем разделам подготовки и обеспечения производства.

Как показывает практика, основную сложность при внедрении автоматизированных систем управления проектами представляет грамотный выбор программного продукта и соответствующего информационного обеспечения, адекватного всем требованиям конкретной верфи. В источнике [4] рассмотрены наиболее популярные у отечественных пользователей программные продукты – иностранные: *Microsoft Project*, *Spider Project*, *Primavera*, *Open Plan*, *AVEVA PDMS 12* в различных версиях; и отечественные: *ЛОЦМАН:КБ* (разработчик «Аскон»), *Global-MFS*, «Троникс» (САПР «Невского» ПКБ), Аванта. В настоящее время некоторые из перечисленных систем управления проектами успешно внедрены на нескольких отечественных верфях.

В качестве примера можно привести внедрение системы «Троникс» на «Северной верфи» (г. Санкт-Петербург). Эта информационная система может выполнять все задачи управления производством от его инженерной подготовки до планирования, снабжения, складского учёта и управления производственными участками на безбумажной основе в единой базе данных, обеспечивая соответствие уровню мировых систем класса MRP II. По мнению специалистов завода – пользователей данной системы, в настоящее время она является единственной на российских верфях системой, комплексно решающей всю совокупность задач верфи, включая гарантийное и послегарантийное обслуживание продукции предприятия.

Ещё одним примером успешного внедрения информационной системы управления проектами является ОАО «Выборгский судостроительный завод». На этом предприятии внедрена отечественная система *Global «Судостроительное производство»* (*Global-MFS*). Разработчиком системы является компания ООО «Бизнес Технологии». Данная система имеет различные блоки, которые позволяют управлять не только строительством, но и ремонтом судов *Global-EAM (ТОиР)*. В результате реализации этого проекта решены следующие задачи: повышена оперативность работы конструкторов и технологов и эффективность расчёта потребности в материалах и в трудовых ресурсах на заказ за счёт предоставления доступа к актуальной и достоверной информации о деятельности технического центра. В информационной базе данных системы оперативно отражается и хранится весь комплекс информации о каждом используемом документе и обо всех справочных материалах, а также данные оперативного учёта – начиная от графика разработки конструкторской документации и заканчивая данными об изготовлении деталей и сборочных единиц. Информационная база данных системы имеет доступ с любого рабочего места при условии наличия права доступа, что облегчает принятие оперативных решений, позволяет проводить быстрый анализ той или иной производственной ситуации и способствует повышению эффективности производства.

Успешное внедрение зарубежной информационной системы управления проектами выполнено на АО «Средне-Невский судостроительный завод», где в качестве основного программного продукта использована «AVEVA» и различные её подсистемы (AVEVE Marine (3D-моделирование судов), AVEVA NET, AVEVA ERM). В результате внедрения этой системы появилась возможность автоматизированной обработки электронных массивов информации - от проектирования судна до планирования ресурсов и управления проектом на всех стадиях постройки заказа. То есть, автоматизированы процессы конструкторской и технологической подготовки производства, материально-технического снабжения и планирования производства, выполнено решение задач бухгалтерского и управленческого учёта; внедрён электронный документооборот. Это позволило сократить сроки подготовки производства, повысить точность изготовления сборочных единиц и выполнять их предварительное насыщение, рассчитывать, моделировать и анализировать планируемые технологические процессы.

Из приведённых примеров следует, что в современных экономических условиях без использования автоматизированных систем управления проектами в качестве инструмента, отечественным верфям весьма сложно конкурировать не только на внешнем, но и на внутреннем рынках судостроительных и судоремонтных услуг. Однако, небольшое число верфей, на данный момент внедривших подобные системы, указывает и на то, что этот процесс проходит весьма сложно. Очевидно, это связано не только с отсутствием на верфях квалифицированных специалистов (ни один ВУЗ сегодня их не готовит), но, зачастую, и с нежеланием руководства предприятий проводить нужные изменения, так как они, как правило, связаны с определёнными материальными затратами и необходимостью реконструкции системы управления производством в целом. Из источника [5] известно, что затраты на внедрение полных автоматизированных систем управления сопоставимы с затратами на приобретение современного промышленного оборудования. При этом использование оборудования даёт прямой экономический эффект, который проявляется сразу и обеспечивает функционирование предприятия, а эффективность от автоматизированных систем управления проектами в лучшем случае проявляется через год-полтора и, к тому же, косвенным образом. К тому же, затраты времени на внедрение системы управления по срокам сопоставимы с развертывания нового производства [6]. Кроме того, процесс внедрения усложняется необходимостью учёта требований множества национальных и международных стандартов, в том числе, необходимостью создания единой информационной среды, формирования основных правил, регламентирующих терминологию, принципы и методологические подходы к управлению в различных сферах производства и т.д. Наглядную иллюстрацию возникающих при этом проблем даёт диаграмма, представленная на рис 1.



Рис. 1. Процентное соотношение основных причин, вызывающих сложности при внедрении систем управления проектами на российских верфях

Исследования авторов в области внедрения систем управления проектами позволяют сделать некоторые обобщения и выработать ряд рекомендаций, которые могут быть полезны руководству верфей при решении вопроса о внедрении системы управления проектами на верфи.

1) Цели реализации проекта должны быть определены стандартом предприятия. При этом наиболее важным является чёткая постановка задачи. Наилучший эффект можно получить, если данную часть работы выполнять вместе с заказчиком.

2) Необходимо сразу же сформировать систему показателей для внедрения на предприятии. Хороший результат могут дать регулярные совещания и обмены мнениями, мозговые штурмы и т.д., проводимые на системной основе. При этом следует внедрять именно систему, а не программу и не сетевое планирование. Сотрудники верфи должны знать о планируемых улучшениях.

3) В рамках данной системы полезно организовать соответствующее обучение сотрудников, особенно начинающих пользователей. Обучать следует аналитиков, которые непосредственно работают с программным комплексом и обеспечивают всех участников проекта необходимой информацией, а также менеджеров, сотрудников служб материально-технического снабжения и организационно-планового бюро. Полезно также разработка специальной программы помощи пользователям в освоении программного комплекса и системы мотивации персонала верфи в процессе использования этого комплекса.

4) Недостаточно ограничиваться только автоматизацией бухгалтерии, проектирования и коммерческой части документооборота. Практика показывает, что работа по внедрению современных информационных технологий сводится на нет ошибками, состоящими во внедрении новых технологий в старые проекты без коренной их реорганизации, и «точечным» их финансированием в целях сиюминутной экономии.

5) Целесообразность внедрения системы управления проектами следует оценивать путём сравнения затрат и возможного эффекта. Полезно создание специальной экспертной группы для консультационной поддержки, обеспечения литературой, общего руководства, разработки пилотных программы для тестирования системы и проч.

Более подробно алгоритм внедрения системы управления проектами на судостроительной верфи представлен на рис. 2.

В заключение необходимо отметить, что никакая информационная система не может одномоментно, раз и навсегда решить все проблемы предприятия. Не существует некоего универсального средства, с помощью которого можно разом разрешить все сложные производственные ситуации и преодолеть разного рода препятствия. Даже при условии внедрения системы не за 1,5 года, а за 1,5 месяца (что технически возможно), само предприятие вряд ли сможет адаптироваться к новой форме работы за столь короткое время. То есть, необходим постепенный перевод каждого проекта на новый уровень. При этом серьёзные изменения должны затрагивать все этапы подготовки производства и осуществления собственно производственного процесса в цехах. А любые улучшения в управлении проектами сами по себе нуждаются в применении эффективного менеджмента и должны рассматриваться только в средне- и долгосрочной перспективе, нацеленной на радикальное повышение конкурентоспособности верфи.

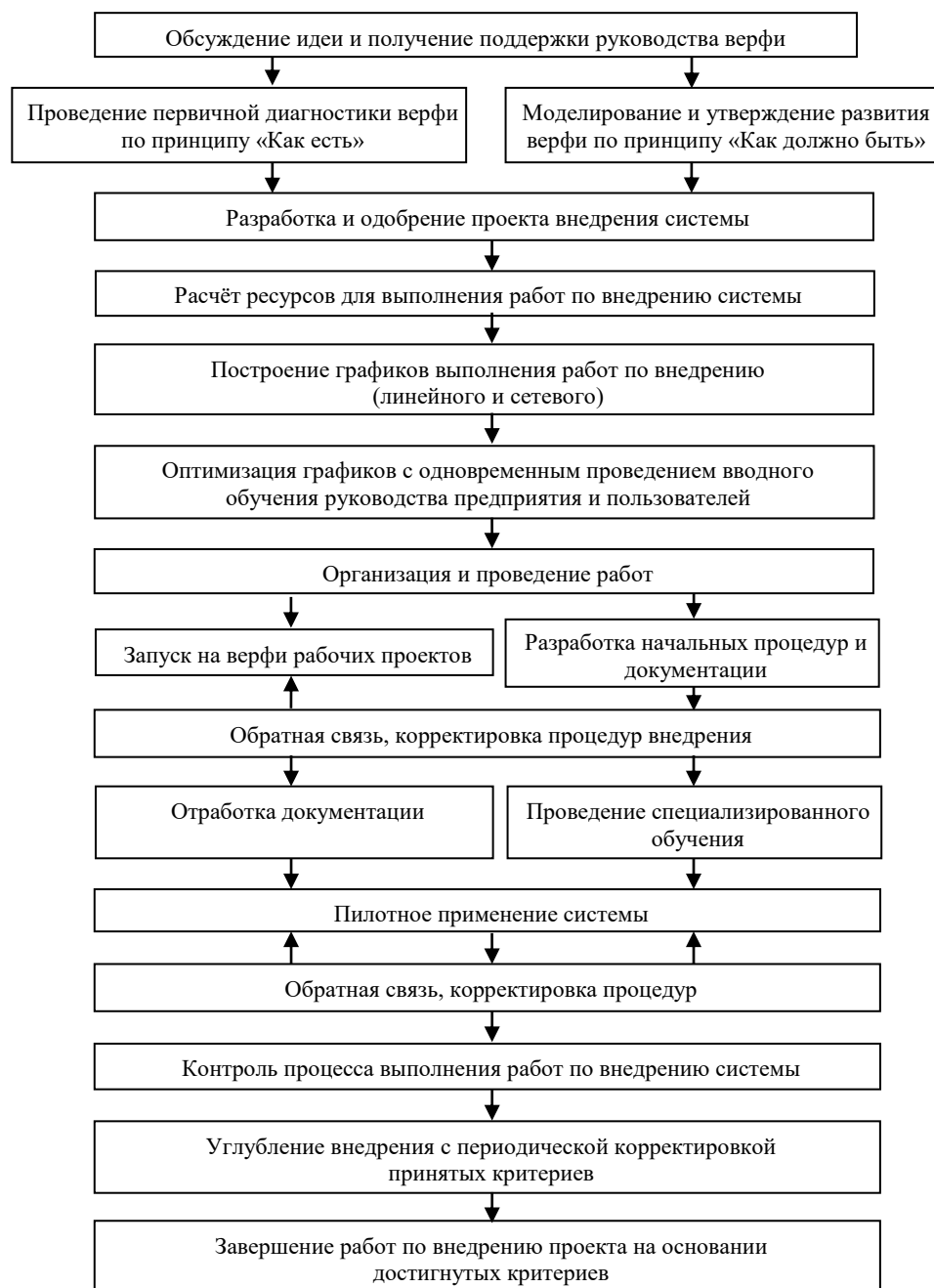


Рис. 2. Алгоритм процесса внедрения системы управления проектами на судостроительных верфях

Список литературы:

- [1] Менеджмент: теория и практика в России: Учебник / Под ред. А.Г. Поршнева, М.Л. Разу, А.В. Тихомировой. – М.: ИД ФБК-ПРЕСС, 2003.
- [2] Управление проектами: От планирования до оценки эффективности: Практ. пособие / Под ред. Ю.Н. Лапыгина. – М. : Омега-Л, 2009. – 251 с. – (Организация и планирование бизнеса).
- [3] Судакова Л.Ю. Опыт управления проектами внедрения, эксплуатации и модернизации корпоративных информационных систем // Финансы и кредит. 2012. №32 (512) С. 18-28. URL:

<http://cyberleninka.ru/article/n/opyt-upravleniya-proektami-vnedreniya-ekspluatatsii-i-modernizatsii-korporativnyh-informatsionnyh-sistem>.

[4] Михеева Т.А. Сравнительная характеристика программных продуктов в области управления проектами и проблемы их применения на отечественных судостроительных верфях. // Вестник ВГАБТ. 2016. № 49, С130-141 URL: http://www.vsuwt.ru/newsite/departments/science_innovation/vestnik_vgavt/Vestnik%2049.rar.

[5] Материалы сайта «Управление проектами: теория и практика современного менеджмента». / <http://projectm.narod.ru/>.

[6] Материалы сайта Российской Ассоциации Управления Проектами «СОВНЕТ». / <http://www.sovnet.ru/>.

THE QUESTION OF THE IMPLEMENTATION OF AUTOMATED PROJECT MANAGEMENT SYSTEMS IN THE SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR ENTERPRISES

E.G. Burmistrov, T.A. Mikheyeva

Key words: shipbuilding and ship repair facilities (shipyards), automation systems management and planning, project management in enterprises, the effectiveness of project management systems, information technology.

In the article the questions of the feasibility of implementing automated control systems projects and production for domestic sudostroy-tional and ship-repair enterprises. Provides General guidelines for the introduction and adaptation of effective project management systems with specific companies.

Статья поступила в редакцию 05.06.2017 г.

УДК 669.14.018.54; 669.172.539.382

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

В.М. Блинов, профессор, д.т.н., ИМЕТ РАН,

Ф.Ф. Репин, профессор, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

МЕХАНИЗМЫ СТРУКТУРНОГО УПРОЧНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ТИПА 05X22AG14H7M

Ключевые слова: азотсодержащая сталь, механизм упрочнения, твердорастворное упрочнение, зернограничное упрочнение, аустенит.

Рассмотрены механизмы твердорастворного и зернограничного упрочнения высокопрочных аустенитных сталей атомами азота. Проведено сравнение экспериментальных и расчетных значений прочностных характеристик в зависимости от содержания азота. Показано, что твердорастворное упрочнение является основным механизмом повышения прочности стали.

Аустенитные коррозионностойкие стали, обладая комплексом важных и полезных свойств, нашли широкое применение во многих отраслях машиностроения. Аустенитные стали имеют высокую коррозионную стойкость, хорошую жаростойкость и жаропрочность, повышенную пластичность и парамагнитность. Однако, существенным недостатком этих сталей, сдерживающим их применение в качестве материала

высоконагруженных деталей и конструкций, является невысокое значение предела текучести ($\sigma_{0,2} < 600$ МПа). Развитие целого ряда отраслей современного машиностроения (транспортного, судового, энергетического и т.д.) настоятельно требует создания и внедрения высокопрочных, вязких, пластичных, коррозионностойких и парамагнитных сталей. Задача повышения уровня прочностных свойств таких сталей является одной из важнейших в современном материаловедении [1].

Наиболее перспективным для повышения уровня прочности аустенитных нержавеющих сталей является применение механизма твердорастворного упрочнения путем увеличения содержания азота, что возможно при соответствующем подборе схемы легирования стали.

В работе [2] показано, что при растворении в железе атомов замещения происходит упрочнение твердого раствора, причем величина упрочнения зависит от ряда факторов: во-первых, от степени различия размеров атомов растворителя и растворенного легирующего элемента; во-вторых, от степени возмущения исходной электронной структуры, которую оценивают по разнице модулей сдвига растворителя и растворенного вещества. В растворах замещения атомы растворенного вещества вызывают, как правило, симметричные искажения кристаллической решетки растворителя, что приводит к сравнительно невысокому эффекту упрочнения.

В растворах внедрения, которые образуются при растворении C и N в α - и γ - железе происходит асимметричное искажение решетки, обуславливающее значительно больший эффект упрочнения по сравнению с раствором замещения. Известно, что взаимодействие атома внедрения с дислокацией через возмущение объема обычно существенно сильнее, чем атома замещения [3].

На рис. 1 приведена зависимость изменения предела текучести от концентрации легирующих элементов из которой видно, что эффект упрочнения при образовании твердого раствора внедрения ~ 10 раз выше, чем в случае раствора замещения [2].

$\Delta \sigma_{0,2}$, МПа



Рис. 1. Упрочнение аустенитных коррозионностойких сталей при введении элементов внедрения (1), ферритообразующих (2) и аустенитообразующих (3) элементов замещения.

В работах [4, 5] показано, что азот в нержавеющих сталях понижает энергию дефекта упаковки ($\gamma_{д.у.}$), тогда как углерод её повышает. Известно [6, 7], что энергия дефектов упаковки тесно связана с характером пространственного распределения дислокаций. Например, низкая $\gamma_{д.у.}$ приводит к расщеплению дислокаций, а, как известно, для таких дислокаций поперечное скольжение затруднено. В результате, уменьшение энергии дефектов упаковки обуславливает планарное распределение дислокаций. И наоборот, в металлах с высокой $\gamma_{д.у.}$, благодаря тому, что дислокации не расщеплены, формируется ячеистая структура.

Еще одним путем повышения прочностных свойств аустенитного твердого раствора является измельчение зерна [4]. Известно, что влияние размера зерна на предел текучести описывается соотношением Холла-Петча:

$$\sigma_{\text{зер}} = k_y \times d^{-1/2};$$

где:

$\sigma_{\text{зер}}$ – зернограницный вклад в предел текучести, МПа;

k_y – коэффициент зернограницного упрочнения, Мпа × мм^{1/2};

d – средний диаметр линейного сечения зерна, мм.

В [8] было выявлено следующее влияние азота на предел текучести: суммарный вклад азота в $\sigma_{0,2}$ состоит из двух частей, одна из которых – твердорастворное упрочнение,; другая связана с зернограницным механизмом упрочнения, что проявляется в существенном увеличении коэффициента k_y в уравнении Холла-Петча с ростом концентрации азота.

Однако в [8] остается невыясненным, почему азот оказывает такое влияние на коэффициент зернограницного упрочнения k_y .

Согласно [9,10] увеличение зернограницного упрочнения не связано с сегрегацией атомов азота по границам зерен, а определяется взаимодействием атомов азота с дислокациями внутри зерна.

Предел прочности твердых растворов состоит из двух вкладов:

один из них является атермическим $\sigma_{0,2}^{\text{атер}}$, а второй – $\sigma_{0,2}^{\text{терм}}$, который является термически активируемым процессом, обусловленным температурной зависимостью процесса преодоления препятствий движущимися дислокациями [11].

$$\sigma_{0,2} = \sigma_{0,2}^{\text{атер}} + \sigma_{0,2}^{\text{терм}};$$

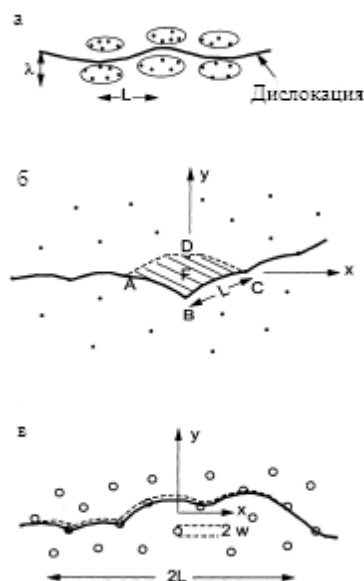


Рис. 2. Схема взаимодействия между дислокацией и растворенными атомами:

а – действующие препятствия в соответствии с теорией Мотта-Набарро;

б – предельное состояние дислокации в соответствии с теорией

Флейшера-Фриделя; с – скопление притягивающих препятствий шириной $2w$ и движение линии дислокации в теории Лабуша с дополнением Набарро [11].

Сила взаимодействия f_0 , действующая на линию дислокации от одного препятствия, настолько мала, что угол θ , на который изменяется направление дислокации из-

за взаимодействия, намного меньше 1: $\theta = f_0/T \ll 1$, где T напряжение линии дислокации. Мотт и Набарро предположили, что среднее внутреннее поле напряжений σ , создаваемое внедренными атомами, имеет некоторую характерную длину волны λ (Рис. 2а). Когда $\theta \ll 1$, линия дислокации не может соответствовать этому полю напряжений и, поэтому средняя величина σ_0 действует на $L \gg \lambda$. Статистические отклонения σ_L от среднего поля напряжений рассматриваются как «эффективные препятствия» и величина L полностью соответствовала линии дислокации с эффективными препятствиями. Результаты расчетов приводят к следующей зависимости напряжения сдвига τ_c , которое нужно приложить, чтобы преодолеть скопление атомов внедрения атомной концентрации c_{at} :

$$\tau_c \sim \sigma_0^{4/3} c_{at}^{11/9} T^{1/3} \log c_{at}.$$

На практике такой зависимости предела текучести твердого раствора от концентрации не наблюдалось. Недостаток теории Мотта-Набарро, как показал Лабуш, связан с необоснованным выбором длины волны λ и методом расчета среднего отклонения величины σ_L внутреннего поля напряжений.

Суть теории Флейшера-Фриделя состоит в анализе скольжения дислокации через скопление внедренных атомов (рис. 2 б), причем они рассматриваются как точечные препятствия. Среднее расстояние между рассматриваемыми препятствиями L . В критическом состоянии равенство внешнего и внутреннего напряжений действующих на дислокацию достигается при: $\tau b \approx f_0 / L$, где b вектор Бюргерса. Условием критического состояния, когда происходит отрыв дислокации от препятствий является $F \approx 1/c$. Из формулы для силы T , действующей по линии дислокации, получаем $F = L^3 \tau b / 2 T$, и учитывая условие $\tau b \approx f_0 / L$ получаем уравнение

$$\tau_c b = f_0^{3/2} c^{1/2} (2T)^{-1/2}.$$

Несмотря на ряд недостатков, данное уравнение удовлетворительно описывает данные эксперимента.

Теория, предложенная Лабушем, является модификацией теории Мотта-Набарро (Рис. 2в). Лабуш предложил более точный расчет среднего отклонения величины σ_L внутреннего поля напряжений, с учетом влияния ближайших атомных плоскостей, примыкающих к плоскости скольжения. Он также получил более надежное выражение для характерной длины волны λ внутреннего поля напряжений ($\lambda = nBw$), где B – число ≈ 1 .

Лабуш предложил следующее выражение для критического напряжения сдвига:

$$\tau_c b = A' \cdot f_0^{4/3} c^{2/3} w^{1/3} T^{1/3};$$

где A' число ≈ 1 .

Такое изменение предела текучести твердых растворов в зависимости от концентрации также наблюдалось в эксперименте. При более детальном анализе упрочнения также важен учет несоответствия размеров атомов и модулей упругости. Сила взаимодействия f_0 в уравнениях (3.2) и (3.3) пропорциональна параметру взаимодействия ε_L , а $\varepsilon_L^2 = \eta^2 + D^2 \delta^2$, где несоответствие модулей и несоответствие размеров определяются модулем сдвига G , параметром решетки a и концентрацией c . $\eta = (1/G)(dG/dc)$ и $\delta = (1/a)(da/dc)$. D постоянная ≈ 20 .

Однако в большинстве экспериментальных данных отмечается линейная зависимость предела текучести от содержания азота, что заставляет предположить влияние других факторов на атермическую составляющую $\sigma_{0,2}$, кроме размерного несоответствия и различия модулей упругости. В соответствии с [11] можно предположить, что вклад азота в увеличение предела текучести обусловлен упорядоченным расположением атомов азота и ближним порядком в расположении атомов замещения (Cr).

При рассмотрении термической составляющей $\sigma_{0,2}$ следует отметить, что существенное увеличение предела текучести аустенитных азотсодержащих сталей наблюдается при температурах ниже 500°K и, в особенности, при температурах ниже комнатной (рис. 3) [11]. При этом аномальный эффект упрочнения при пониженных температурах сопровождается достаточно высокой пластичностью и прочностью, если содержание азота не превышает критического значения. Поэтому аустенитные азотсодержащие стали представляют собой хороший конструкционный материал для криогенной техники.

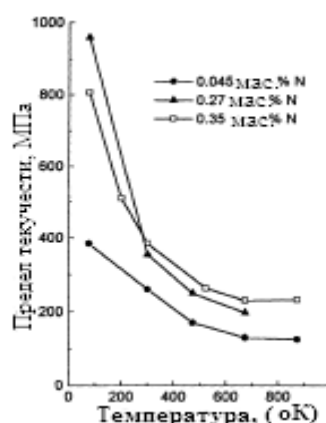


Рис. 3. Влияние азота на температурную зависимость предела текучести аустенитных сталей 03X21N10 ($N \sim 0,27\%$) и 05X26N32M3 (с $N \sim 0,045\%$ и $N \sim 0,35\%$) [11].

Существенное влияние азота на низкотемпературное упрочнение аустенитных сталей связано с его влиянием на энергию дефекта упаковки при пониженных температурах. В соответствии с [11] следует отметить, что повышение содержания азота в стали увеличивает число свободных электронов и приводит к более высокой плотности состояний на поверхности Ферми, причем с уменьшением температуры плотность состояний растет. Это обуславливает снижение энергии дефекта упаковки [12], что облегчает процесс его образования. Поэтому чем выше концентрация свободных электронов в стали, тем сильнее зависимость энергии дефекта упаковки от температуры, т.е. более резко выявляется падение $\gamma_{д.у.}$ при снижении температуры.

Зернограничное упрочнение аустенитных сталей с азотом обычно выражается как увеличение k_y в соотношении Холла-Петча, причем k_y характеризует перенос скольжения дислокаций через границу зерна. При повышении содержания азота в составе стали, упрочняющий эффект границ зерен увеличивается. На основе экспериментальных данных в [11] утверждается, что связь атомов азота с дислокациями сильнее, чем с атомами углерода, причем закрепление дислокаций атомами азота усиливается с ростом концентрации азота. Таким образом, можно сделать вывод о том, что вклад азота в механизм зернограничного упрочнения происходит за счет сильного взаимодействия атомов азота с дислокациями, блокирующими источники дислокаций, которые должны инициировать в соседних зернах перенос пластической деформации от зерна к зерну. Для разблокировки источников дислокаций требуется увеличение приложенного напряжения.

С учетом результатов работы [13] нами была выполнена оценка вкладов твердорастворного и зернограничного механизмов упрочнения для стали типа 05X22AG14N7M. При расчете использовались экспериментальные данные работы [14], представленные в виде таблиц 1, 2.

Таблица 1

Химический состав опытных плавок сталей типа 05X22AG14H7M

Номер плавки	Содержание элементов, масс. %							
	C	N	Cr	Mn	Ni	Mo	V	Si
5	0,070	0,64	23,1	11,9	4,90	0,80	0,25	0,45
7	0,070	0,74	24,3	14,2	8,20	0,80	0,27	0,10
8	0,060	0,38	18,9	11,8	7,67	1,00	0,21	0,33
9	0,070	0,57	18,7	12,4	6,90	1,00	0,30	0,15
10	0,075	0,55	19,2	11,0	7,70	0,83	0,85	0,20
11	0,070	0,73	20,2	11,0	7,50	0,83	1,34	0,25
12	0,050	0,61	21,6	13,1	7,30	0,73	0,40	0,23

Таблица 2

Механические свойства опытных плавок сталей типа 05X22AG14H7M

Номер плавки	N, масс. %	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCV, МДж/м ²
5	0,64	1013	612	46,8	63,0	2,28
7	0,74	1047	646	41,4	44,8	0,96
8	0,38	876	515	50,5	70,4	3,22
9	0,57	1015	617	41,5	58,6	2,02
10	0,55	969	693	38,0	63,5	2,10
11	0,73	1001	692	36,1	53,8	1,18
12	0,61	998	625	46,0	54,5	0,99

Расчет предела текучести и предела прочности стали выполняли по следующим соотношениям [13]:

$$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_{\sigma} \cdot C_N;$$

где $\sigma_0 = 255$ МПа; $K_{\sigma} = 495$ МПа/%;

$$\sigma_b = \sigma_0 + K_{\sigma} \cdot C_N;$$

где $\sigma_0 = 525$ МПа; $K_{\sigma} = 785$ МПа/%;

Результаты расчетов представлены на рис. 4 и 5.

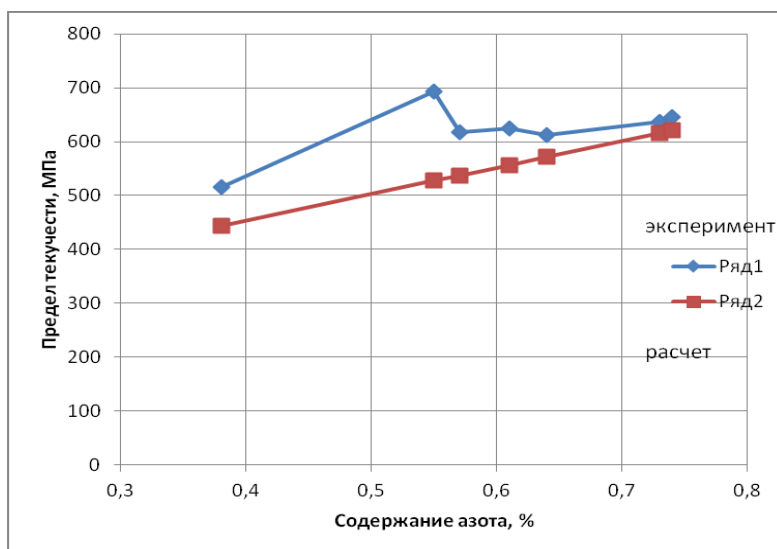


Рис. 4. Влияние содержания азота на предел текучести стали типа 05X22AG14N7M (ряд 1 – эксперимент. данные из табл. 2; ряд 2 – расчет).

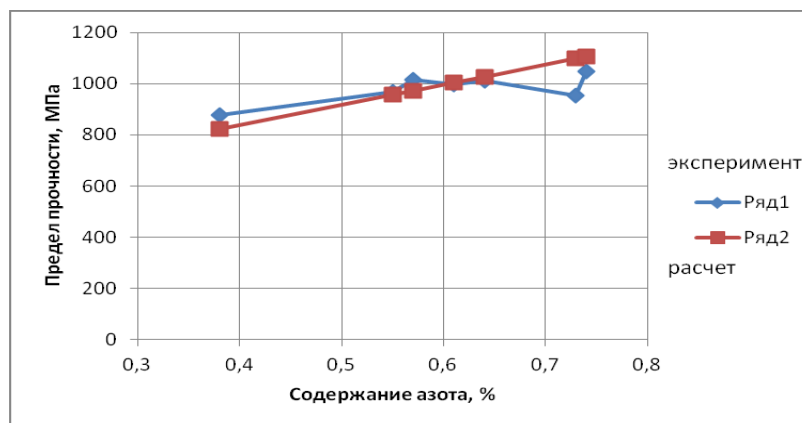


Рис. 5. Влияние содержания азота на предел прочности стали типа 05X22AG14N7M (ряд 1 – эксперимент. данные из табл. 2; ряд 2 – расчет).

Также была выполнена оценка зернограницного упрочнения в зависимости от концентрации азота в стали согласно [13]:

$$K_y = K_y^0 + KC_N;$$

где K_y^0 – 25 МПа·мм^{1/2};
 K = 11,7 МПа·мм^{1/2}.

Результаты расчета K_y в зависимости от содержания азота представлены на рис. 6.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что в аустенитных азотсодержащих сталях основным механизмом упрочнения является твердорастворный механизм, т.к. угол наклона кривых на рис. 4,5 существенно выше, чем на рис. 6. Тангенс угла наклона кривых на рис.4,5 составляет ~ 490–780, а на рис. 6 имеет значение ~ 12. Это подтверждает вывод о преобладающем вкладе в упрочнение азотсодержащей стали твердорастворного механизма, что согласуется с выводами работ [11,13].

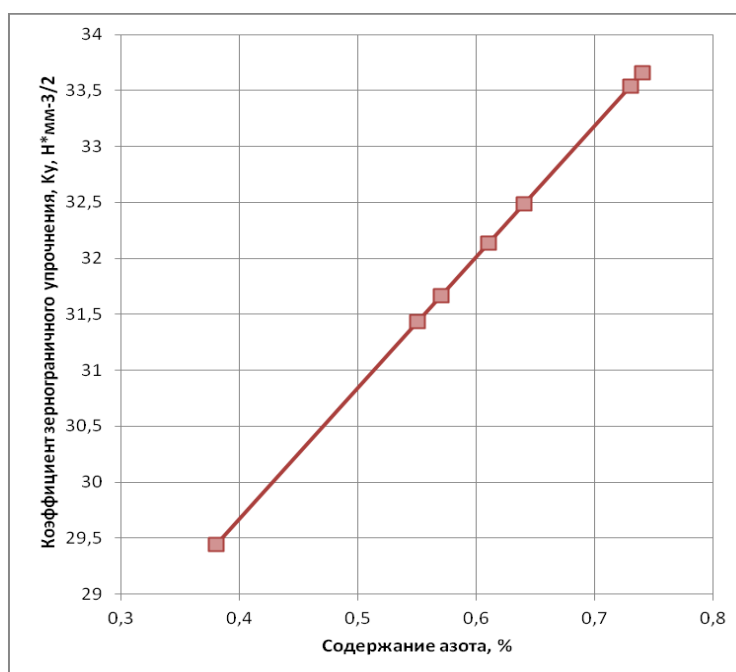


Рис. 6. Влияние содержания азота на коэффициент зернограницного упрочнения

Список литературы:

- [1] Банных О.А., Блинов В.М. Дисперсионно-твердеющие немагнитные ванадийсодержащие стали, М., Наука, 1980.
- [2] Пикеринг Ф.Б. Физическое металловедение и разработка сталей, М., Metallurgia, 1982.
- [3] Штремель М.А. Прочность сплавов, ч. I, Дефекты решетки, М., МИСИС, 1999.
- [4] Базалеева К.О. Особенности строения различных легированных азотсодержащих сплавов железа, Кандидат. диссертация, М., МИСИС, 2001.
- [5] Блинов Е.В. Разработка высокопрочного коррозионностойкого высокоазотистого немагнитного сплава для высоконагруженных деталей, Кандидат. диссертация, М., ИМЕТ РАН, 2008.
- [6] Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов, М., Мир, 1972.
- [7] Золотаревский В.С. Механические свойства металлов, М., МИСИС, 1998.
- [8] Norstrom L.A. The influence of nitrogen and grain size on yield strength in type AISI 316L austenitic stainless steel, Met. Sci., 1977, № 6.
- [9] Геращенко И.П., Никитина Н.В., Карманчук И.В. Влияние азота на механизм упрочнения аустенитной нержавеющей стали, Известия ВУЗ'ов, Физика, 1999, №7.
- [10] Козлов Э.В., Теплякова Л.А., Конева Н.А., Гаврилюк В.Г., Попова Н.А., Игнатенко Л.Н., Федосеева Г.Л., Смук С.Ю., Пауль А.В., Подковка В.П. Роль твердорастворного упрочнения и взаимодействий в дислокационном ансамбле в формировании напряжения течения азотсодержащей аустенитной стали Известия вузов, Физика, 1996, №3.
- [11] Valentin G. Gavriljuk, Hans Berns, High Nitrogen Steels: structure, properties, manufacture, applications, Springer, 1999.
- [12] Панин В.Е., Дударев Е.Ф., Бушнев Л.С. Структура и механические свойства твердых растворов замещения, М., Metallurgia, 1971.
- [13] Эфрос Н.Б., Лоладзе Л.В., Заика Т.П., Шишкова Н.В., Тютенко В.С., Эфрос Б.М., Варюхин В.Н., Структура и механизмы упрочнения высокоазотистых аустенитных сталей, Физика и техника высоких давлений, 2007, т. 17, №1.
- [14] Глебов В.В., Тюсина Н.М., Каленихин Ю.Н., Пойменов И.Л., Блинов В.М., Пермитин В.Е. Высокопрочная немагнитная сталь для тяжело нагруженных деталей транспортного машиностроения, Известия АН СССР, сер. Металлы, 1989, №1.

MECHANISMS OF STRUCTURAL HARDENING OF NITROGEN-CONTAINING AUSTENITIC STEEL OF THE TYPE 05X22AG14H7M

V.V. Glebov, V.M. Blinov, F.F. Repin

Key words: high nitrogen steels, hardening mechanism, solid-solution hardening, strengthening grain boundaries, austenite.

The mechanisms of solid-solution and grain-boundary hardening of high-strength austenitic steels by nitrogen atoms are considered. The experimental and calculated values of the strength characteristics are compared with the nitrogen content. It is shown that solid-solution hardening is the main mechanism for increasing the strength of steel.

Статья поступила в редакцию 19.06.2017 г.

УДК 620.193.16:629.12.037.11

Е.О. Горбаченко, аспирант, «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова»

Ю.Н. Цветков¹, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова» 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА КАВИТАЦИОННОГО ИЗНАШИВАНИЯ ЛОПАСТЕЙ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ

Ключевые слова: Кавитационное изнашивание, гребной винт, инкубационный период, среднее арифметическое отклонение профиля.

Проведены измерения высоты неровностей поверхности лопастей гребного винта в очаге кавитационного износа. Показано, что в очаге при движении от его центра можно найти точку, состояние поверхности в которой в момент осмотра движителя соответствует окончанию инкубационного периода; эта точка расположена на границе зоны наклёпа и зоны отделения материала. Предложена методика прогнозирования инкубационного периода, основанная на использовании значения высоты неровностей, соответствующей окончанию инкубационного периода при кавитационном воздействии на поверхность.

Введение

Кавитационное изнашивание лопастей гребных винтов (ГВ) – одна из самых распространённых причин ремонта судовых движителей. Особенность явления кавитации ГВ в том, что, если при вращении винта возникает кавитация, то, в большинстве случаев она сопровождается кавитационным изнашиванием (кавитационной эрозией) лопастей. Основная причина высокой эрозионной способности кавитации судовых движителей – её нестационарный характер из-за того, что гребной винт работает за корпусом судна, и скорость возникающего вследствие движения судна попутного потока неодинакова по площади диска винта: размер кавитационной каверны при вращении лопасти периодически изменяется – каверна взрывным образом возникает,

¹ Переписку вести с этим автором: адрес электронной почты – yuritsvet@mail.ru

когда лопасть находится в положении, соответствующем максимальному углу атаки, и схлопывается полностью или частично, когда лопасть повернётся в положение минимального угла набегающего потока [1]. При схлопывании каверны вода с большой скоростью заполняет паровое пространство каверны и ударяет по поверхности лопасти с периодичностью, пропорциональной частоте вращения ГВ.

Кавитационный износ лопастей имеет выраженный локальный характер, при этом очаги износа имеют рваную губчатую поверхность. Площадь очагов в большинстве случаев не превышает нескольких процентов от площади лопасти, однако, если они возникают в корневых сечениях лопастей, как это происходит на винтах судов на подводных крыльях, то такие очаги снижают прочность лопасти, увеличивая вероятность её обрыва при движении судна, если же они возникают в концевых сечениях лопастей, как это имеет место на винтах водоизмещающих судов, то снижают КПД движителя.

Особенность кавитационного изнашивания металлических материалов – наличие инкубационного периода, т. е. начального периода, когда потери массы практически отсутствуют. В течение инкубационного периода происходит наклёп – упрочнение металла поверхности при пластической деформации от ударов капель и струй жидкости. Продолжительность инкубационного периода кавитационного изнашивания лопастей ГВ морских транспортных составляет в среднем несколько тысяч часов работы. В этой связи актуальным является прогнозирование продолжительности инкубационного периода; по продолжительности инкубационного периода, можно произвести оценку межремонтных периодов ГВ.

Результаты исследований, проведённых авторами, показали, что для оперативной прогнозной оценки инкубационного периода, как при изнашивании натурного оборудования, так и при лабораторных испытаниях материалов на кавитационный износ, может быть полезен метод измерения профиля поверхности [2]. Высота неровностей поверхности в пределах инкубационного периода увеличивается линейно с увеличением времени кавитационного воздействия, при этом значение среднего арифметического отклонения профиля, соответствующее окончанию инкубационного периода, является величиной постоянной и не зависит от интенсивности кавитационного воздействия при кавитационном изнашивании в определённых условиях, т. е. на конкретном оборудовании или лабораторной установке. Отмеченные особенности изменения профиля поверхности при кавитационном воздействии могут быть использованы для прогнозирования продолжительности инкубационного периода кавитационного изнашивания и движительных комплексов транспортных судов. Однако для этого на гребных винтах надо уметь оценивать высоту неровностей, соответствующую окончанию инкубационного периода.

Цель работы – разработка методики прогнозирования инкубационного периода кавитационного изнашивания ГВ, основанной на измерении высоты неровностей поверхности лопастей в зоне кавитационного воздействия.

Методика измерений

Для достижения поставленной цели необходимо, прежде всего, уметь определять значение высоты неровностей поверхности, соответствующее окончанию инкубационного периода, с тем, чтобы использовать это значение в процедуре прогнозирования. Однако значение указанной высоты можно определить лишь в случае успешного решения двух проблем, причины возникновения которых в следующем.

Во-первых, детальный осмотр движителя морского судна можно произвести только во время его докования, т. е. не чаще одного раза в 2–3 года, тогда как для оценки высоты неровностей, соответствующей окончанию инкубационного периода, надо располагать зависимостью высоты неровностей от продолжительности кавитационного воздействия.

Во-вторых, при прочих равных условиях, размер кавитационной зоны, возникающей на лопастях при работе ГВ, увеличивается с увеличением размера гребного вин-

та, а поэтому увеличивается и размер капель и струй, ударяющих по поверхности. Соответственно, при прочих равных условиях, с увеличением размера гребного винта возрастает высота неровностей в очаге кавитационного разрушения. Поэтому, если для небольших ГВ для измерения высоты неровностей можно использовать обычный профилограф, применяемый для измерения шероховатости, то для крупных движителей диапазона измерений, обеспечиваемого промышленно выпускаемыми профилографами, будет недостаточно. Соответственно, для больших морских судов необходимо отработать методику оценки высоты неровностей в очаге кавитационного износа на ГВ.

При решении первой проблемы рассуждали следующим образом. Анализ районов кавитационного воздействия на лопасть натурных ГВ позволяет разбить эти районы на три зоны; две из них расположены непосредственно в очаге кавитационного разрушения (рис. 1): зона *B* – зона наклёпа: она расположена между контурами *abcd* и *a'b'c'd'*; и зона *C* – зона отделившегося материала, расположенная в пределах контура и *a'b'c'd'*. Вокруг очага расположена примыкающая к нему третья зона *A*, в этой зоне участки исходной поверхности чередуются с расположенными случайным образом перекрывающимися вмятинами от ударов струй и капель. Очаг кавитационного износа формируется на участке, энергия *E* кавитационного воздействия на который превышает значение энергии E_T , вызывающей пластическую деформацию поверхности. Продолжительность инкубационного периода является непрерывной однозначной функцией энергии кавитационного воздействия на поверхность лопасти. В свою очередь, энергия *E* кавитационного воздействия является непрерывной функцией координаты *x* точки очага (за начало координат можно принять условный центр очага). А значит, и продолжительность инкубационного периода в определённой точке очага эрозии является непрерывной функцией координаты точки. Поэтому в очаге при движении от его центра можно найти точку, состояние поверхности в которой в момент осмотра ГВ соответствует окончанию инкубационного периода. Эта точка находится на границе между зоной наклёпа и зоной отделения материала (точки *a'* и *c'* на рис. 1).

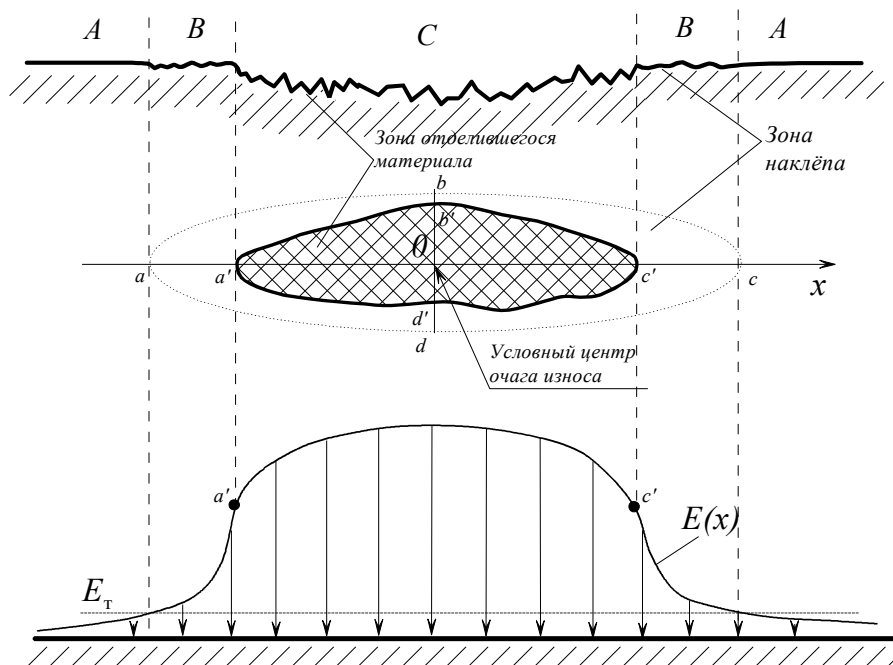


Рис. 1. Схема очага кавитационного износа на поверхности лопасти

Для решения второй проблемы, т. е. отработки собственно методики измерений на винтах сравнительно больших диаметров, выбрали ГВ теплохода «Ариес» – четырёхлопастной винт регулируемого шага диаметром 2765 мм. Лопасти ГВ были отлиты в ФРГ из марганцово-алюминиевой бронзы (Al – 8,2 %; Mn – 8,8 %; Fe – 3,3 %; Ni – 1,8 %; Cu – основа). Районы возникновения очагов износа на лопастях ГВ теплохода «Ариес» показаны на рис. 2 (а).

Для измерений использовали глубиномер 1 на базе индикаторной головки 2 с ценой деления 0,01 мм (рис. 3). Для использования глубиномера вдоль очага по обе его стороны укладывали направляющие 3 – прутки круглого сечения, которые крепились к лопасти с использованием автомобильного пластилина (рис. 2, б). Гибкость направляющих позволяла им «повторять» номинальный профиль поверхности, так что просвет между направляющими и поверхностью лопасти отсутствовал. Измерения неровностей в районе очага износа были проведены на двух лопастях (№2 и №3) по различным схемам движения глубиномера при перемещении глубиномера по направляющим (рис. 3). При этом по положению стрелки индикаторной головки фиксировали условную глубину очага, т. е. значение глубины без учёта поправки на нуль.

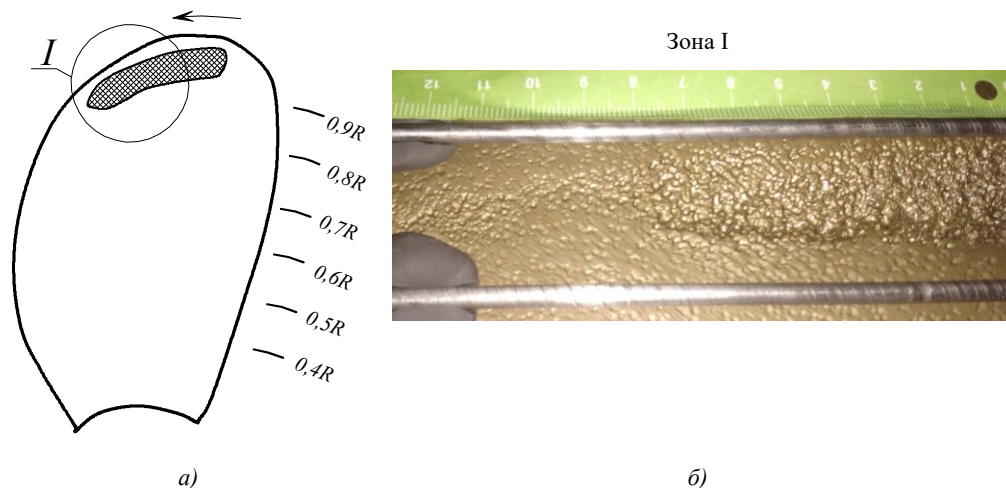


Рис. 2. Район расположения (а) и вид (б) очагов кавитационного износа на нагнетательных поверхностях лопастей теплохода «Ариес»

Анализ результатов измерений

Сначала на лопасти №3 провели измерения глубины очага износа при шаговом (с шагом около 2 мм) перемещении глубиномера по направляющим 3 в направлении оси Ox (см. стрелку 4 на рис. 3). Регистрацию условной глубины очага производили на каждом шаге в точках $i - 1$, i , $i + 1$ и т. д. Результаты измерения условной глубины h очага в зависимости от расстояния L до условного центра очага представлены на рис. 4.

Анализ зависимости $h(L)$ позволил выявить то место в очаге, кавитационное воздействие на которое соответствовало окончанию инкубационного периода. Как видно из рис. 4, все точки сгруппировались по трём зонам А, В и С, описание которых дано выше. Признаком границы между зонами А и В служит наметившийся перелом в зависимости $h(L)$ и увеличившийся разброс точек в зоне наклёпа, а между зонами В и С – увеличившийся угол наклона. Окончанию инкубационного периода соответствует вертикальная линия – граница между зонами В и С; на этой границе и надо определять высоту неровностей профиля.

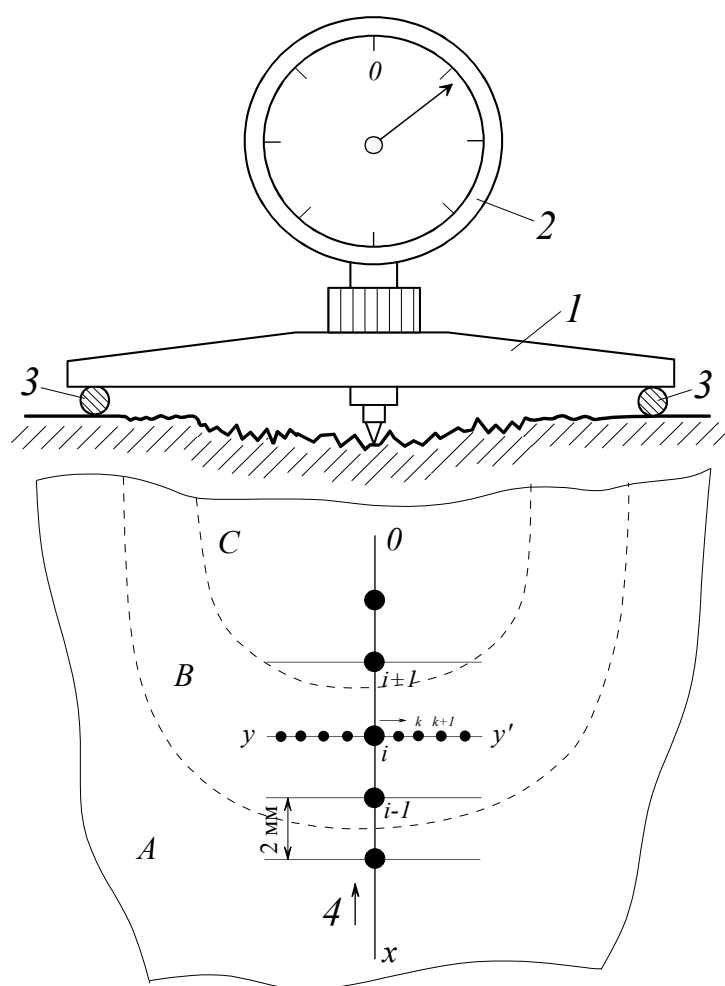


Рис. 3. Схема измерения

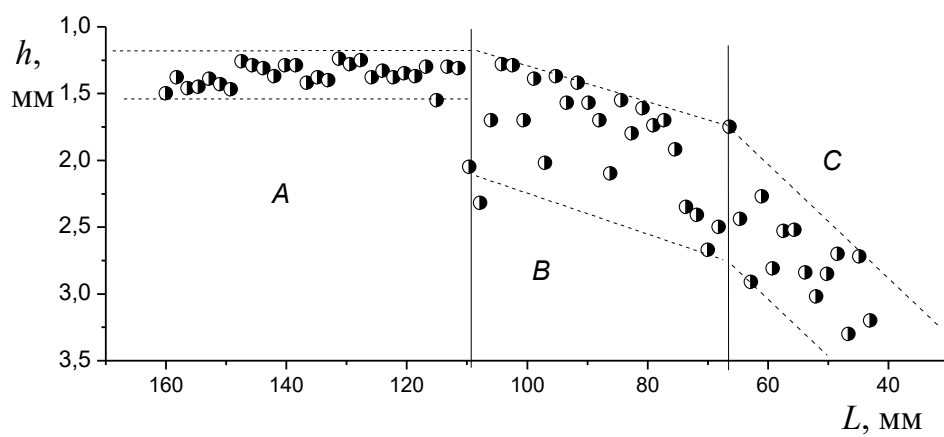


Рис. 4. Зависимость условной глубины очага кавитационного износа на лопасти №3 от расстояния до условного центра очага

По результатам измерений, проведённых на лопасти №3, было принято решение провести более подробные измерения на другой лопасти (№2) для того, чтобы иметь возможность на каждом шаге при движении вдоль линии Ox вычислить среднее арифметическое отклонение профиля – аналог традиционного параметра R_a , используемого при оценке шероховатости. Для этого в каждой i -й точке (по линии Ox) глубиномер перемещали в направлении, перпендикулярном линии Ox по оси yy' . На каждом отрезке yy' фиксировалось 15–20 условных значений глубин профиля в точках $k, k+1$ и т. д. (см. рис. 3), и для каждой i -й точки вычисляли среднее значение условной глубины:

$$(h_{cp})_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_{ik},$$

где $n = 15 \dots 20$.

Среднее арифметическое отклонение профиля на i -м шаге (см. рис. 3) при измерениях на лопасти №2 вычислялось следующим образом:

$$(R_a)_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |h_{ik} - h_{cpi}|,$$

Как видно из рис. 5, характер зависимости $h_{cp}(L)$, построенной для очага износа на лопасти №2, аналогичен зависимости $h(L)$, представленной ранее на рис. 4, однако, так как значение h_{cp} определяли как среднее арифметическое 15–20 значений, то на рис. 5 имеет место меньший разброс точек. Как и следовало ожидать, разброс точек в зоне A практически отсутствует, и зависимость на этом участке можно было бы считать горизонтальной, если бы не небольшой «горб» высотой 0,3–0,4 мм, появление которого, по всей видимости, связано с тем, что при приближении к зоне B (рис. 2 б) участки с большей плотностью расположения вмятин от ударов жидкости чередуются с участками, на которых расположение вмятин более разреженное. То, что это так, подтверждается аналогичным изменением в зоне A значения R_a (рис. 6): уменьшением значения h_{cp} при движении по оси абсцисс, что означает уменьшение количества вмятин на поверхности, которое сопровождается уменьшением R_a , и наоборот. Основным признаком перехода одной зоны в другую, наряду с изменяющимся углом наклона зависимости, является увеличивающийся разброс точек: в зоне A разброс – минимальный, а в зоне C – максимальный, так как на разброс точек в зоне C основное влияние оказывает случайный характер формирования рельефа при отделении частиц износа.

На графике $R_a(L)$ переход от участка A к участку B , а затем от B к C сопровождается не только изменением угла наклона участков к осям координат и изменением степени разброса точек, но также и разрывами на зависимости (рис. 6). Участок, соответствующий зоне C имеет наибольший разброс и расположен горизонтально. Это согласуется с результатами лабораторных испытаний на кавитационное изнашивание [3]: выход процесса кавитационного изнашивания на стадию максимальной скорости изнашивания приводит к стабилизации высотного параметра шероховатости (он перестаёт увеличиваться) и к увеличению разброса его значений.

Окончанию инкубационного периода, судя по графику $R_a(L)$, будет соответствовать значение $(R_a)_{инк} = 0,8$ мм. Это значение соответствует точке пересечения вертикальной линии – границы между зонами B и C – и участка B . Знание значения $(R_a)_{инк}$ позволит прогнозировать продолжительность инкубационного периода кавитационного изнашивания разных участков кавитационного воздействия.

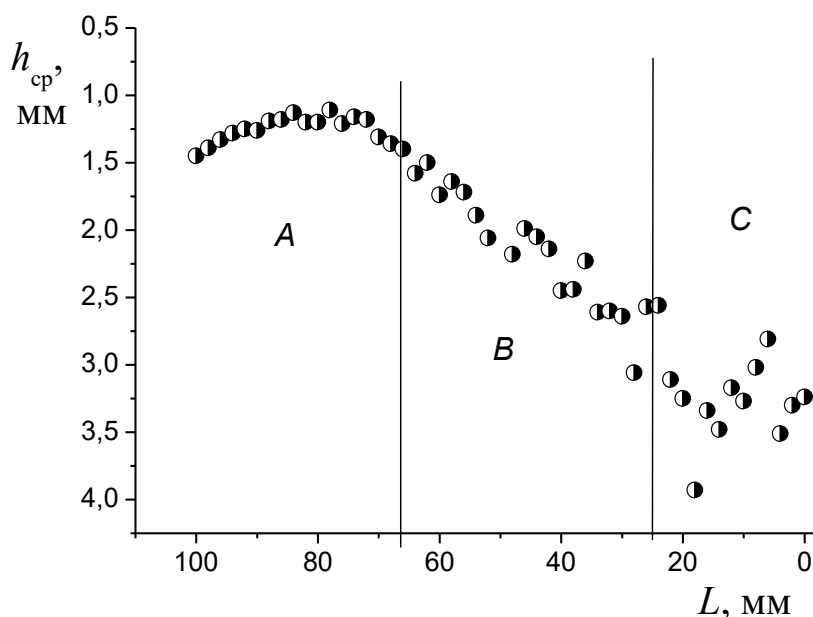


Рис. 5. Зависимость среднего значения условной глубины очага кавитационного изнашивания на лопасти №2 от расстояния до условного центра очага кавитационного изнашивания

Покажем в качестве примера процедуру прогнозирования продолжительности инкубационного периода для участка в зоне наклёпа, находящегося на расстоянии 60 мм от условного центра очага. Этой координате соответствует среднее значение $R_a \approx 0,45$ мм (рис. 6). При предыдущем доковании очагов кавитационного износа обнаружено не было. Продолжительность эксплуатации ГВ после предыдущего докования $t = 10\,000$ ч. Исходное (т. е. при $t = 0$) значение R_a для ГВ высшего класса по ГОСТ 8054-81 должно составлять не более 1,25 мкм, т. е. в нашем случае в сравнении с высотой неровностей профиля поверхности после кавитационного воздействия исходное значение $R_a \approx 0$.

1. Нанесём две точки на график $R_a - t$: первую точку с координатами $t = 0$ и $R_a = 0$, и вторую – $t = 10\,000$ ч и $R_a \approx 0,45$ мм (рис. 7);

2. Проведём горизонтальную линию 1, через значение $(R_a)_{\text{инк}} = 0,8$ мм, соответствующее окончанию инкубационного периода;

3. Проведём через две точки, нанесённые на график, линию 2 до пересечения с линией 1;

4. Опустим из точки пересечения линий 1 и 2 перпендикуляр к оси абсцисс. Значение, отсекаемое перпендикуляром на оси абсцисс, показывает, что продолжительность инкубационного периода для участка, находящегося на расстоянии 60 мм от условного центра очага, равен примерно 17 500 ч.

Так как значение $(R_a)_{\text{инк}}$ и положение точки для построения линии 2 определяется с определённой погрешностью (см. рис. 6), то штрихпунктирные линии на рис. 7 показывают ширину доверительного интервала, в который попадают прогнозные значения. В рассматриваемом случае значение инкубационного периода $t_{\text{инк}} = 17\,500$ ч имеет погрешность ± 5000 ч с доверительной вероятностью около 70 % в предположении, что распределение результатов измерений подчиняется нормальному закону.

По предложенной методике целесообразно производить оценку ожидаемой продолжительности инкубационного периода при обнаружении зон кавитационного воздействия (зон наклёпа) на поверхности лопастей при осмотре ГВ во время очередного докования судна.

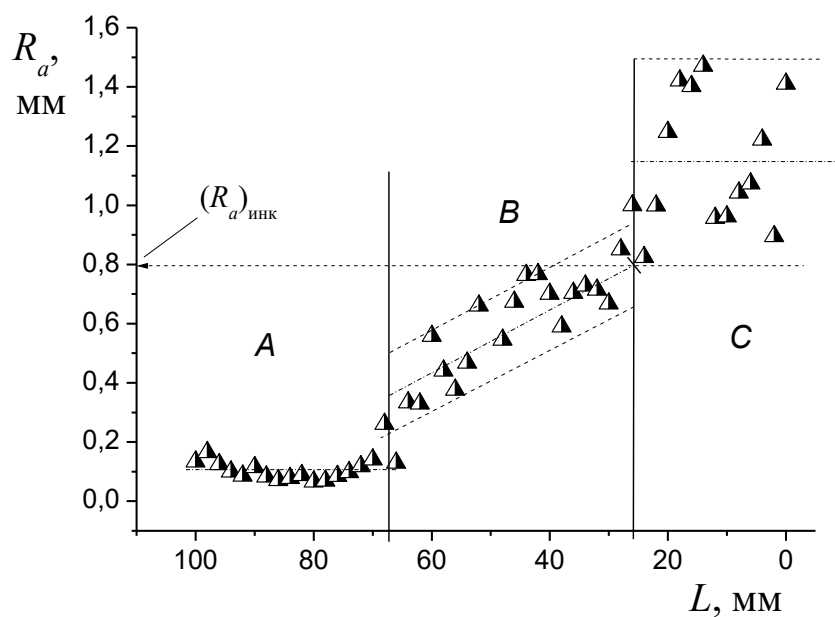


Рис. 6. Зависимость среднего арифметического отклонения высоты неровностей профиля очага кавитационного изнашивания на лопасти №2 от расстояния до условного центра очага кавитационного изнашивания

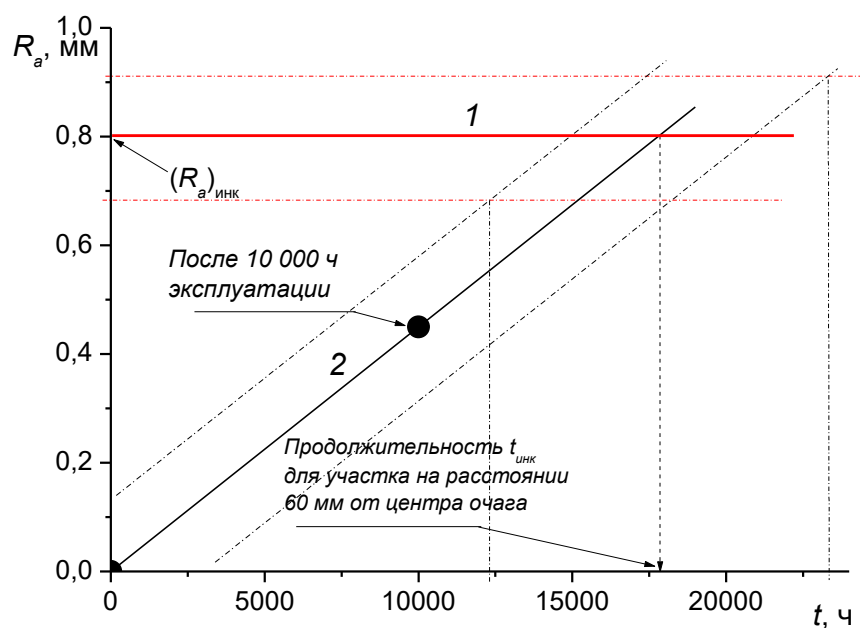


Рис. 7. Схема прогнозирования продолжительности инкубационного периода

Заключение

Разработана методика определения значения среднего арифметического отклонения профиля $(R_a)_{\text{инк}}$ поверхности ГВ морских судов, которое соответствует окончанию инкубационного периода. Методика основана на предположении, что продолжитель-

ность инкубационного периода в определённой точке очага эрозии является непрерывной функцией координаты точки. Показано, что в очаге при движении от его центра можно найти точку, состояние поверхности в которой в момент осмотра ГВ соответствует окончанию инкубационного периода; эта точка расположена на границе зоны наклёпа и зоны отделения материала.

Предложена методика прогнозирования продолжительности инкубационного периода, основанная на использовании значения $(R_a)_{\text{инк}}$. Методика основывается на двух обнаруженных ранее особенностях изменения высоты неровностей поверхности с течением времени кавитационного воздействия: 1) независимости значения $(R_a)_{\text{инк}}$ для конкретного материала от интенсивности кавитационного воздействия на конкретном устройстве и 2) линейного характера зависимости $R_a(t)$ в пределах инкубационного периода.

Список литературы:

- [1] Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней. – Л.: Судостроение. – 1978. – 206 с.
- [2] Цветков Ю.Н., Горбаченко Е.О. Способ определения продолжительности инкубационного периода кавитационного изнашивания металлов. Патент на изобретение № 2597936. Опубликовано: 20.09.2016 г. (RU 2597936 C1, МПК G01N3/56 (2006.01)).
- [3] Kato H.A consideration on scaling laws of cavitation erosion / International Shipbuilding Progress. – September, 1975. – Vol. 22. – No. 253. – P. 305–327.

PREDICTION OF THE INCUBATION PERIOD IN CAVITATION WEAR OF SHIP PROPELLER BLADES USING THE SURFACE PROFILE MEASUREMENTS

E.O. Gorbachenko, Yu.N. Tsvetkov

Key words: cavitation wear, screw propeller, incubation period, arithmetic mean deviation of the assessed profile.

The measurements of the height of asperities were carried out within the zone of cavitation wear on the ship propeller blades. It is shown that in moving from the center of the cavitation wear zone it is possible to find the point where the surface condition corresponds to incubation period termination. This point is situated on the boundary between the cold hardening zone and the zone of material removal. The procedure is developed to predict the incubation period duration, based on the use of the asperity height value corresponding to the end of the incubation period in cavitation attack on the surface.

Статья поступила в редакцию 14.06.2017 г.

УДК 629.12.001.33

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

О ФОРМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХОДОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА

Ключевые слова: судно, гребной винт, главный двигатель, расчетные диаграммы, ходовые характеристики

Рассматривается процесс использования расчетных диаграмм по гребным винтам и возможность его упрощения за счет вспомогательных диаграмм. Обосновывается возможность уменьшения расчетов при определении кривых действия винта, а также возможность графического получения граничной линии рабочей зоны на поле кривых действий винта по мощности и на поле кривых действий по упору.

Основные положения по расчету и проектированию гребных винтов водоизмещающих судов изложены в Руководстве [1], которое включает в качестве приложения альбом расчетных диаграмм по гребным винтам.

Расчет ходовых характеристик судов, выполняемый в учебном процессе, включает определение зависимости силы сопротивления движению судна, силы упора, развиваемой винтом (винтами), мощности, потребляемой винтом от главного двигателя, и ограничительных показателей по мощности последнего. В качестве главного двигателя, как правило, принимается дизельный двигатель, а передача от него на винт вращающего момента (мощности) – с помощью гребного вала. В такой постановке разработаны, например, методические указания [2] к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория и устройство судов» по специальности 180403 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Опыт работы автора со студентами в части выполнения отмеченной курсовой работы позволяет предложить представленные здесь новые методические подходы.

А. Расчеты по гребным винтам сопровождаются использованием коэффициента $K_{d_{opt}}^I$ (оптимальное значение коэффициента упора – диаметра) и коэффициента $n_{n_{opt}}^{II}$ (оптимальное значение коэффициента мощности – частоты вращения). По известному значению $K_{d_{opt}}^I$ или $n_{n_{opt}}^{II}$ определяют «точку» на поле расчетной диаграммы, а затем, с использованием сеток кривых (зависимостей), по «точке» находят значения относительной поступи (λ_p), шагового отношения (H/D) и к.п.д. (η_p). Такие операции студенты выполняют с использованием доступных диаграмм, представленных в Руководстве [1]. Эти диаграммы весьма насыщены семействами кривых и, в силу масштаба их выполнения, обладают слабой «разрешающей способностью». По этим причинам определение значений λ_p , H/D , η_p требует повышенного внимания, времени и нередко сопровождается существенными неточностями.

С учетом отмеченного, на основе представленных в Руководстве [1] диаграмм, были разработаны вспомогательные диаграммы [3], которые позволяют весьма просто и с необходимой точностью определять значения λ_p , H/D и η_p в зависимости от $K_{d_{opt}}^I$ и $n_{n_{opt}}^{II}$ (см. рисунок 1).

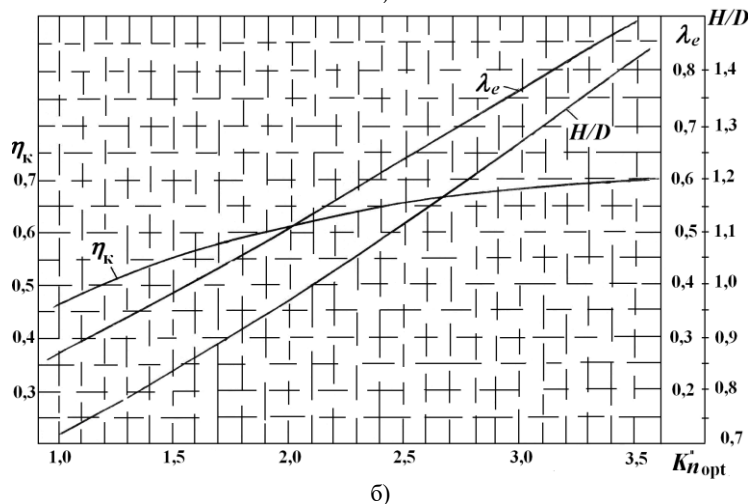
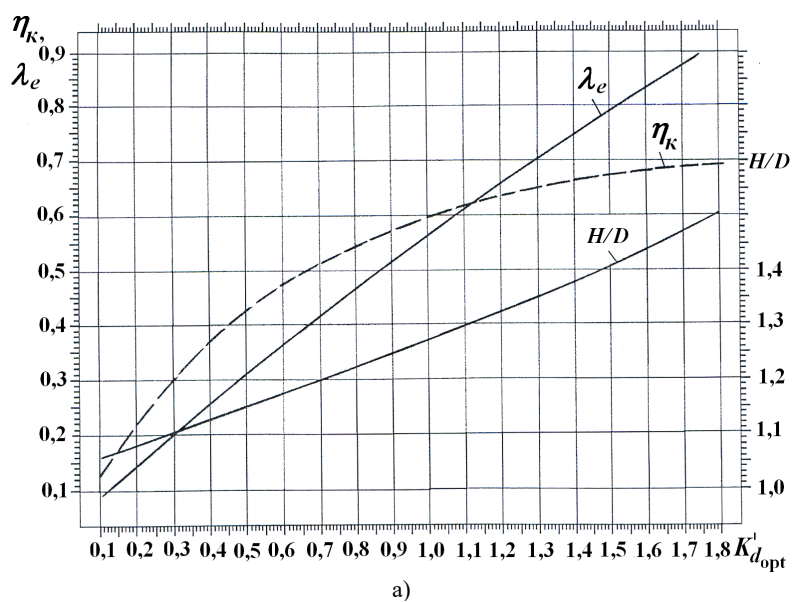


Рис. 1. Зависимости H/D , η_κ , λ_e от $K_{d_{opt}}^I$ (а) и зависимости λ_e , H/D , η_κ от $K_{n_{opt}}^{II}$ (б) для серии винтов в насадке с $z = 4$, $\theta = 0,58$, $\beta = 1,12$

Здесь заметим, что использование диаграмм из [1] в других случаях выполнения расчетов не вызывает сложностей.

Б. Показатели работы винта представляют в виде двух семейств кривых:

а) зависимостями, характеризующими изменение суммарного эффективного упора винтов – $x \cdot T_e$ (где x – количество винтов и T_e – сила упора) от скорости хода судна (v) при постоянных частотах вращения гребного вала (n_i , мин⁻¹) (см. рисунок 2, верхний квадрант); их называют – «кривые действия винтов по упору»;

б) зависимостями, характеризующими изменение мощности (P_e) отбираемой винтом от главного двигателя (см. рисунок 2, нижний квадрант); их называют – «кривые действия винта по мощности».

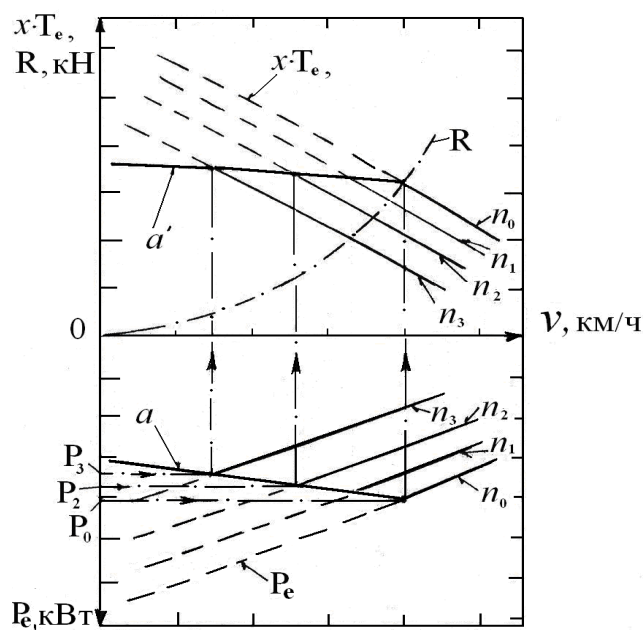


Рис. 2. Ходовые характеристики судна

В соответствии с [1] расчет показателей работы винта выполняется для полного диапазона значений его относительной поступи (λ_p) по расчетной диаграмме. При этом в процессе расчета не учитывается способность принятого двигателя обеспечить винт необходимой мощностью. Результаты расчета показателей работы винта (винтов) представлены на рисунке 2 в виде двух семейств кривых при $n_i = \text{const}$; эти кривые включают участки, выполненные штриховой линией.

Согласно [1] на поле кривых действия винта по мощности необходимо выделить зону режимов, при которых работа винта обеспечивается двигателем; как следствие – также выделяется зона рабочих режимов на поле кривых действия винтов по упору. Для этого используется ограничительная характеристика двигателя (рисунок 3), которая, в соответствии с [1], преобразуется в зависимость коэффициента момента двигателя от частоты вращения гребного вала (n_6). Затем, путем дополнительных расчетов, определяются значения мощности и суммарного упора, которые позволяют на графике (рисунок 2) нанести точки для построения ограничительных кривых (a и a') рабочих зон. При этом участки кривых действия винта, изображенные штриховой линией, оказываются за пределами рабочей зоны. Описанный подход по выделению рабочих зон (по построению ограничительных кривых a и a') на графике кривых действия винта, по мнению автора, излишне насыщен расчетами, при выполнении которых «теряется из вида» ограничительная характеристика двигателя.

Иной метод решения этой задачи состоит в следующем. С использованием ограничительной характеристики двигателя определяется значение его мощности для ряда принятых значений частоты вращения винта (на рисунке 3, например, мощности P_0 , P_1 , P_2 , P_3), в том числе – при номинальной частоте (n_0). Каждое из полученных значений мощности отмечается на шкале P_e рисунка 2 и затем проводится горизонталь до пересечения с соответствующей (при таком же значении n_i) кривой действия винта. Таким образом определяется положение точек ограничительной характеристики двигателя на поле кривых действия винта по мощности (кривая (a) на рисунке 2), т.е. – определяется положение граничной кривой рабочей зоны этого поля.

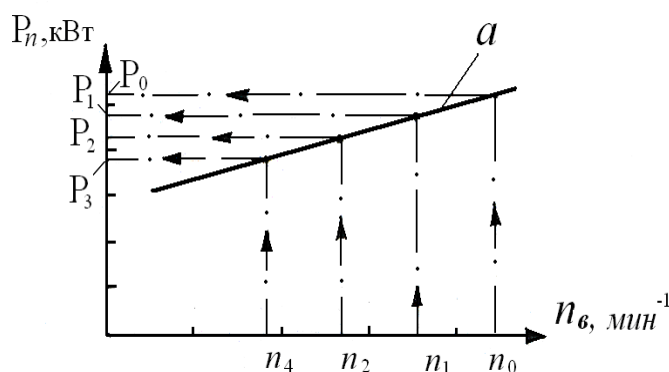


Рис. 3. Ограничительная характеристика главного двигателя

Граничная линия рабочей зоны поля кривых действия винта (винтов) по упору (a') строится по точкам, положение которых находится путем проецирования точек кривой (a) (см. рисунок 2). В итоге, путем графических построений, на графике ходовых характеристик судна определяется положение граничных линий (a) и (a').

Рассмотренный метод предполагает использование ряда значений мощности P_n , снятых с ограничительной характеристики двигателя (рисунок 3). Значения P_n целесообразно также использовать на этапе расчета кривых действия винта при постоянных частотах его вращения (см. таблицу 3.5 [2]).

Выполняя такой расчет, необходимо, наряду со значением частоты вращения винта ($n_i = \text{const}$) указать («для сведения») соответствующее этой частоте значение P_n . В процессе расчета, вначале, определяется мощность (P_e), отбираемая винтом от двигателя; эту мощность следует сопоставить с мощностью P_n . При $P_n \geq P_e$ двигатель обеспечивает работу винта, в других случаях — не обеспечивает. Расчет кривой действия винта при некоторой $n_i = \text{const}$ рекомендуется начинать с режима максимальной относительной поступи ($\lambda_p^{\max}$) винта, что соответствует минимальному значению P_e ; по мере уменьшения λ_p мощность (P_e) возрастает. Расчет при некотором $n_i = \text{const}$ заканчивается в случае наступления условия ($P_e - P_n = \min$), т.е. когда получаем первую точку кривой действия винта в зоне нерабочих режимов. За счет этого уменьшается объем вычислительной работы.

Согласно предлагаемому подходу, расчет показателей работы винта и определение значений мощности двигателя по его ограничительной характеристике должны выполняться при использовании одного и того же ряда частот вращения винта. Исходя из анализа ходовых характеристик ряда водоизмещающих пассажирских и грузовых судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания, рекомендуется следующий ряд практически важных частот вращения винта: n_0 ; $0,95n_0$; $0,9n_0$; $0,85n_0$; $0,8n_0$; $0,75n_0$; $0,70n_0$, где n_0 — номинальная частота вращения винта.

Список литературы:

- [1] Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания. Под ред. А.М. Басина и Е.И. Степанюка. — Л.: Изд. Транспорт, 1977, — 272 с.
- [2] Кеслер А.А. Расчет и анализ показателей пропульсивного комплекса судна: учебно-метод. пособие к выполнению курсовой работы / А.А. Кеслер — Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2007. — 64 с.
- [3] Кеслер А.А. Альбом вспомогательных диаграмм для расчета гребных винтов: методическое пособие для студентов спец. 180405.65 и 180403.65 по дисциплине «Теория и устройство судна». — Н. Новгород, ВГАВТ, 2012. — 19 с.

ABOUT THE FORM OF IDENTIFICATION OF SHIPPING CHARACTERISTICS

A.A. Kesler

Key words: *Ship, propeller, main engine, calculation diagrams, running characteristics*

The process of using the calculation diagrams for propeller screws and the possibility of simplifying it by means of auxiliary diagrams are considered. The possibility of decreasing calculations in determining the action curves of a screw is proved, as well as the possibility of graphically obtaining the boundary line of the working zone on the field of the screw action curves in terms of power and on the field of action curves by focusing

Статья поступила в редакцию 01.06.2017 г.

УДК 629.122

Е.В. Купальцева, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.П. Роннов, профессор, д.т.н., зав. каф. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ ПРИГОРОДНОГО И МЕСТНОГО СООБЩЕНИЯ

Ключевые слова: *пассажирское судно, математическая модель, оптимизация, критерий экономической эффективности.*

В последнее время повысился интерес к «малым» речным пассажирским судам. Особенно это касается тех районов страны, где имеются протяженные внутренние водные пути и в которых важную роль в развитии пассажирских перевозок играет водный транспорт. Рассматривается методика оптимизации выбора основных элементов и характеристик таких судов на начальных стадиях проектирования с применением систем автоматизированного проектирования, что значительно снижает трудоемкость проектных работ и обеспечивает выбор наиболее рационального в практическом отношении варианта.

Процесс проектирования судна представляется сложным итерационным процессом, целью которого является ряд последовательных приближений к характеристикам, определенным техническим заданием. Каждый из этапов разработки проекта, начиная с подготовки технического задания, завершается выбором основной концепции, результатом которой является один из наиболее экономически эффективных вариантов, отвечающий всем заданным ограничениям.

На начальной стадии проектирования, в том числе пассажирских судов, используются самые простые зависимости [1, 2, 6]. Но во многих случаях этого оказывается недостаточным, чтобы отразить всю сложность реального объекта, которым является судно. В это же время детальные нелинейные методики не подходят для решения задач исследовательского проектирования с точки зрения высокой трудоемкости и недостаточности исходных данных для их применения. Однако в процессе создания образа будущего судна с помощью компьютерных технологий и ЭВМ появляется возможность разработать достаточно подробную методику, в тоже время приспособ-

ленную к задачам концептуального проектирования. Такой подход реализуется в данной работе применительно к так называемым «малым» пассажирским судам.

Совокупность задач проектного анализа элементов и характеристик судна можно разделить на две основные – исследовательскую и оптимизационную. Содержание первой заключается в выборе и разработке зависимостей, связывающих искомые элементы проектируемого судна с его характеристиками, устанавливаемыми техническим заданием (исходными данными) и нормативными величинами. Решение основных вопросов связи элементов и характеристик пассажирского судна приведено в [4, 5, 7, 8].

Решение второй из них заключается в решении внутренней задачи проектирования судна [3] – оптимизации его элементов при известных исходных данных технического задания (вектор исходных данных $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$). Основными характеристиками технического задания в данном случае применительно к «малым» пассажирским судам являются: количество пассажиров, необходимая скорость судна, характеристики линии эксплуатации, уровень мореходности. Дополнительно указаны и иные, менее значительные характеристики, а также нормативные величины $Y(y_1, y_2, \dots, y_i)$. На основе имеющегося технического задания, применяя аналитический подход к решению системы основных уравнений теории проектирования судов (плавучести, ходкости, остойчивости и проч.) разрабатываются различные варианты проектов, соответствующие каждому из варьируемых параметров. Искомые величины являются компоненты вектора варьируемых параметров $X = (x_1, x_2, \dots, x_i)$, определяющие элементы и характеристики судна, при которых критерий экономической эффективности достигает экстремума $F = f(X; Y; Z) \rightarrow \min(\max)$ и выполняются ограничения, представленные в виде строгих равенств или в виде неравенств

$$\begin{aligned} q_s(X; Y; Z) &= 0, \quad s \in S_1 \\ q_s(X; Y; Z) &> 0, \quad s \in S_2, \end{aligned}$$

при этом значения варьируемых параметров должны лежать в допустимых пределах

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}.$$

Система функциональных ограничений в оптимизационной задаче проектирования «малого» пассажирского судна, выражает следующие требования:

– уравнение баланса масс [4, 5]

$$D(X; Z) = \sum P_i(X; Z), \quad (1)$$

$D(X; Z)$ – масса судна, m ;

$P_i(X; Z)$ – масса отдельных статей нагрузки масс, m .

– уравнение масс и плавучести судна [6]

$$D(X; Z) = \rho \cdot \sum V_i(X; Y; Z), \quad (2)$$

ρ – плотность воды, t/m^3 ;

V_i – объемное водоизмещение, m^3 .

– уравнение ходкости [7]

$$N_e(X;Z) = \frac{R(X;Z) \cdot v}{\eta \cdot \eta_p \cdot \eta_e}, \quad (3)$$

N_e – требуемая мощность судовой энергетической установки, кВт ;

R – полное сопротивление движению судна, кН ;

v – скорость хода судна, м / с ;

η – пропульсивный КПД;

η_p, η_e – КПД редуктора и вала

– уравнение пассажировместимости [8]

$$\sum S_i^{пасс} \geq S_{факт}^{пасс}(X;Y;Z), \quad (4)$$

$S_i^{пасс}$ – площадь i -той палубы, которая может быть использована для размещения пассажиров, м² ;

$S_{факт}^{пасс}$ – площадь, необходимая для размещения заданного числа пассажиров, м² .

– условие минимального надводного борта [9]

$$H(X;Y;Z) - T(X;Z) + t_n(X;Y;Z) \geq H_{\min}^{нб}, \quad (5)$$

H – расчетная высота борта, м ;

T – расчетная осадка, м ;

$H_{\min}^{нб}$ – минимально допустимая высота надводного борта, м;

t_n – толщина настила палубы, м.

– условие обеспечения остойчивости [9]

$$h_0(X;Z) \geq h_0^{\min}, \quad (6)$$

h_0 – расчетная малая метацентрическая высота м ;

$h_0^{\min}$ – минимально допустимая малая метацентрическая высота, определяемая Правилами РРР [9], м ;

– требование к наибольшей осадке [2]

$$T(X;Z) < \Gamma - \Delta T, \quad (7)$$

T – расчетная осадка судна, м ;

Γ – гарантированная глубина судового хода, м ;

ΔT – запас воды под днищем, м .

Уравнения (1)–(7), по сути, представляют собой математическую модель судна. От уровня ее адекватности зависит корректность задачи анализа элементов и характеристик судна. Для оценки степени ее применимости были выполнены тестовые расчеты широкого ряда «малых» пассажирских судов различных архитектурно-конструктивных типов. Рассчитывались элементы и характеристики судов пассажировместимостью от 50 до 300 чел., скоростью хода от 12 до 24 км/ч. На гистограмме рис. 1 приведены значения средних квадратичных отклонений, вычисленных как квадратный корень из среднего арифметического всех квадратов разностей между рассматри-

ваемыми величинами и их средним значением. Анализ производился для двенадцати судов различных архитектурно- конструктивных типов по следующим параметрам: расчетная длина и ширина судна, полное водоизмещение и соответствующие ему осадка и коэффициент общей полноты, высота борта и мощность энергетической установки.

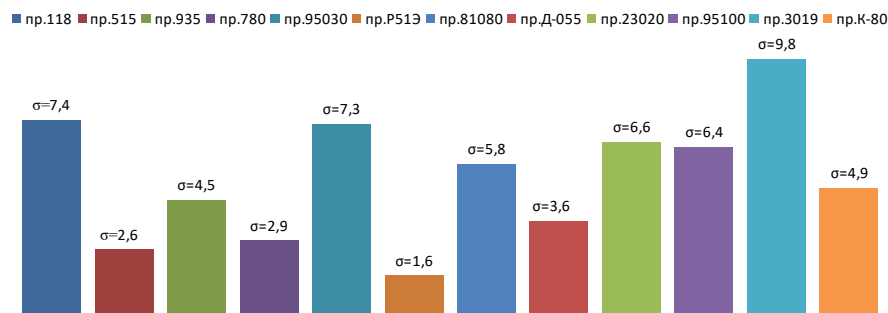


Рис. 1. Результаты оценки адекватности расчетных параметров «малого» пассажирского судна.

По результатам выполненного анализа получено, что величина среднего квадратичного отклонения σ колеблется в пределах 1,5...9,8%, что можно считать вполне допустимым для использования разработанной математической модели при расчете основных элементов и параметров судна на этапе исследовательского проектирования.

Так как вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_i)$ позволяет получить множество вариантов проектов судов, удовлетворяющих решению уравнений (1)-(7) возникает задача определения наиболее эффективного, с экономической точки зрения, варианта проекта. В качестве критериев, определяющих оптимальность рассматриваемого варианта судна, предусматривается возможность использования одного из показателей, сопоставляющих экономический эффект, выраженный в соотношении дохода от эксплуатации судна с затратами на постройку судна и текущими затратами на его эксплуатацию. Такими критериями, применительно к рассматриваемому типу судов, приняты:

– критерий экономической эффективности, представленный в виде срока окупаемости капиталовложений

$$T_{ок} = \frac{K}{P}, \quad (8)$$

где K – капитальные вложения на создание судна, тыс. руб.;

P – прибыль от эксплуатации судна, тыс. руб.

– удельная себестоимость перевозки одного пассажира

$$C = \frac{R}{n_{пасс}^{сут} \cdot l_{экл}^{сут}}, \quad (9)$$

где R – суммарные эксплуатационные расходы, тыс. руб.;

$n_{пасс}^{сут}$ – количество пассажиров, перевезенных за рассматриваемый период, чел.;

$l_{экл}^{сут}$ – суммарная длина линии перевозки за рассматриваемый период, км;

– прибыль от эксплуатации судна.

В модели экономической эффективности рассчитываются эксплуатационные расходы судна, представленные в виде суммы известных переменных и постоянных со-

ставляющих. Строительная стоимость судна находится как совокупность стоимости материалов и оборудования, основной и дополнительной заработной платы, транспортно-заготовительных расходов, единого социального налога, общепроизводственных, общехозяйственных расходов на подготовку и освоение производства и прочих.

При расчете показателей работы судна на линии учитываются: заданный период навигации и протяженность линии эксплуатации. Время кругового рейса рассчитывается в зависимости от определяющих параметров маршрута (начало и окончание рабочего дня, среднее количество перевозимых пассажиров и проч.), ходового времени, маневров, ожидания, стоянки

$$t_{\text{пут}} = 2 \cdot t_x + t_m + t_{\text{ож}} + \frac{2 \cdot n'_{\text{пасс}} \cdot k'_{\text{пасс}}}{q}, \quad (10)$$

где t_x – ходовое время, час;

$t_m = 0,1 \cdot t_x$ – время маневров судна, час;

$t_{\text{ож}}$ – время ожидания в конечном пункте, час;

$n'_{\text{пасс}}$ – среднее количество пассажиров, перевозимых за рейс, чел.;

$k'_{\text{пасс}}$ – коэффициент, учитывающий загрузку судна;

q – норма времени, рассчитанная на посадку/ высадку одного пассажира, чел/ час.

В зависимости от задаваемых исходных данных, в качестве варьируемых параметров (компонентов вектора X) принимаются коэффициент общей полноты корпуса судна либо количество пассажиров в одном поперечном ряду.

На основе изложенной математической модели судна и расчета его технико-экономических показателей разработан программный продукт в среде VBA (Visual-BasicforApplication), позволяющий определить оптимальные характеристики и элементы «малого» пассажирского судна рассматриваемого архитектурно- конструктивного типа при заданной пассажировместимости и скорости хода.

Разработанная программа позволяет наряду с определением оптимальных главных элементов и характеристик судов рассматриваемого типа, выполнив численный эксперимент, исследовать влияние варьируемых параметров на различные экономические показатели (себестоимость перевозок, срок окупаемости, прибыли, критерий приведенных затрат), что представляет определенный интерес при проектировании в условиях поиска оптимального решения на стадии исследовательского проектирования. В качестве примера таких решений на рис. 2–3 приведены графики зависимости относительных показателей экономической эффективности в зависимости от значений коэффициента общей полноты и количества пассажиров в одном поперечном ряду для различных значений скоростей. При проведении численного эксперимента было принято:

- АКТ III (пассажиры располагаются только в трюме);
- количество пассажиров 80 чел.;
- значения коэффициента общей полноты судна в пределах $0,45 \leq \delta \leq 0,7$;
- длина линии эксплуатации $l_{\text{эспл}} = 20$ км.

При расчете относительных показателей их абсолютные значения отнесены к минимальной себестоимости перевозки, максимальной прибыли от эксплуатации и нормативному сроку эксплуатации речных пассажирских судов соответственно.

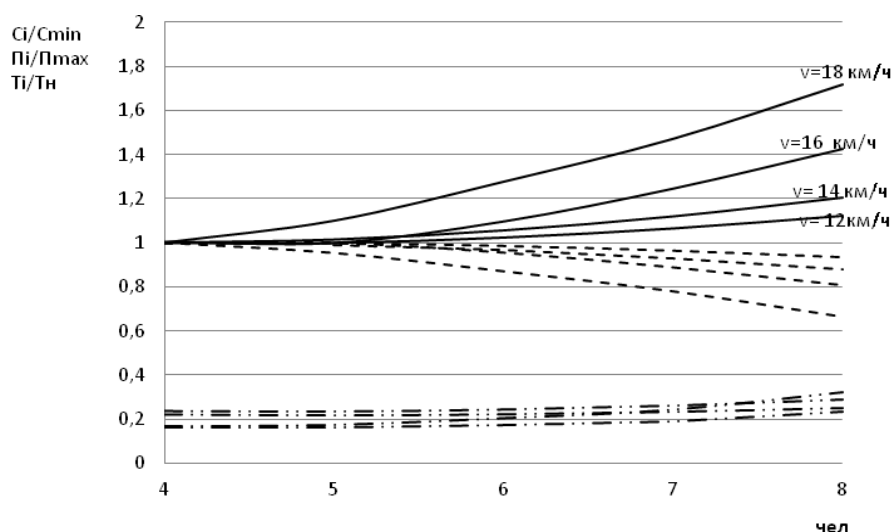


Рис. 2. Зависимость относительных показателей экономической эффективности «малого» пассажирского судна при варьировании числа пассажирских кресел в одном пассажирском ряду для различных значений скоростей при $\delta=0,55$

Рассматривая задачу обоснования возможного значения коэффициента общей полноты корпуса при различных значениях эксплуатационной скорости судна, анализ изменения относительных показателей можно произвести по графикам рис. 3.

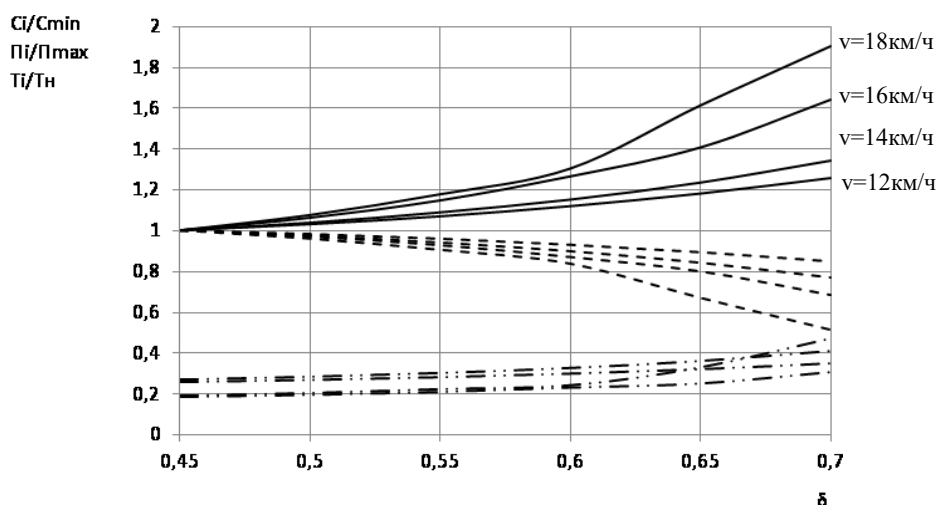


Рис. 3. Зависимость относительных показателей экономической эффективности «малого» пассажирского судна при варьировании коэффициента общей полноты для различных значений эксплуатационной скорости при $n_p=6$.

Анализируя полученные зависимости, можно сделать вывод о том, что с увеличением коэффициента общей полноты экономические показатели судна ухудшаются, что является следствием возрастания сопротивления движению судна, мощности СЭУ, массы топлива, что приводит к росту водоизмещения судна, строительной стоимости и переменных эксплуатационных расходов. При этом следует иметь в виду, что длина и ширина судна от коэффициента общей полноты не зависят, а определяются условиями пассажировместимости. Значительное возрастание срока окупаемо-

сти судна при значениях $\delta > 0,65$ связано, прежде всего, с увеличением необходимой мощности силовой установки, и, соответственно, эксплуатационных расходов.

Для судов II АКТ (пассажиры располагаются в трюме и на тентовой палубе) характер отмеченных зависимостей сохраняется, но им свойственны более низкие показатели увеличения себестоимости и сроков окупаемости, что обосновывается более оптимальным компоновочным решением, при котором примерно при одинаковых главных размерениях размещается, за счет второй палубы, большее число пассажиров, что значительно увеличивает показатели дохода.

Приведенные результаты получены для условий работы судна на заданной линии с неограниченным пассажиропотоком, что соответствует постановке задачи внутреннего проектирования. Разработанная программа может являться основой для решения поставленной задачи оптимизации для других, более приближенных к реальности условий эксплуатации – например, для маршрута, состоящего из нескольких участков, либо для совокупности линий, пассажиропоток на которых, навигационный период, габариты судового хода и разряд водного пути различны. Такая постановка приближается к так называемой задаче внешнего проектирования [3], при решении которой оптимизируются скорость хода, пассажировместимость, число однотипных судов.

Список литературы:

- [1] Вицинский В.В. Основы проектирования судов внутреннего плавания [Текст] / В.В. Вицинский- Л.: «Судостроение», 1970 г. – 453 с.
- [2] Дормидонтов Н.К. Проектирование судов внутреннего плавания / Н.К. Дормидонтов [и др.]- Л.: «Судостроение», 1974 г. – 335 с.
- [3] Пашин В.М. Оптимизация судов / В.М. Пашин- Л.: «Судостроение», 1983г. – 294 с.
- [4] Роннов Е.П. Масса металлического корпуса «малых» пассажирских судов. / Роннов Е.П., Купальцева Е.В. // Вестник Астраханского Государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология 2015.- №3. 23–29 с.
- [5] Купальцева Е.В. Определение составляющих нагрузки масс «малых» пассажирских судов на начальном этапе проектирования / Е.В. Купальцева // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта – Н. Новгород.: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015.- № 45. – С. 181–189.
- [6] Ашик В.В. Проектирование судов / В.В. Ашик- Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
- [7] Роннов Е.П. Расчёт ходкости «малого» пассажирского судна на начальной стадии проектирования / Е.П. Роннов, Е.В. Купальцева // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта – Н. Новгород.: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015.- №47. – С. 63–68.
- [8] Купальцева Е.В. Определение пассажировместимости «малого» пассажирского судна на начальной стадии проектирования // Вестник ГУ МРФ – Санкт-Петербург, 2016- № 4(38) – С. 113–121.
- [9] Правила классификации и постройки судов (ПКПС). Том 2 – Москва, 2015. – 385 с.

MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION THE INLAND PASSENGER VESSELS

E.V. Kupaltseva, E.P. Ronnov

Key words: passenger ship, mathematical model, optimization, criterion of economic efficiency.

The recent increased interest in «small» river passenger vessels. This is especially true of those areas into the country, where there are extensive inland waterways, where an important role in the development of passenger transport is water transport. Method optimization selection of key elements and characteristics for such vessels in the early stages of design is considered. Computer programming is applied, which greatly reduces the complexity of design work and provides a selection of the most efficient, practical option.

Статья поступила в редакцию 26.04.2017 г.

УДК 629.025: 629.069.

Д.С. Мизгирев, д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

А.С. Курников, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАНТЕНКА КАК ЭЛЕМЕНТА СУДОВОЙ СИСТЕМЫ СКПО

Ключевые слова: метантенки, биогаз, биогазовые установки, возобновляемые источники энергии, судовые системы, методика расчета.

В статье рассматриваются существующие конструкции метантенков биогазовых установок для анаэробного сбраживания осадков сточных вод и пищевых отходов, возможности их применения, результаты испытаний, особенности проектирования и применения на судах комплексной переработки отходов (СКПО).

1. Общие положения

Негативному антропогенному воздействию подвержены все составляющие биосферы – почва, атмосфера и гидросфера с проживающими в них флорой и фауной.

Загрязнения окружающей среды, оказываемые конкретным судном, не постоянны и представлены практически в каждой из групп факторов, во многом они определяются назначением, режимом работы, техническим состоянием и сроком эксплуатации данного транспортного средства [1].

При эксплуатации судна на его борту непрерывно образуется целый ряд разнообразных отходов, подлежащих нейтрализации и удалению [2]. Виды отходов связаны с особенностями работы, назначением судна и вызваны грузом, пассажирами, либо эксплуатацией технического средства.

На флоте в настоящее время используются два способа решения проблемы отходов [3]:

1. Накопление отходов по видам и их последующая сдача на береговые предприятия переработки и утилизации.

2. Переработка непосредственно на судне при помощи специальных систем очистки сточных (СВ) и нефтесодержащих вод (НВ), а также инсинераторов.

Преимуществами второго способа являются: повышение автономности плавания, сокращение простоев вследствие операций передачи отходов на стационарные береговые сооружения или вспомогательные суда типа «ОС», снижение объемов накопительных емкостей и, как следствие, высокая эффективность таких судов. Из недостатков следует отметить: сложность и дороговизну указанного оборудования, необходимость профессионального обслуживания и ремонта, дополнительные затраты энергии.

Специальные средства для обработки судовых отходов классифицируют следующим образом.

1. Судовые средства: станции очистки и обеззараживания СВ (СОСВ), станции очистки НВ (СОНВ), системы для сбора, хранения и переработки судового мусора, системы комплексной переработки отходов.

2. Внесудовые средства, в состав которых входят: суда-сборщики, спец. причалы, станции очистки НВ, баржи-амбары, суда комплексной переработки отходов (СКПО).

Для ряда средних и малых речных судов установка перечисленного оборудования на борту невозможна. Связано это с тем, что количества образующихся отходов малы, масса и габариты установок значительны, оборудование имеет высокое энергопотребление и стоимость, требуются дополнительные затраты на его эксплуатацию, обслуживание, ремонт и т.п.

Следовательно, для речных судов рационален только первый способ (раздельное накопление отходов с последующей передачей на переработку на берег). Однако в результате анализа его достоинств и недостатков следует, что и он не оптимален. Объясняется это экономическими факторами. Необходима постоянно действующая инфраструктура, что в свою очередь требует постоянных капиталовложений на ее эксплуатацию. С другой стороны, система жестко привязана к географии береговых объектов, имеет постоянную производительность и не может изменяться в соответствии с варьирующей ситуацией на судоходном участке.

Таким образом, в качестве одного из рациональных решений проблемы судовых отходов рекомендуется использование автономных современных СКПО. Их применение устранил основные проблемы действующей в России системы комплексного обслуживания флота (КОФ): придаст мобильность, возможность обслуживания любого судоходного участка, обеспечит наибольшую эффективность, размещение на акватории не требует выполнения капитальных строительных работ, относительно малы капиталовложения на постройку и эксплуатацию. Системы переработки по видам отходов объединяются в комплексы, что обеспечит высокое качество очистки, позволит ответить существующим требованиям природоохранного законодательства. Кроме того, открывается возможность использования для всего перерабатывающего комплекса единого окислителя – озона (в активированных окислительных технологиях (АОТ's)).

При проектировании современных систем СКПО целесообразно использование таких технологических процессов, которые обеспечивали бы не переработку, а утилизацию отходов. Нефтешламы, шламы СВ и НВ, а также сухой мусор рационально перерабатывать сжиганием. Есть возможность использования биогаза - альтернативного вида топлива генерируемого из пищевых отходов и осадка СВ. При реализации данных процессов получаемую теплоту можно будет использовать для нужд технологических систем, судовой энергетической установки (СЭУ) и т.п., а избыточная энергия может передаваться внешним (например, береговым) потребителям. При осуществлении данной технологии на СКПО будет накапливаться относительно малый объем неперерабатываемого мусора и сухой зольный остаток, которые в дальнейшем сдаются на береговые предприятия переработки.

Технологические процессы перерабатывающего комплекса СКПО должны реализовывать целый ряд требований: глубина очистки и обработки сред, получение потенциально опасных или же полезных побочных веществ, наличия современных технических средств, эффективности, экономических показателей, перспектив дальнейшего развития и т.д. Следует отметить, что достичь максимального эффекта в экономическом и экологическом аспектах возможно лишь при комплексном решении проблемы универсальными методами и приемами.

Технология утилизации осадка СВ и обезвреживания пищевых отходов обозначена на рис. 1.

В СОСВ переработка СВ осуществляется в несколько стадий. На первой выполняется их отстаивание и усреднение осаждением фракций СВ под действием силы тяжести. Количество взвешенных веществ (ВВ) в СВ после отстаивания варьируется в пределах (8...15) мг/дм³ [4]. Далее осадок СВ, полученный на предыдущей стадии, отделяется частично, обезвоживается с помощью центрифугования. Эта стадия определяется тем, что субстрат, поступающий на анаэробное сбраживание, должен иметь уровень влажности (88...92)%.

Технологический процесс обезвреживания пищевых отходов состоит из сортировки, измельчения и переработки также посредством анаэробного сбраживания. Из накопительной емкости отходы здесь подаются на сортировочный стол, где происходит сепарация крупных костей и прочих неподдающиеся сбраживанию органических и неорганических компонентов, направляемых далее на станцию сортировки мусора.

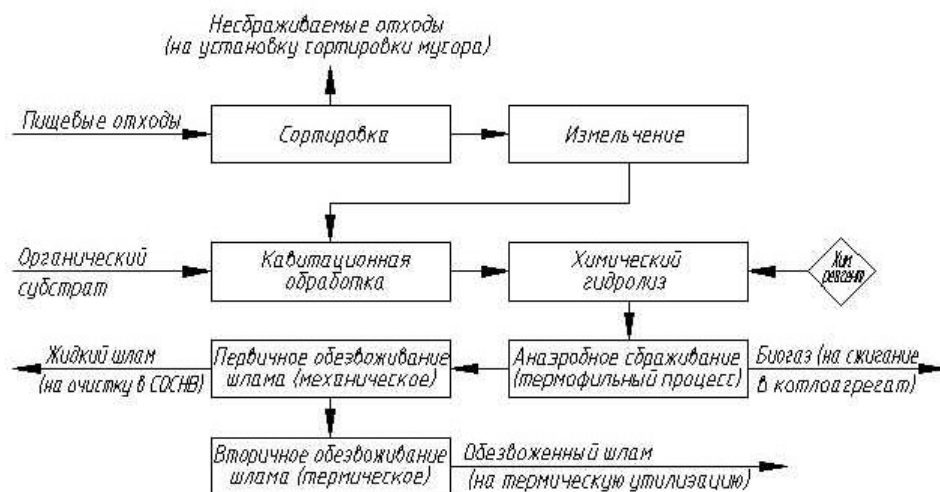


Рис. 1. Функциональная схема переработки осадка СВ и обезвреживания пищевых отходов

После измельчителя размельченные отходы смешиваются с подготовленным осадком СВ и направляются через гидродинамический кавитатор в метантенк, где органический субстрат сбраживается в анаэробных условиях генерируя горючий биогаз, далее сжигаемый в котлоагрегате. В гидродинамическом кавитаторе осуществляется усреднение и гомогенизация субстрата, а также первичное его разложение за счет химического гидролиза под действием добавляемых реагентов.

Побочным продуктом процесса сбраживания выступает сток, направляемый на двухступенчатое обезвоживание. Твердые его составляющие также подлежат сжиганию в котлоагрегате, жидкие - передаются на очистку в СОСНВ.

Существенным свойством осадков СВ, определяющим возможность их переработки, является высокое содержание органики – до (65...75) %, которая также успешно перерабатывается как при реализации аэробном, так и анаэробного процессов [5].

Установки, реализующие аэробную технологию, конструктивно просты и дешевы в эксплуатации, однако, отличаются значительным энергопотреблением и массогабаритными показателями [5], следовательно, на СКПО рационально использование анаэробного сбраживания, как экономически более выгодного и экологически безопасного.

Сбраживание осуществляется в закрытых герметичных емкостях – метантенках. В процессе протекания реакции шлам СВ обеззараживается и выделяется полезное вещество – метан [5]. На рис. 2 показаны зависимости продолжительности сбраживания от температуры при реализации термофильного или мезофильного процессов.

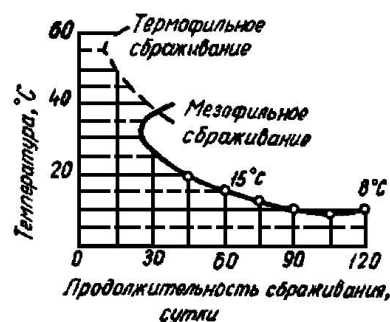


Рис. 2. Зависимость продолжительности сбраживания от температуры

Рационально использование термофильного процесса, происходящего при температуре (50...60)°С, с принудительным перемешиванием субстрата, а также непрерывным подводом свежего осадка и отводом стока. Это позволяет стабилизировать и повысить скорость переработки, снизить энергозатраты и обеспечить установленное газовыделение. Еще одним важным достоинством термофильного процесса является достижение полной дегельминтизации осадка СВ, что не требует проводить дополнительного обеззараживания стока.

В процессе брожения происходит распад органических веществ осадка с выделением жидких и газообразных продуктов. Это приводит к значительному изменению химического состава сброженной смеси. Общий объем сброживаемой смеси постоянен, так как количество сухого вещества вследствие его распада уменьшается, а влажность смеси растет. Растет и зольность, поскольку зольная часть осадка остается неизменной, а количество сухого вещества снижается.

Образующийся при анаэробном сбраживании биогаз составляют метан (60...67)%, угольная кислота (30...33) %, водород (1...2) %, азот (около 0,5%). Содержание метана в газе определяется распадом жиров и белков, поступающих с исходным субстратом [4].

2. Конструкция метантенка

Развитие анаэробной техники вызвано потребностью в эффективных аппаратах, отличающиеся низкими массогабаритными показателями, надежных в работе, обеспечивающих малые капитальные, эксплуатационные и энергетические затраты. Известны станции с применением каждого из указанных процессов, а также многоступенчатые [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Применительно к судовым условиям возможна реализация только UASB и AMBR реакторов, причем последние требуют дорогостоящих расходных материалов – биологических мембран.

В результате анализа априорной информации и результатов предварительных экспериментов авторы совместно с сотрудниками ООО «МИП «Энергосберегающие технологии» разработали гибридную судовую установку (рис. 3), новизна которой защищена патентом РФ № 136282 U1 [11].

Особенностью системы является повышение эффективности и ускорение процессов биологической обработки отходов за счет:

- разделения рабочего процесса на стадии химического гидролиза, предварительного и основного анаэробного сбраживания, что дает равномерный выход газа и снижает шок-эффект на микроорганизмы;
- закрепления микроорганизмов на насыпной загрузке, что способствует ускорению их роста и размножения, уменьшает их вынос и гибель при нагреве и циркуляции, повышает выход газа;
- ускоренный выход на рабочий режим и его стабилизация за счет добавления бактериального субстрата на любой стадии процесса;
- расширяются возможности использования системы за счет снижения массогабаритных показателей;
- уменьшаются строительные и эксплуатационные затраты за счет отказа от расходных материалов, снижения энергопотребления путем рациональной организации гидродинамических потоков, исключения из конструкции движущихся деталей;
- повышается надежность работы за счет автоматизации рабочего процесса и отсутствия подвижных элементов.

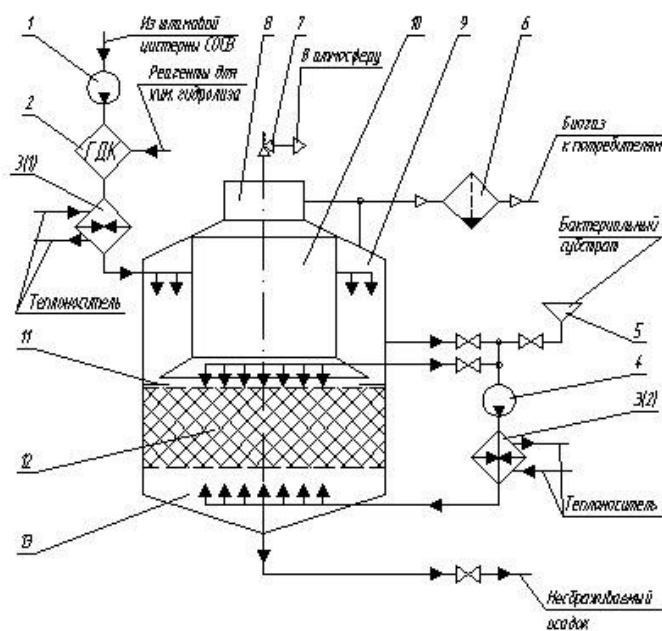


Рис. 3. Схема метантенка: 1 – высоконапорный насос; 2 – кавитатор гидродинамический; 3 – теплообменный аппарат; 4 – насос циркуляционный; 5 – загрузочное устройство; 6 – фильтр-влагодетель; 7 – клапан предохранительный; 8 – колпак газовый; 9 – камера предварительного сбраживания; 10 – основная камера метанового сбраживания; 11 – кольцо разделительное; 12 – насыпная загрузка; 13 – нижняя камера

3. Расчет метантенка

С учетом ранее выполненной Мизгиревым Д.С. работы [12] по статистическому анализу количеств и состава отходов на судоходном участке в районе г. Н.Новгорода, расчетная производительность станции составит, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q_B = 0,1 \cdot Q_{CB} + 0,3 \cdot Q_{CM \max}, \quad (1)$$

где Q_{CB} – расход СВ, принимаемых СКПО на переработку, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{CM \max}$ – максимальная масса сухих принимаемых отходов, т/ч.

Объем метантенка определяем по периоду задержки [13], τ , сут:

$$\tau = 100 / k_{mt}, \quad (2)$$

где k_{mt} – коэффициент, зависящий от влажности осадка, суточной дозы загрузки и наличия в СВ ПАВ различного происхождения.

Как показывают исследования, в судовых СВ в основном присутствуют анионные ПАВ, следовательно [13]:

$$k_{mt} = \frac{10 D_{\lim}}{C_{dt} (100 - d_{\text{mud}})}, \quad (3)$$

где C_{dt} – содержание ПАВ в осадке, $\text{мг}/\text{г}$ сухого вещества осадка [13], $C_{dt} = 5 \text{ мг}/\text{г}$ (при исходной концентрации ПАВ в СВ $5 \text{ мг}/\text{л}$);

d_{mud} – влажность загружаемого осадка, %. Значение d_{mud} принимается по результатам испытаний конкретной схемы блока подготовки осадка СОСНВ;

D_{lim} – предельно допустимая загрузка ПАВ в рабочий объем метантенка в сутки, принимаем $D_{lim} = 65 \text{ г/м}^3$ для анионных ПАВ в ХБСВ [13].

После преобразований уравнение (3) примет вид:

$$k_{mt} = \frac{130}{100 - d_{mud}}, \quad (4)$$

Приведенные зависимости не учитывают влияния на процесс метаногенеза предварительной обработки осадка, для чего в формулу (2) вводится коэффициент ускорения k_y [14]; тогда преобразуя с учетом (4), получим:

$$\tau = 0,769 \cdot (100 - d_{mud}) \cdot k_y, \quad (5)$$

Требуемый объем метантенка составит [6], м^3 :

$$V_{MT} = 24 \cdot Q_B \cdot \tau. \quad (6)$$

Объем гранулированной загрузки для иммобилизации метаногенов принимаем по [14] равным 18% рабочего объема метантенка.

Определяем объем рабочего пространства метантенка с учетом уравнений (1), (5), м^3 :

$$V_{MT} = 21,778 \cdot k_y \cdot (100 - d_{mud}) \cdot (0,1 \cdot Q_{CB} + 0,3 \cdot Q_{CM \max}) \quad (7)$$

Распад беззольного вещества загружаемого осадка в зависимости от дозы загрузки будет равен:

$$R_r = R_{lim} - k_d \cdot k_{mt}, \quad (8)$$

где k_d – коэффициент, зависящий от влажности осадка и принимаемый по источнику [13] $k_d = 0,1$.

R_{lim} – максимально возможное сбраживание беззольного вещества осадка, %. Для смеси ХБСВ и ХФСВ $R_{lim} = 53\%$ [13].

В результате преобразования формулы (8) получим:

$$R_r = 53 - \frac{13}{100 - d_{mud}} \quad (9)$$

Расход остатка по сухому веществу составит, кг/ч :

$$Q_{сух} = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot k_{\Pi}}{1000} \cdot Q_{CB} + \frac{100 - d_{\Pi O}}{100} \cdot k_{\Pi O} \cdot Q_{CM \max}, \quad (10)$$

где C – начальная концентрация ВВ, г/м^3 . Конкретное значение C определяется экспериментальными данными [12];

ε – эффект задержания взвешенных веществ при первичном отстое. С целью повышения выхода газа примем $\varepsilon = 0,8$. Для этого в технологической схеме необходимо предусмотреть устройство, повышающее концентрацию ВВ (центрифугу или гидроциклон);

k_{Π} – коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных ВВ, не улавливаемых при отборе проб, $k_{\Pi} = 1,15$ [13];

$d_{\Pi O}$ – влажность пищевых отходов, %. $d_{\Pi O} = (60...70)\%$ в весенний период, $d_{\Pi O} = (70...80)\%$ летом и осенью. В связи с пониженным водопотреблением на судах

$d_{по} = 65\%$ [15].

После подстановки значений в выражение (10) получим, кг/ч:

$$Q_{сж} = 0,92 \cdot 10^{-4} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}, \quad (11)$$

Масса распавшегося беззольного вещества осадка составит [13], кг/ч:

$$m_{ср} = \frac{Q_{сж} \cdot R_r}{100} \quad (12)$$

Преобразуем (12) с учетом (9), (11), выражение примет вид, кг/ч:

$$m_{ср} = \left(0,53 - \frac{0,13}{100 - d_{mud}}\right) \cdot (0,92 \cdot 10^{-4} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}). \quad (13)$$

Выход биогаза составляет 1 г на 1 г распавшегося вещества беззольного осадка (объемный вес газа 1 кг/м³) [13].

Суточный объем генерируемого газа составит (м³/сут):

$$Q_z = 24 \cdot m_{ср}, \quad (14)$$

С учетом уравнения (13), м³/сут:

$$Q_z = \left(12,72 - \frac{3,12}{100 - d_{mud}}\right) \cdot (0,92 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}). \quad (15)$$

Масса нераспавшегося беззольного остатка (обезвоженного стока), кг/ч:

$$m_{сн} = \frac{Q_{сж} \cdot (100 - R_r)}{100}. \quad (16)$$

Преобразуем выражение (16) с учетом формул (9) и (11):

$$m_{сн} = (0,92 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}) \cdot \left(0,47 - \frac{0,13}{100 - d_{mud}}\right). \quad (17)$$

Нераспавшийся осадок - сток целесообразно также утилизировать в котлоагрегате.

Тепловой баланс метантенка описывается системой уравнений потерь теплоты [14], обусловленной ее расходом на:

а) тепловой поток для подогрева свежей порции осадка [15], кВт/ч:

$$Q_{OCB} = 0,001 \cdot Q_B \cdot (T_{MT} - T_{OCB}) \cdot c_{OCB}, \quad (18)$$

где T_{MT} – расчетная температура в метантенке, °С. С учетом ранее обоснованной технологии переработки $T_{MT} = 55$ °С;

T_{OCB} – температура осадка, поступающего в метантенк, °С. С учетом обработки в гидродинамическом кавитаторе $T_{OCB} = 25$ °С;

c_{OCB} – удельная теплоемкость осадка, кДж/(кг·°С). $c_{OCB} = 4,2$ кДж/(кг·°С) [15].

После преобразования с учетом (1) получим, кВт/ч:

$$Q_{OCB} = 0,0126 \cdot Q_{CB} + 0,0378 \cdot Q_{CM \max}; \quad (19)$$

б) тепловые потери в окружающую среду через ограждения [15], кВт/ч:

$$Q_{окр} = 0,001 \cdot k F_{MT} (T_{MT} - T_{окр}), \quad (20)$$

где k - коэффициент теплопередачи к окружающей среде Вт/(м²·°С);

F_{MT} - площадь ограждающих стенок метантенка, м²;

$T_{окр}$ - температура окружающей среды, °С. При эксплуатации судна в умеренном климатическом поясе $T_{окр} = 20$ °С [14].

Применяя сварные конструкции метантенков из коррозионностойких сталей с негорючей теплоизоляцией из минеральной ваты толщиной $\Delta = 0,1$ м и защитным кожухом из оцинкованной стали $k = 0,314$ Вт/(м²·°С) [15].

После преобразования (20) получим:

$$Q_{окр} = 0,011 \cdot F_{MT}; \quad (21)$$

в) тепловой поток с уходящим биогазом.

Согласно авторам [15] для различных конструкций метантенков данный поток составляет менее 5% теплового баланса, поэтому им пренебрегают. На СКПО без накопления газа данный поток целиком переходит в тепловой баланс котлоагрегата в части подготовки топлива. Это минимизирует тепловые потери, повышает к.п.д. системы и упрощает расчет.

4. Экспериментальные исследования метантенка

В результате экспериментальных исследований необходимо установить следующие характеристики предлагаемого устройства метантенка:

- а) выяснение работоспособности конструкции;
- б) минимально необходимую кратность циркуляции осадка K_B с точки зрения согласования теплового и биологического режимов, а также предотвращения коркообразования на поверхности раздела фаз;
- в) влияние обработки свежего осадка гидродинамической кавитацией и химическим гидролизом на процесс анаэробного сбраживания (коэффициент ускорения k_y);
- г) определение дозы реагента для химического гидролиза $q_{реаг}$, кг/м³ в условиях предварительной кавитационной обработки осадка.

Во избежание влияния переходных процессов продолжительность каждого эксперимента соответствовала регламентированному времени контакта: в кавитаторе – не менее 10 с; в метантенке - по расчетному периоду задержки, но не менее 3 сут.

Для осуществления эксперимента в соответствии с указанными задачами был разработан специальный стенд. На нем имитируется работа биогазовой установки, представляющей собой комплекс из метантенка и обслуживающих его систем. При создании принципиальной схемы и стенда для испытаний авторы ориентировались на продукцию отечественного и импортного производства, одобренную РРР и используемую в судовых системах.

Внешний вид стенда представлен на рис. 4. Технические параметры стенда в ходе проведения опытов поддерживались на уровне, полученном при его наладке перед испытаниями.

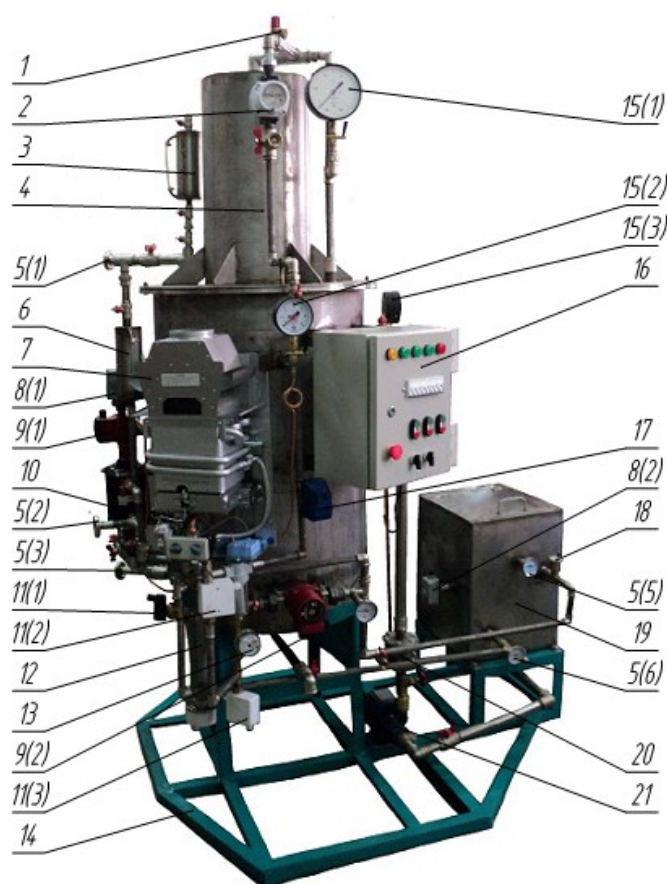


Рис. 4. Внешний вид стенда биогазовой установки до монтажа теплоизоляции, кабельных трасс и газохода: 1 – клапан предохранительный; 2 – счетчик газа; 3 – устройство загрузочное; 4 – метантенк; 5(1)...5(5) – термометр; 6 – бак расширительный; 7 – котел водогрейный газовый; 8(1)...8(2) – термостат; 9(1)...9(2) – насос циркуляционный; 10 – аппарат теплообменный; 11(1)...11(4) – клапан электромагнитный; 12 – нагреватель водогрейный электрический; 13 – расходомер; 14 – рама; 15(1)...15(3) – манометр; 16 – щит питания и управления; 17 – реле давления; 18 – воздухоотводчик автоматический; 19 – загрузочная емкость осадка; 20 – кавитатор гидродинамический; 21 – насос высоконапорный

Задача первого эксперимента - выяснение работоспособности метантенка предложенной авторами конструкции.

Для осуществления эксперимента использовалась смесь осадка ХБСВ с т/х ОТ 1505с пищевыми отходами в соотношении 10:1.

Испытания производились при следующих параметрах: режим сбраживания – термофильный ($T_{MT} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{OCB} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$); давление перед кавитатором - 500 кПа, расход необработанного осадка обеспечивался высоконапорным насосом и составлял $1,0\text{ м}^3/\text{ч}$, расход циркулирующего осадка $Q_B = 0,005\text{ м}^3/\text{ч}$. Результаты исследований представлены на рис. 5.

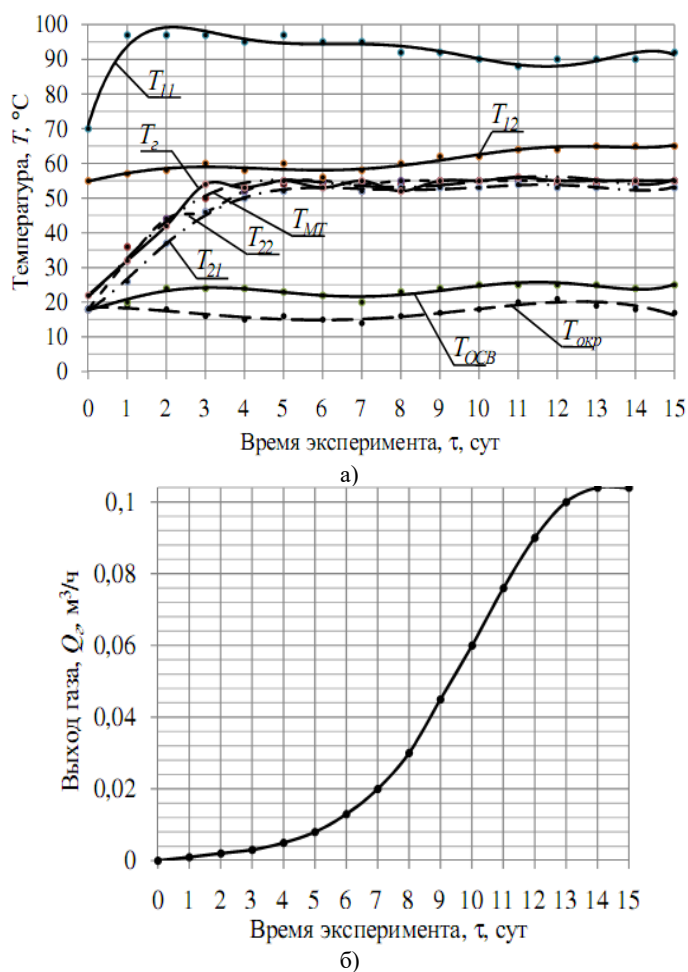


Рис. 5. Температурный режим (а) и выход газа (б) при базовом режиме работы метантенка

Температуры: T_2 – в газовом колпаке; T_{MT} – в камере метантенка; T_{OSB} – порции свежего осадка; $T_{окр}$ – окружающей среды; T_{11} – греющего теплоносителя на входе в ТА; T_{12} – греющего теплоносителя на выходе из ТА; T_{21} – нагреваемого осадка на входе в ТА; T_{22} – нагреваемого осадка на выходе из ТА.

Эксперименты доказывают целесообразность разделения рабочего процесса на стадии и эффект предварительной обработки осадка кавитацией, т.к. система обеспечивает эксплуатационный режим работы уже на (13...14) сут, вместо рекомендуемых (18...22) сут.

Во втором эксперименте необходимо было выявить минимально необходимую кратность циркуляции биомассы K_B . При перемешивании происходит высвобождение образованного биогаза, предотвращение разделения жидкой и твердой фаз, выравнивание температуры в рабочей камере, распределение популяции бактерий. Кроме того, оптимальное перемешивание сырья повышает выход биогаза до 50%.

Кратность циркуляции K_B определяется по выражению, сут⁻¹:

$$K_B = 24 \cdot Q_{Bo} / V_{MT}, \quad (22)$$

где Q_{Bo} – расход циркулирующего осадка, м³/ч.

Эксперименты выполнены при установившемся режиме работы с выдержкой 3 сут. на каждом опытном режиме. Результаты опытов сведены в зависимости, изображенные на рис. 6.

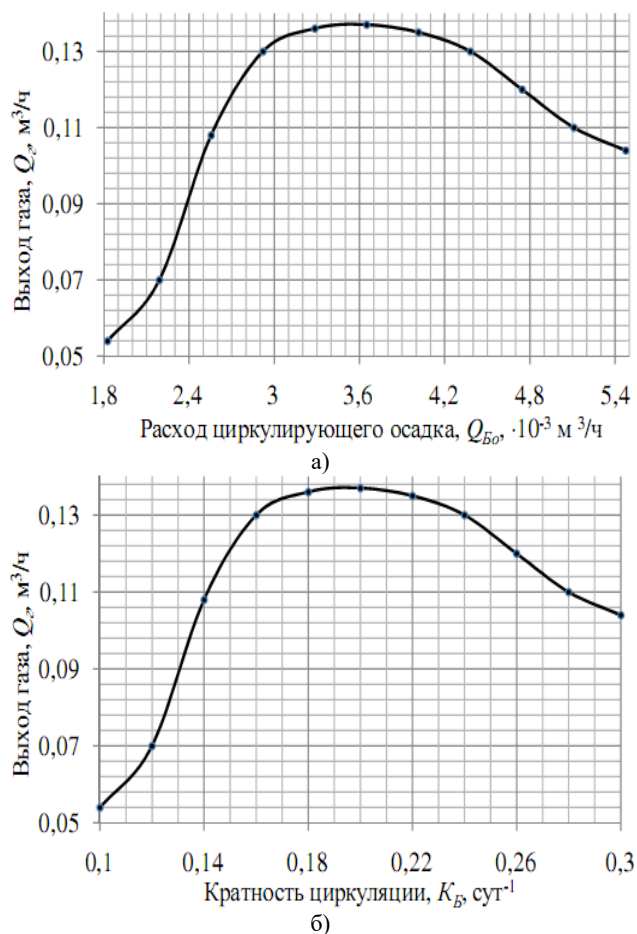


Рис. 6. Зависимость выхода биогаза от расхода циркулирующего осадка (а) и кратности циркуляции (б)

Минимально необходимая кратность циркуляции осадка K_B для данной конструкции метантенка составляет 0,18, что также находится в рекомендованном диапазоне (0,14...0,28) сут⁻¹.

В третьем эксперименте поставлена задача определения влияния на процесс анаэробного сбраживания первичной обработки осадка гидродинамической кавитацией и химическим гидролизом, а также определение дозы реагента.

Коэффициент ускорения процесса сбраживания, достигаемого предварительной обработкой субстрата, определяется по выражению:

$$k_y = \tau / \tau_0 \quad (23)$$

где τ_0 – период задержки без применения химического гидролиза, сут.

По априорным данным [8, 9, 10, 13, 14] обработка осадков реагентами HCl , HNO_3 , H_3PO_4 облегчает выделение ферментов и повышает производство сахаров. Введение $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$ снижает степень полимеризации биомассы, что приводит к росту доступности углеводов, усиливает активность полисахаридов. Среди перечислен-

ных реагентов наиболее доступными и наименее опасными являются HCl и $NaOH$.

С другой стороны, на бактерии сильно влияет уровень pH и их активность достигает максимума в диапазоне (6,8...7,2) [6, 14]. Отмеченное выше устанавливает граничные условия эксперимента. Результаты исследований представлены на рис. 7.

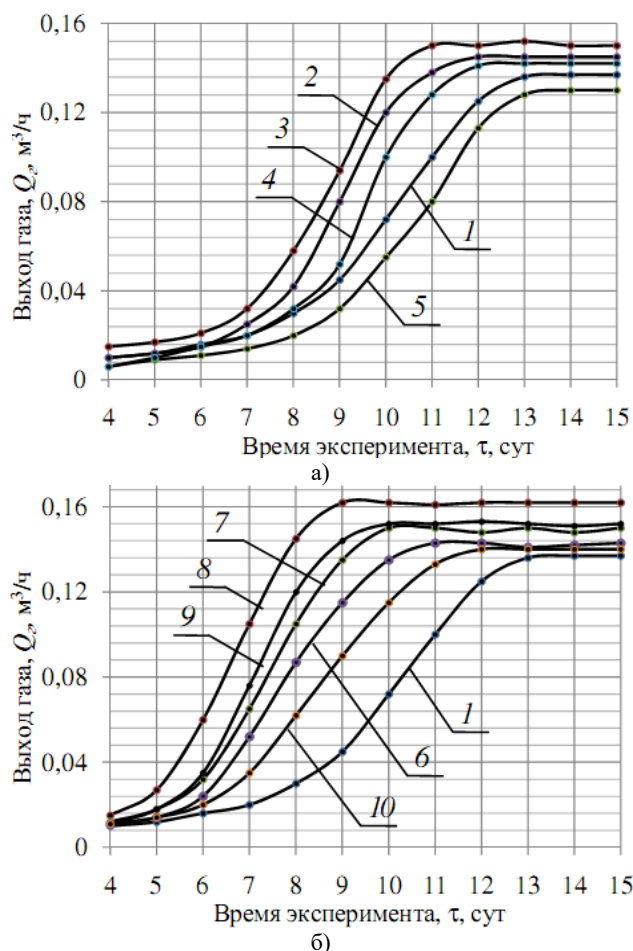


Рис. 7. Выход биогаза при совместной обработке осадка кавитацией и кислотным (а) или щелочным (б) гидролизом:

- 1 – без добавления реагентов; 2 - 0,05 М HCl ($q_{реак} = 4,795$ кг/м³, $k_y = 0,923$);
 3 - 0,1 М HCl ($q_{реак} = 9,615$ кг/м³, $k_y = 0,846$); 4 - 0,15 М HCl ($q_{реак} = 14,411$ кг/м³, $k_y = 0,923$); 5 - 0,2 М HCl ($q_{реак} = 19,207$ кг/м³, $k_y = 1$);
 6 - 0,15 М $NaOH$ ($q_{реак} = 6,012$ кг/м³, $k_y = 0,846$); 7 - 0,20 М $NaOH$ ($q_{реак} = 8,000$ кг/м³, $k_y = 0,769$); 8 - 0,25 М $NaOH$ ($q_{реак} = 10,000$ кг/м³, $k_y = 0,692$);
 9 - 0,30 М $NaOH$ ($q_{реак} = 12,000$ кг/м³, $k_y = 0,769$);
 10 - 0,35 М $NaOH$ ($q_{реак} = 14,000$ кг/м³, $k_y = 0,923$).

Из результатов экспериментов следует, что целесообразно применение раствора 0,1М $NaOH$ ($q_{реак} = 10$ кг/м³, $k_y = 0,692$) совместно с гидродинамической кавитацией, что повышает выход биогаза на 18 %. Также следует учитывать, что $NaOH$ уже используется на судах для обработки воды СЭУ, следовательно, уже предусмотрены условия, обеспечивающие его обращение и складирование. К преимуществам также относится поставка в твердом гранулированном виде, облегчающая транспортировку и хранение.

5. Математическое моделирование биогазовой установки

Итак, после подстановки искомых параметров в выражения (1)...(23) и их преобразования получим математическую модель биогазовой установки.

$$\left\{ \begin{aligned} Q_B &= 0,1 \cdot Q_{CB} + 0,3 \cdot Q_{CM \max}; \quad \tau = 0,532 \cdot (100 - d_{mud}); \\ Q_{сх} &= 0,92 \cdot 10^{-4} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max} \\ m_{ср} &= (0,53 - \frac{0,13}{100 - d_{mud}}) \cdot (0,92 \cdot 10^{-4} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}) \\ m_{сн} &= (0,92 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}) \cdot (0,47 - \frac{0,13}{100 - d_{mud}}) \\ Q_z &= (12,72 - \frac{3,12}{100 - d_{mud}}) \cdot (0,92 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot Q_{CB} + 0,105 \cdot Q_{CM \max}) \\ V_{MT} &= 21,778 \cdot k_y \cdot (100 - d_{mud}) \cdot (0,1 \cdot Q_{CB} + 0,3 \cdot Q_{CM \max}); \quad Q_{Bo} = 0,0075 \cdot V_{MT}; \\ Q_{нарMT} &= 1,701 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{CB} + 5,103 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{CM \max} + 0,148 \cdot 10^{-3} \cdot F_{MT} \\ H_{жсi}^{II} &= \frac{P_{i,i+1} - P_{i,i-1}}{\rho_{жс} \cdot g} + \frac{P_{ci}}{\rho_{жс} \cdot g} + \frac{v_{i,i+1}^2 - v_{i,i-1}^2}{2 \cdot g} + H_{i,i+1} - H_{i,i-1} + \Delta h_i + \Delta h_{\psi i} + R_i \cdot Q_{жсi}^2 + R_{сми} \cdot Q_{сми}^2 + J_i; \\ H_{ci}^{II} &= \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{\rho_z \cdot g} + \sum_{i=1}^n (R_{zi} \cdot Q_{zi}^2); \quad R_i = \left(\lambda_i \frac{L_i}{D_i} + \sum_{j=1}^m \xi_{ij} \right) \cdot \frac{8}{\pi^2 D_i^4 g} \end{aligned} \right. \quad (24)$$

Заключение

Экспериментально показана работоспособность предложенной конструкции биогазовой установки с применением предварительной обработки осадка кавитацией, обеспечивающей термофильный режим уже на (13...14) сут. эксплуатации. Выявлена минимально необходимая кратность циркуляции осадка $K_B = 0,18 \text{ сут}^{-1}$. Доказана целесообразность совместной предварительной обработки биомассы гидродинамической кавитацией и химического гидролиза раствором $0,1M \text{ NaOH}$ (доза реагента $q_{реаг} = 10 \text{ кг/м}^3$), обеспечивающего коэффициент ускорения $k_y = 0,692$ и повышающего выход биогаза до 18 % при оптимальных условиях перемешивания. Предложена математическая модель биогазовой установки.

Следует отметить, что применение метантенков целесообразно не только на СКПО, но и на других технических средствах инженерной защиты окружающей среды (баржи-амбары, спец. причалы и т.п. сооружения), выполняющих операции со значительными объемами СВ в целях получения тепловой, а впоследствии и электрической энергии и использования этих ресурсов для их собственных нужд. Это позволит обеспечить решение не только технических, но и экономических задач, вызванных затратами при эксплуатации и обслуживании подобных объектов.

Список литературы:

- [1] Экологический менеджмент воздействующие факторы. Классификация. Национальный стандарт Российской Федерации: ГОСТ Р 14.03-2005. – Введ. 1.01.2009. – М: Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.
- [2] Конаков Г.А., Васильев В.В. Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация флота: Учебник для вузов водн. трансп. / Г.А. Конаков, В.В. Васильев. – М.: Транспорт, 1980. – 424 с.; ил.
- [3] Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Санитарные правила и нормы: Сан-Пин 2.5.2-703-98. – М.: Минздрав России, 1998. – 144 с.
- [4] Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для ВУЗов. – М: Высшая школа, 1981. – 232 с., ил.

- [5] Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляин С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. – М: Теплотехник, 2005. – 640 с.; ил.
- [6] В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер Биогаз, теория и практика. (Пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного). М: Колос, 1982 – 148 с.: ил.
- [7] Биомасса как источник энергии: Пер. с англ. / Под ред. С. Соуфера, О. Заборски. – М: Мир, 1985. – 368 с.; ил.
- [8] Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки. / Пер. с англ. М.Ф. Пушкарева; под ред. Е.А. Бирюковой. – М: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
- [9] Яковлев С.В., Волков Л.С., Воронов Ю.В., Волков В.Л. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод. – М.: Химия, 1999. – 448 с.
- [10] Катраева И.В. Современные анаэробные аппараты для очистки концентрированных сточных вод // Известия КазГАСУ. – Казань, 2011. - № 2 (16). – С. 179–184.
- [11] Курников А.С., Мизгирев Д.С., Молочная Т.В. Метантенк. Патент на полезную модель РФ № 136282 U1, МПК A01C3/00, C02F11/04. Заявитель и патентообладатель ООО “МИП “Энергосберегающие технологии” - заявл. 07.02.2013; опублик. 10.01.2014 – 11 с.; ил.
- [12] Мизгирев Д.С. Проектирование специальных систем судов комплексной переработки отходов: автореф. дисс. канд. техн. наук / Д.С. Мизгирев; науч. рук. А.С. Курников; ФГОУ ВПО «ВГАВТ». – Н. Новгород, 2009. – 24 с.
- [13] Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы и правила: СНиП 2.04.03-85. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 72 с.
- [14] Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.; ил.
- [15] Очистка производственных сточных вод: Учеб. Пособие для ВУЗов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин и др.; под ред. С.В. Яковлева, 2-е изд., перераб. и доп. – М: Стройиздат, 1985. – 335 с.

THE DESIGN OF THE DIGESTER AS PART OF THE MARINE SYSTEMS IWMS

D.S. Mizgirev, A.S. Kurnikov

Keywords: the digester, biogas, biogas plant, renewable energy, marine structures, methods of calculation.

The article discusses the existing designs of digesters of biogas plants for anaerobic digestion of sewage sludge and food waste, the possibility of their use, test results, design features and use on vessels of complex processing of waste (IWMS).

Статья поступила в редакцию 13.04.2017 г.

УДК 629.5.012

Е.П. Роннов, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Ю.А. Кочнев, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАНКЕРА СМЕШАННОГО (РЕКА-МОРЕ) ПЛАВАНИЯ

Ключевые слова: танкер, математическая модель, оптимизация.

Приведена математическая модель оптимизации главных размерений танкера смешанного (река-море) плавания. Особенностью модели является непосредственный

расчёт массы металлического корпуса, подробный расчёт ходкости судна. Приведён упрощённый графический метод определения главных размерений на условной линии эксплуатации.

На этапе исследовательского проектирования судна стоит важная задача – определить главные размерения (ГР), которые бы наилучшим образом удовлетворяли всем требованиям, предъявляемым к судну. ГР должны быть оптимальными с точки зрения поставленного заказчиком показателя (критерия сравнения), а также должны удовлетворять минимальным навигационным и эксплуатационным критериям.

Математическая формулировка задачи оптимизации судна в общем виде может быть представлена следующим образом

$$\begin{cases} k_{opt} = f_1(X, X_1, X_2, X_3) \rightarrow \min(\max) \\ q_s(X, X_1, X_2, X_3) = 0 \quad s \in S_1 \\ q_s(X, X_1, X_2, X_3) > 0 \quad s \in S_2 \\ X_1 \in X_4 \\ X_2 \in X_4 \end{cases}, \quad (1)$$

где k_{opt} – некий критерий оптимальности;

X – вектор известных величин;

X_1 – вектор неизвестных величин;

X_2 – вектор параметров;

X_3 – вектор нормативов;

X_4 – вектор ограничений;

S_1 – множество ограничений в виде равенств;

S_2 – множество ограничений в виде неравенств.

Решение задачи (1) требует достаточно корректной математической модели судна. Применительно к танкеру смешанного (река-море) плавания, разработанная модель имеет вид

$$\begin{aligned} D &= \sum_{m=9} P_m, \\ \rho g V &= D, \\ P_{1,1} &= \sum P_k, \\ P_k &= f(p_k, n_k, Q_k, S, U), \\ \sigma(S, U) &= [\sigma(S, U)], \\ P_e(n, v, t, U) &= R(v, S, U), \\ N &= f(v, P_e, t, \eta_e, \eta_n, U), \\ D_e &= D_{opt}(v, \lambda_p, N, n, \psi, \rho, K'_n, K_2), \\ h_0 &\geq h_0^{\min}, \\ W(\rho_{ep}, P_{ep}) &\leq W_T(X_1). \end{aligned} \quad (2)$$

Первое уравнение баланса масс определяет водоизмещение судна порожнем в виде суммы масс разделов P_m . Масса разделов, кроме массы раздела корпус P_1 , опреде-

ляется по зависимостям, полученным на основе статистического анализа нагрузки масс современных нефтеналивных танкеров [1].

Масса металлического корпуса $P_{1,1}$, составляющего основную долю в собственной массе судна, определялась прямым расчётом массы P_k его металлических конструкций. Это реализовывалось путём разработки мат. модели формы корпуса, конструктивного мидель-шпангоута и схемы набора корпуса [3]. Определяемые размеры балок набора и листов обшивки соответствуют требованиям Морского и Речного регистров (в зависимости от заданного класса судна) для средней части и оконечностей. При проверке общей прочности по допускаемым напряжениям σ при необходимости связи эквивалентного бруса корректируются.

Особенность модели ходкости [2] состоит в том, что она включает в себя разработанную методику расчёта остаточного сопротивления, учитывающую специфику обводов нефтеналивных танкеров. Геометрические характеристики движителя D_δ , λ_p , развиваемый упор P_e , мощность энергетической установки N рассчитывается с использованием диаграммы безразмерных гидродинамических характеристик K'_n , K_2 , η_e .

Такие качества как остойчивость, вместимость и непотопляемость рассчитываются по принятым методикам с использованием виртуальной модели формы корпуса.

В качестве критерия оптимальности в задаче 1 рассматривается величина прибыли как разность между получаемыми доходами и эксплуатационными расходами, рассчитываемым по общепринятым методикам. Дополнительно предусмотрена возможность в качестве критерия использовать показатель удельных приведённых затрат.

Ограничения в виде строгих равенств задачи (1) использовались при решении уравнения масс и плавучести, уравнения ходкости. Ограничения второго вида в виде неравенств использовались при оценке общей прочности, вместимости, остойчивости, непотопляемости, минимальной высоты надводного борта.

Разработанная математическая модель и сформулированная задача оптимизации главных элементов танкера реализованы на базе соответствующего алгоритма в виде программного комплекса. В таблице 1 приведены возможные варианты решаемых задач в зависимости от перечня исходных данных и различных сочетаний варьируемых величин.

Таблица 1

Варианты решаемых задач

№ задачи	Заданные величины	Варьируемые параметры	Искомые величины
1	$v, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	δ, L, B	D, L, B, T, δ, H, N
2	$v, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	$\delta, l=L/B, t=T/B$	D, L, B, T, δ, H, N
3	$v, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	$\delta, L, t=T/B$	D, L, B, T, δ, H, N
4	$v, \rho, l_{\text{эксп}}$	δ, L, B, T	$D, P_{\text{max}}, L, B, T, \delta, H, N$
5	$N, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	δ, L, B	D, L, B, T, δ, H, v
6	$N, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	$\delta, l=L/B, t=T/B$	D, L, B, T, δ, H, v
7	$N, P, \rho, l_{\text{эксп}}$	$\delta, L, t=T/B$	D, L, B, T, δ, H, v
8	$N, \rho, l_{\text{эксп}}$	δ, L, B, T	$D, P_{\text{max}}, L, B, T, \delta, H, v$
где D – масса судна; L, B, T, H – главные размерения; δ – коэффициент общей полноты; N – мощность; P_{max} – максимальная грузоподъёмность; P – грузоподъёмность; ρ – плотность груза; v – скорость хода; $l_{\text{эксп}}$ – длина линии эксплуатации.			

Систематические расчёты с использованием изложенного программного комплекса позволили решить ряд исследовательских задач, а именно: установить влияние из-

менения длины, ширины и коэффициента полноты на оптимальность рассматриваемого типа танкеров, обосновать рациональные области проектирования судна на две осадки, носовое расположение надстройки, вальность энергетической установки.

Прикладное значение данной задачи, прежде всего, в том, что разработанный программный комплекс позволяет для заданных условий эксплуатации (характеристик линии, грузопотока, скорости или мощности энергетической установки, грузоподъемности и т.д.) находить оптимальные элементы танкера. Однако доступность к программе всегда имеет те или иные ограничения, особенно в условиях решения оперативных задач. В связи с этим предлагается универсальный график (рис. 1), построенный на основе систематических расчётов, выполненных по названной программе. На рисунке приведены связанные между собой оптимальные главные размерения танкера заданной грузоподъемности и скорости хода при его работе на некоторой осреднённой линии.

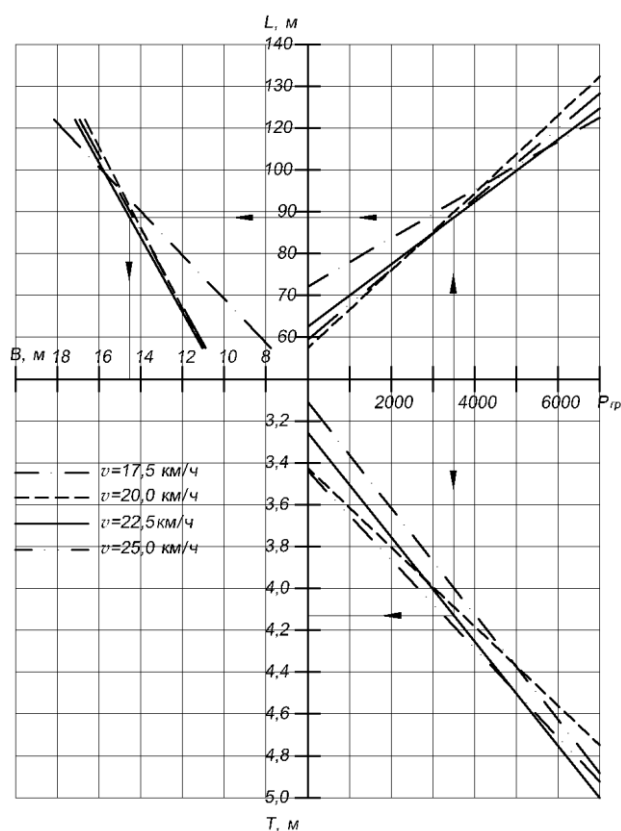


Рис. 1. Зависимость главных размерений от грузоподъемности и скорости хода на условной линии эксплуатации

Стрелками на рисунке показана методика определения оптимальных искомых величин.

Значение коэффициента полноты во всех случаях необходимо принимать максимально близким к 0,9, для обеспечения наибольшего водоизмещения при меньших главных размерах.

По приведённому рисунку можно решать не только задачу определения размеров судна по заданной грузоподъемности, но и обратную, когда необходимо спроектировать так называемое судно класса «макс».

Из анализа график видно, что уже при грузоподъёмности танкера больше 1000 т, его осадка превышает 3,5 м. Для судна смешанного (река-море) плавания, при наличии существенных ограничений по глубине судового хода, такая осадка недопустима и требуется её снижение, что, в свою очередь, повлечёт изменение длины, ширины и коэффициента полноты для удовлетворения ограничений.

Зависимость главных размерений от ограниченной осадки для ряда грузоподъёмностей, наиболее вероятных у малых танкеров смешанного (река-море) плавания, приведена в таблице 2.

Таблица 2

**Оптимальные главные размерения танкеров
при наличии ограничений по осадке**

<i>P</i>	3000					4000					5000			
<i>Tmax</i>	2,5	3	3,5	4	4,5	3	3,5	4	4,5	5	3,5	4	4,5	5
<i>v=18,6 км/ч</i>														
<i>L</i>	–	110	110	95	95	–	120	115	110	110	–	135	125	125
<i>B</i>	–	16	15	15,4	15,4	–	15,4	16	16	16	–	15,6	16,4	16,4
<i>T</i>	–	2,993	3,46	3,8	3,8	–	3,49	3,87	4,03	4,03	–	3,96	4,17	4,17
<i>d</i>	–	0,91	0,83	0,83	0,83	–	0,87	0,84	0,83	0,83	–	0,86	0,83	0,83
<i>N</i>	–	1124	1148	1124	1124	–	1148	1124	1236	1236	–	1124	1236	1236
<i>D</i>	–	4913	4857	4730	4730	–	5751	6131	6034	6034	–	7351	7273	7273

Осадка судна при увеличении габаритов судового хода увеличивается до некоторой величины, равной осадке танкера на «условной» линии эксплуатации, которая определяется по рисунку 1. Длина, ширина и коэффициент общей полноты танкера постепенно уменьшаются до оптимальных значений.

Приведённый алгоритм позволяет оценить главные размерения, к которым необходимо стремиться при проектировании танкера смешанного (река-море) плавания. Наиболее близкое приближение к графическим данным позволит повысить транспортную эффективность судна, снизив издержки при его эксплуатации.

Список литературы:

- [1] Кочнев Ю.А. Анализ элементов и характеристик «малых» танкеров / Ю.А. Кочнев // 11-й международный научно-промышленный форум «Великие реки '2009». Труды конгресса. Том 2. – Н.Новгород: ННГАСУ 2010. – с. 300–302.
- [2] Кочнев Ю.А. Обоснование модели расчёта ходкости судна / Ю.А. Кочнев // 12-й международный научно-промышленный форум «Великие реки '2010». Труды конгресса. Том 2. – Н.Новгород: ННГАСУ 2011. – с. 300–302.
- [3] Кочнев Ю.А. Методика расчёта массы металлического корпуса танкера смешанного (река-море) плавания / Ю.А. Кочнев, Е.П. Роннов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, Новосибирск. –2010. № 1.– с. 114–118.

GRAPHIC METHOD OF REPRESENTATION OF THE OPTIMAL ELEMENTS OF THE TANKER OF MIXED (RIVER-SEA) NAVIGATION

E.P. Ronnov, Yu.A. Kochnev

Key words: *tanker, mathematical model, optimization.*

The mathematical model of optimization of the main dimensions of the tanker of mixed (river-sea) navigation. A feature of the model is the direct calculation of the mass of the metal case, a detailed calculation of the propulsion of the vessel. Simplified graphic method of determining the main dimensions for conventional line operation.

Статья поступила в редакцию 19.06.2017 г.

УДК 502.3; 656.6

В.Л. Этин, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
С.В. Васькин, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
М.С. Дмитриева, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТА ВНЕСУДОВОЙ ПРИРОДООХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Ключевые слова: внесудовая очистка, предотвращение загрязнения водоемов, судовые отходы, проектирование судов экологического назначения

Одним из аспектов загрязнения водных объектов является эксплуатация судов. Для предотвращения загрязнения водоемов используют разные способы обработки судовых отходов. Одним из них является применение внесудовых природоохранных средств, включающих суда-сборщики и суда комплексной переработки отходов (СКПО). В настоящее время отсутствует методика проектирования таких судов, учитывающая особенности используемой техники и технологии, а также интенсивность судоходства в районе плавания.

Основным источником загрязнения водных объектов при эксплуатации судов являются сточные (СВ), нефтесодержащие (НВ) воды и мусор.

Предотвращение загрязнения водной среды указанными видами отходов предусматривается различными нормативно-правовыми и нормативно-техническими документами, такими как Водный кодекс РФ, Кодекс внутреннего водного транспорта РФ, Санитарные правила и нормы, Правила Российского Речного Регистра, Правила Морского Регистра Судоходства и др.

Существует два основных способа избавления от образующихся на судне загрязнений: обработка непосредственно на борту судна и передача на внесудовые природоохранные средства.

Первый способ предполагает применение специальных судовых систем для очистки сточной и нефтесодержащей воды, а также устройств для обработки мусора (инсинераторов, установок для прессования и измельчения). Достоинствами этого способа являются большая автономность плавания судна по условиям экологической безопасности, сокращение простоев, минимальные объемы накопительных емкостей, что увеличивает экономическую эффективность судов, имеющих на борту природоохранное оборудование. К недостаткам относятся сложность и высокая стоимость подобных систем, необходимость дополнительных затрат энергии и расходных материалов. Данный способ получил распространение преимущественно на морских судах и судах смешанного («река-море») плавания [1].

Выбор оптимальных технологических схем очистки загрязнений с судов – достаточно сложная задача, обусловленная широким интервалом варьирования начальных

концентраций загрязняющих веществ в судовых НВ и СВ, а также высокими требованиями, предъявляемыми к качеству очищенной воды, сбрасываемой в водоем.

В судовых установках для очистки и обеззараживания сточных вод (ООСВ) нашли применение механические, химические, физико-химические, физические, биохимические и комбинированные методы очистки. При очистке СВ наиболее часто используются:

- отстаивание (седиментация);
- фильтрация;
- коагуляция;
- обеззараживание;
- флотация.

По методу механической очистки работают установки типа «HL-CONT» (Германия). Биохимический метод очистки сточных вод применяется в установках «Био-Компакт» (Германия), «СТП» (Финляндия). Физико-химический метод очистки СВ на судах используется чаще – например, установки типа «СТОК» и «ЭОС» (Россия).

Наиболее распространенными методами очистки судовых НВ являются:

- флотация;
- фильтрование;
- коагуляция;
- адсорбция;
- отстаивание.

Кроме того, разработаны и рекомендованы к применению такие методы, как окисление остаточных нефтепродуктов озоном, очистка в поле центробежных сил, кавитационная очистка [1] и др.

На судне для очистки нефтесодержащих вод используются сепараторы «Фрамарин» (Германия), «Аквамарин» (Швеция), «RWO» (Германия), «СТОК» (Россия).

Выбор судового водоочистного оборудования осуществляется по результатам анализа возможности и целесообразности его использования с учетом конкретных обстоятельств, зависящих от типа и проекта судна, района плавания, требований законодательства и некоторых других [2]. Для судов, предназначенных для переработки (очистки) СВ, НВ необходимо учитывать условия сброса этих вод в водоем, которые могут отличаться от регламентированных норм (Санитарные правила и нормы, Правила Российского Речного Регистра и др.). СКПО, а также станции для очистки СВ или НВ могут эксплуатироваться в районах водных путей, где требования к степени очистки вод значительно жестче, чем для обычных (неспециализированных) судов. В частности, на р. Волга отсутствуют участки водного пути, на которых допускается сбрасывать даже очищенные сточные воды [3, 4]. Поэтому требования к водоочистному оборудованию судов экологического назначения также повышаются [5], что требует применения усовершенствованных технологий очистки СВ и НВ.

Внесудовая очистка сточных и нефтесодержащих вод от загрязнений осуществляется с помощью комплекса технических средств на отдельных очистных сооружениях – плавучих или береговых. К внесудовым природоохранным техническим средствам относят целый комплекс средств, которые обеспечивают сбор, транспортировку, временное хранение и очистку воды от загрязнений [2, 6, 7].

Анализ опыта обращения с судовыми отходами иностранных государств показывает, что за рубежом отдается предпочтение использованию судов-сборщиков загрязнений. Сбор судовых отходов в большинстве иностранных портов выполняют несколько компаний-операторов. Это позволяет оптимизировать процесс сбора и утилизации судовых отходов. Следует отметить, что руководство порта заключает договоры на утилизацию отходов с компаниями-операторами, предварительно согласовав количество передаваемых судовых отходов. Таким образом, все судовые отходы, поступающие в порт, делятся между компаниями-операторами, отвечающими за свой

«участок». Ярким примером эффективной утилизации отходов, в том числе и судовых, является Швеция. Сегодня Швеция перерабатывает около 99% всех отходов. Эта страна стала настолько хорошо обращаться с отходами, что вынуждена импортировать 700 тыс. тонн мусора из соседних стран, чтобы получать из нее энергию для своих нужд [8].

Передача загрязнений с судов на внесудовые очистные сооружения может осуществляться по двум основным вариантам: непосредственно на очистное сооружение и с использованием промежуточного звена – судна-сборщика или судна-накопителя [7].

На внутренних водных путях РФ наиболее распространенным вариантом предотвращения загрязнения гидросферы является применение судов-сборщиков для сбора судовых СВ, НВ и мусора и их транспортировки на береговые очистные сооружения или суда комплексной переработки отходов (СКПО) для последующей очистки [2].

Передачу загрязнений с судов на береговые очистные сооружения осуществляют следующим образом: скапливающиеся в сборных цистернах СВ, НВ и мусор передают на судно-сборщик, который оборудован специальными емкостями и системами вакуумного приема, позволяющими принимать загрязнения с обслуживаемых судов. После заполнения накопительных емкостей судно-сборщик направляется к ближайшему специализированному причалу или СКПО, где осуществляется передача загрязнений на береговые очистные сооружения или СКПО соответственно. При этом эффективность передачи загрязнений на береговые очистные сооружения зависит от пропускной способности системы «судно-сборщик – специализированный причал», удаленности специализированных причалов от места дислокации судна. Объемы перевозимых судами-сборщиками НВ, СВ и мусора зависят от количества обслуживаемых судов. Таким образом, основными характеристиками судов-сборщиков будут являться:

- вместимость емкостей по разным видам отходов;
- скорость хода;
- автономность плавания;
- класс судна;
- производительность систем перекачки отходов на берег.

Преимущество использования судов-сборщиков заключается в возможности обслуживать суда, стоящие на рейде; обеспечивать подход к судам, для которых подход к берегу недоступен; одновременного проведения приема отходов и грузовых операций [9].

В период интенсивной навигации, когда в портах находится большое количество пассажирских судов, собрать весь объем скапливающихся на них загрязнений с помощью судов-сборщиков проблематично. К тому же объемы сборных цистерн современных пассажирских судов часто в несколько раз превышают аналогичные объемы, имеющиеся на судах-сборщиках. Необходимо отметить тот факт, что бассейны внутренних водных путей нашей страны имеют недостаточно развитую инфраструктуру по организации приема, сдачи и последующей переработке судовых отходов. Причем, в настоящее время наблюдается тенденция к сокращению количества устройств для приема отходов с судов. Решением данных проблем может стать применение СКПО. При этом часть судов будут сдавать отходы непосредственно на СКПО, другие – на суда-сборщики [6]. Кроме того, применение СКПО целесообразно на реках Сибири и Дальнего Востока, где расстояние между внесудовыми пунктами для приема СВ, НВ и мусора достаточно велико [10].

Основными характеристиками СКПО будут являться:

- производительность по НВ, СВ и мусору;
- технология обработки загрязнений;
- класс судна;
- автономность плавания;

– скорость хода.

Для оптимизации внесудовой переработки отходов необходимо выбрать и правильно спроектировать судно экологического назначения (судно-сборщик или СКПО) с учетом района его эксплуатации, определяющего такие характеристики судна, как вместимость по различным видам отходов или производительность их переработки, требуемая степень очистки, класс судна, скорость хода, автономность плавания. При этом необходимо учитывать информацию о наличии и производительности береговых очистных сооружений, которые также являются важным элементом технологии внесудовой переработки отходов.

Размеры судна можно определить по известной массе его D . Массовое водоизмещение судна вычисляется по известному уравнению масс [11]:

$$D = \sum P_i + \sum P_j, \quad (1)$$

где D – масса судна, т;

$\sum P_i$ – массы, зависящие от элементов и характеристик проектируемого судна (масса корпуса, энергетической установки, топлива и смазок и др.);

$\sum P_j$ – массы, не зависящие от элементов и характеристик проектируемого судна.

Составляющие P_j представляют собой массу перевозимого груза, различных запасов, экипажа – то есть всего того, что может быть снято с судна либо принято на него без нарушения его конструктивной целостности. Сумму этих масс называют чистым дедвейтом DW^0 [11].

При проектировании судна компоненты P_i определяются различными методами: как функции водоизмещения или главных размерений, в форме коэффициентов утилизации водоизмещения, с помощью коэффициентов Нормана, а также дифференциальным способом. Величины P_j не зависят от характеристик проектируемого судна и считаются постоянными для любого варианта проектируемого судна, соответствующего одним и тем же исходным данным, т.е. заданию на проектирование.

Для судов экологического назначения, таких как СКПО, суда для сбора и переработки сточных и нефтесодержащих вод, значительную долю в нагрузке масс будет иметь специализированное водоочистное оборудование как один из элементов P_i , величина которого будет зависеть от производительности систем очистки используемой в них технологии. Производительность, в свою очередь, зависит от интенсивности судоходства в районе эксплуатации судна.

Для судов-сборщиков отходов при разработке проекта необходимо правильно задать такую их характеристику, как грузоподъемность, входящую в дедвейт судна [9] и зависящую от типа и количества обслуживаемых сборщиком судов.

Таким образом, основной задачей исследований будет являться установление связи основных характеристик судна экологического назначения с видом и количеством подлежащих обработке судовых отходов, зависящих в свою очередь от интенсивности судоходства в районе эксплуатации.

Список литературы:

- [1] Мизгирев Д.С. Научное обоснование технических решений и разработка на их основе систем для судов комплексной переработки отходов: дис. ... д-ра техн. наук:05.08.03:защищена 12.10.2016 / Мизгирев Дмитрий Сергеевич. – Н.Новгород., 2016. – 571 с.
- [2] Решняк В.И. Исследование процесса образования сточной воды на судах / Решняк В.И., Посашкова С.Е., Решняк К.В.; Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2010. – №. 4 (8).
- [3] СанПиН 2.1.5.980-00. «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Введ. 01.01.2001 г.
- [4] СанПиН 2.5.2-703-98. Водный транспорт. Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Введ. с 01.06.1998 г.

- [5] Водный кодекс Российской Федерации от 03.06. 2006 N 74-ФЗ (ред. от 31.10. 2016)// Российская газета, N 121, 08.06. 2006.
- [6] Решняк К.В. Технология внесудовой переработки судовых загрязнений/ Решняк К.В., Посашкова С.Е.; Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала СО Макарова. – 2011. – №. 1 (9)
- [7] Решняк В. И. Организация очистки нефтесодержащей подсланевой воды при эксплуатации судов //Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала СО Макарова. – 2012. – №. 1 (13).
- [8] Раздельный сбор мусора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rodovid.me/razdelnyi_sbor_musora/kak-shveciya-sdelala-revoluciyu-v-pererabotke.html
- [9] Давыдова С.В. Проектирование судов экологического назначения. Ч.2. Общее устройство и специализированное оборудование судов экологического назначения : учеб. пособие для студ. оч. изаоч. обуч./ С.В. Давыдова, Е.П. Роннов. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ». – 2012. – 76 с.
- [10] Горин Н.Л. Повышение автономности плавания судов речного флота по условиям экологической безопасности / Горин Н.Л., Васькин С.В., Этин В.Л.; Речной транспорт (XXI век). 2011. – № 6(54). – С. 62–63
- [11] Роннов Е.П. Проектирование судов экологического назначения. Ч1. Введение в теорию проектирования судов: учеб. пособие / Е.П. Роннов. – Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ». – 2010. – 136 с.

THE CHOICE OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE SHIP ECOLOGICAL PURPOSE AS PART OF OUT-OF-SHIP ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

V.L. Etin, S.V. Vas'kin, M.S. Dmitrieva

Keywords: out-of-ship treatment, prevention of water pollution, ship wastes, ship design for ecological purpose

One aspect of water pollution is the operation of ships. To prevent contamination of water bodies use different ways of treating ship generated waste. One of them is the use of out-of-ship environmental assets, including ships-collectors and the ships integrated waste. Currently there is no methods of designing such vessels, taking into account the features used in environmental equipment and technology, as well as the intensity of traffic in the area of operation.

Статья поступила в редакцию 31.05.2017 г.

Раздел V

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



Section V

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

УДК 662.76:629.122

*Г.В. Веселов, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**В.М. Иванов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**В.И. Минеев, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»**603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

ПРОБЛЕМЫ И МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ ВНЕДРЕНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: природный газ, газомоторное топливо, водный транспорт, конкурентоспособность, эффективность

В статье рассматриваются: мировой опыт использования природного газа на транспорте, меры государственной поддержки и стимулирования рынка газомоторного топлива в мире, проблемы и перспективы его использования на речном транспорте

В современных условиях глобализации экономик мира борьба не только за природные ресурсы, за рынки сбыта продукции, но и за рынок транспортных услуг происходит в острой конкурентной борьбе между ведущими транснациональными компаниями с активным участием крупнейших высокоразвитых государств мира [1, 2].

Определяющая роль в продвижении продукции на мировые рынки играет транспорт; от его экономичности зависит, в конечном итоге, цена продукции на мировых рынках, особенно от работы морского транспорта, который выполняет основной объем межконтинентальных международных грузовых перевозок [3, 4, 5].

По такому показателю, как себестоимость перевозок, Россия значительно уступает наиболее развитым странам мира. Доля транспортных издержек в валовом внутреннем продукте России составляет порядка 20%, тогда как в Бразилии и Индии – 14%, США – 9%, Японии и Германии – 8% [6].

Транспортной стратегией РФ на период до 2030 года в качестве одного из основных направлений совершенствования транспортной системы России предусмотрено снижение транспортных издержек и экологическая направленность развития транспортной отрасли.

Настоятельная необходимость использования газомоторного топлива на морских судах обусловлена ужесточением требований к содержанию выбросов оксидов серы и азота в районах Балтийского и Северного морей, прибрежных вод США и Канады, Карибского и Средиземного морей, а также побережья Японии и др.

В настоящее время грузовых судов речного флота, работающих на газомоторном топливе, в России нет. Однако «Зеленодольский завод им. Горького» приступил к постройке пассажирского судна, на котором планируется изначально установить двигатели, работающие на СПГ.

По нашим расчетам, использование газообразного топлива на грузовых судах типа «Волго-Дон» грузоподъемностью 5000–5500 т. позволит снизить себестоимость перевозок на 20–22%.

Использование газомоторного топлива в мире активно развивается более чем в 80 странах, в том числе, таких как Иран, Пакистан, Бразилия, США, Италия, Германия и т.д. Парк автомобилей, работающих на сжатом природном газе, в мире насчитывает более 22 млн. автомобилей (рис. 1) и ежегодно увеличивается на 25–39%. За последние годы суммарный мировой спрос на сжиженный природный газ в среднем увеличивался на 7,6% в год и к 2030 году прогнозируется рост более чем в 2 раза [7].

Использование природного газа в качестве судового топлива позволяет полно-

стью исключить выбросы серы, уменьшить выбросы окиси азота в два раза, диоксида углерода в 2–3 раза, монооксида углерода в 10 раз и др., то есть экологическая проблема решается кардинально [8].

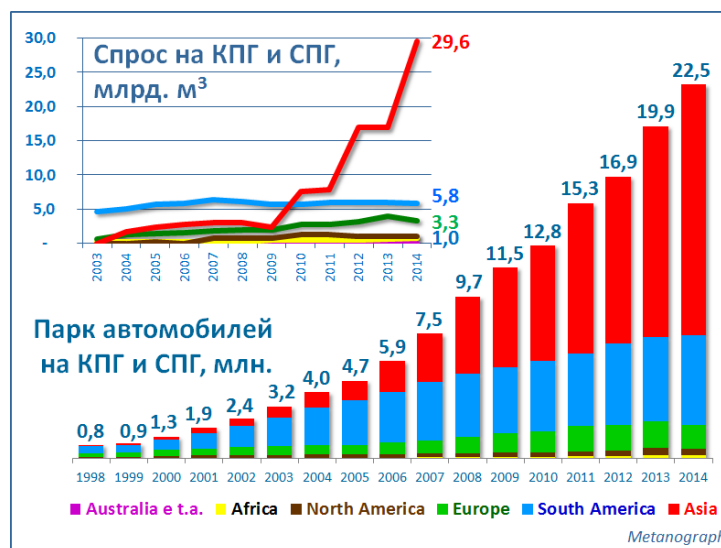


Рис. 1. Спрос на КПГ и СПГ и парк автомобилей на газовом топливе в мире¹

Перевод транспорта на газомоторное топливо, как свидетельствует мировой опыт, является приоритетным направлением устойчивого развития и экологической безопасности страны. Вместе с тем, без мер государственной поддержки и стимулирования решение данной проблемы не представляется возможным. Некоторые мероприятия, проводимые в странах мира, приведены в табл. 1 [9].

Таблица 1

Меры государственной поддержки и стимулирования при использовании газомоторного топлива в некоторых странах

Государство	Меры государственной поддержки и стимулирования
Пакистан	Запрет на эксплуатацию дизельных транспортных средств в населенных пунктах и природоохранных зонах; Льготные кредиты на переоборудование транспортных средств на природный газ
Иран	Предоставление транспортным предприятиям, использующих природный газ в качестве топлива преимущественного права на получение муниципального заказа; Освобождение импортного газозаправочного оборудования от таможенных пошлин
Италия	Запрет на строительство заправочных станций без блока заправки газом; Предоставление транспортным предприятиям, использующим газовое топливо, преимущественного права на получение муниципального заказа; Выплата субсидий на переоборудование транспортных средств на газ
Китай	Запрет на эксплуатацию дизельных транспортных средств в природоохранных зонах;
США	Разрешение на въезд в природоохранные зоны для транспорта на газе

¹ <http://www.gazpronin.ru/GlobalNGVMarkt20150108.html>

На сегодняшний день актуальность вопроса о переходе на газовые виды топлива определена в указах Президента РФ, посланиях Президента РФ Федеральному собранию РФ, Прогнозе долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года, Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года, Стратегии развития внутреннего водного транспорта на период до 2030 года, Энергетической стратегии России на период до 2030 года, Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 года и др.

Несмотря на это, на пути использования газомоторного топлива в России имеется еще множество преград и нерешенных вопросов. В частности, для перехода речного транспорта на газомоторное топливо, на наш взгляд, необходимо:

1. Разработать механизмы стимулирования для судостроительных предприятий и судоходных компаний, строящих и использующих суда на газомоторном топливе;
2. Создать условия для развития заправочной инфраструктуры газомоторным топливом на внутренних водных путях;
3. Совершенствование нормативно-правовой базы в сфере использования газового топлива на речном транспорте;
4. Предусмотреть в учебных заведениях Росморречфлота программы подготовки и переподготовки специалистов в этой области.

Наиболее перспективным направлением использования газового топлива является перевод на газомоторное топливо судов речного флота. С одной стороны, для заправки этих судов топливом может быть использована городская газовая инфраструктура. С другой стороны, речные порты в Волжско-Камском бассейне расположены на расстоянии порядка 300–400 км, а это значит, что больших емкостей для газового топлива на судне не потребуется, особенно при работе на сжиженном газе, поскольку он занимает в 2,5–3 раза меньше места.

Проблему использования газообразного топлива на речном транспорте, на наш взгляд, следует начинать с создания инфраструктуры в Волжско-Камском бассейне: баз снабжения судов газообразным топливом, обучения берегового и плавающего персонала технике безопасности, борьбы с огнем, разработки правил пропуска судов и особенностей шлюзования и т.д.

Для реализации организации снабжения судов в бассейне газообразным топливом нужна новая структура – «Газречфлотснаб» с государственным финансированием для разработки программы обеспечения транспортного флота топливом, разработки правил безопасности снабжения судов, обучения персонала с привлечением специалистов Газпрома, учебных заведений транспорта и надзорных органов. Необходимость создания новой структуры связана с тем, что сегодня в Волжско-Камском бассейне вместо 4 крупных интегрированных судоходных компаний возникло свыше 200 предприятий; из них значительная часть имеет от 1 до 2 судов различных видов.

Кроме того, согласно статистике [10], более 36% предприятий речного транспорта убыточны. Фактически количество убыточных предприятий значительно больше. Поэтому только государственное финансирование позволит реализовать переход речного транспорта на альтернативное топливо. Переход на газомоторное топливо позволит избежать убыточности судоходных компаний, повысить конкурентоспособность предприятий речного транспорта в транспортной системе России и в мире.

Список литературы:

- [1] Корнилов Д.А. Зависимость между ценами на нефть и курсом валют (доллар/рубль) // Иннов: электронный научный журнал, 2015. №4 (25). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/kornilov-d-a-zavisimost-mezhdu-tsenami-na-neft-i-kursom-valyut/>
- [2] Зайцев Д.А. Вопреки всему: Россия продолжает наращивать добычу нефти // Иннов: электронный научный журнал, 2015. №3 (24). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/vopreki-vsemu-rossiya-prodolzhaet-narashchivat-dobychu-nefti/>

- [3] Алексеев А., Кузнецова Н. Инновационный потенциал реального сектора: неутраченные иллюзии? /А. Алексеев, Н. Кузнецова//Экономист. – 2013. – №12. – С. 12–26.
- [4] Андреев И.П. Потери и хищения госэнергоресурсов. /И.П. Андреев// ЭКО. – 2002. – №10. С. 60–70.
- [5] Ильин В. Эффективность государственного управления и состояние региональных бюджетов. /В. Ильин//Экономист. – 2013. – №12. – С. 3–11.
- [6] Фалина В.Н. Проблемы конкурентоспособности национальной транспортной системы. /В.Н. Фалина//Проблемы и прогнозирования. – 2008. – №3. С47-65
- [7] Национальная газомоторная ассоциация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngvrus.ru>
- [8] Альков И. Различия в стимулах и целях активного внедрения газомоторного топлива в разных странах мира./И. Альков// Oil & Gas Journal. – 2014. – №3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gasprominfo.ru
- [9] Колчина И.Н. Анализ зарубежного опыта использования природного газа в качестве моторного топлива /И.Н. Колчина// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/37413>
- [10] Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России» за январь-декабрь 2016 г.
- [11] Пронин Е. Развитие газомоторного рынка России./Е. Пронин// Транспорт РФ. – 2006. – №4. С. 31–34.

PROBLEMS AND MECHANISM FOR REALIZING THE INTRODUCTION OF GAS ENGINE FUEL ON AN AQUEOUS TRANS-PORT

G.V. Veselov, V.M. Ivanov, V.I. Mineev

Keywords: natural gas, gas engine fuel, water transport, competitiveness, efficiency.

The article examines: the world experience in the use of natural gas on the trans-port, measures of state support and stimulation of the market of gas-powered fuel in the world, problems and prospects for its use in river transport.

Статья поступила в редакцию 06.03.2017 г.

УДК 336.1

А.В. Воробьев, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Е.В. Упадышева, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

АНАЛИЗ СУЩНОСТИ И ЗНАЧИМОСТИ БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: план, прогноз, планирование, прогнозирование, бюджет, бюджетное планирование, бюджетное прогнозирование, социально-экономическое развитие.

В статье рассмотрены определения понятий «план» и «прогноз», приведенные в отечественной и зарубежной экономической литературе, исследованы нюансы и различия приведенных определений, выведены новые определения бюджетного планирования и бюджетного прогнозирования, адаптированные к современным экономическим усло-

виям, обоснована значимость точности бюджетных планов и прогнозов для проведения эффективной бюджетной и социально-экономической политики территорий.

Роль и место бюджетного прогнозирования и бюджетного планирования в системе экономического регулирования определяются их тесным взаимодействием и тем фактом, что прогнозирование является концептуальной базой для проработки, подготовки, анализа и утверждения плановых решений. Прогнозирование определяет направления развития планирования и выработки конкретных планов, учитывающих специфические особенности ситуаций, в которых они разрабатываются, и в тех, в которых они будут действовать: ближайшая перспектива, среднесрочная перспектива и отдаленное будущее.

Бюджетное прогнозирование строится на основе структурного анализа доходов и расходов бюджета и возможных вариантов их развития в будущем, вписывающихся в рамки текущей и стратегической экономической и социальной политики государства, территории, муниципального образования. Прогнозы выступают своеобразной подложкой для процесса планирования и планов, прокладывающих перспективный маршрут движения национальной экономики в быстро меняющейся экономической внешней среде.

Существует несколько определений планирования и планов.

Так, И.В. Бестужев-Лада считает, что «план – решение относительно системы мероприятий, предусматривающий порядок, последовательность, сроки и средства выполнения», а планирование, согласно его определения, – это «проекция в будущее человеческой деятельности для достижения предустановленной цели при определенных средствах, преобразование информации о будущем в директивы для целенаправленной деятельности» [1–13,14].

Другая группа советских экономистов, определяя сущность планирования и прогнозирования, придерживается той точки зрения, что «следует различать прогноз, формулирование цели и планирование». В соответствии с данной логикой, процесс можно представить следующим образом: вначале осуществляется прогнозирование как определение альтернатив развития в широком смысле; затем на его основе и в связи с другими сведениями, требованиями и взаимосвязями в системе всего общества проводится формулирование цели с помощью стратегических ориентировочных значений, которые должны быть достигнуты в результате научно обоснованного развития экономики, науки и техники. И на основе всего этого осуществляется разработка и окончательный выбор путей и средств достижения цели, т. е. планирование» [2–10].

Еще одна группа советских экономистов определяет прогноз как «высказывание, фиксирующее в терминах какой-либо языковой системы ненаблюдаемое событие и удовлетворяющее следующим условиям:

- в момент высказывания нельзя однозначно определить его истинность или ложность;
- это высказывание содержит указание на пространственный или временной интервал (конечный), внутри которого произойдет прогнозируемое событие;
- в момент высказывания необходимо располагать способами: а) проверки метода прогнозирования; б) априорной оценки вероятности появления прогнозируемого события; в) проверки осуществления прогнозируемого события» [3–8, 9].

Ученые А.В. Воробьев и В.Е. Леонтьев приводят следующее определение финансового планирования: «финансовое планирование — вид управленческой деятельности менеджмента предприятия, направленный на разработку системы финансовых планов по отдельным направлениям его деятельности, обеспечивающих реализацию финансовой стратегии на предстоящий период», при этом финансовый план определен как «обобщенный плановый документ, отражающий поступление и расходование

денежных средств на текущий (до одного года) и долгосрочный (свыше одного года) периоды» [4–154].

Ряд ученых-экономистов придерживается мнения о том, что прогноз является цельным тематическим исследованием со своей логикой, методикой, включающим и качественный, и количественный анализ, имеющим самостоятельное научное значение независимо от окончательных результатов разработки плана [1–14, 15].

Шевченко Д.К., И Чебунин П.К., экономисты из Владивостока, считают, что «План-прогноз – это программа действий коллективов предприятий и организаций в ближайшем будущем и требуемые для ее выполнения трудовые, материально-технические, финансовые и другие ресурсы» [5–39]. Данное определение по сути верное, однако, в современных условиях достаточно сложно составить максимально точный прогноз на основе данных предприятий, поскольку если в условиях плановой экономики непосредственные результаты работы предприятий закладывались в экономическое и бюджетное прогнозирование и четко прослеживалось выполнение плана (прогноза), либо отклонения, а также видны были причины отклонения, зависящие напрямую от государственного финансирования и государственного заказа, то в современных рыночных условиях деятельность предприятий не настолько зависит от государства, насколько чутко реагирует на деятельность и финансовое состояние контрагентов, ввиду чего зачастую оптимистические либо реалистические планы (прогнозы) предприятий не выполняются в силу ряда объективных факторов, которые просто невозможно учесть при прогнозировании, что в свою очередь сказывается на качестве разрабатываемых экономических и бюджетных прогнозов.

Американский экономист К.Д. Льюис, под прогнозом понимает «результат экстраполяции прошлого в будущее» и считает, что «прогнозы строятся на основе некоторых объективных правил, которые определяют совокупность вычислений и действий, необходимых для получения прогноза» [6–11]. Приведенное определение несовершенно тем, что простая объективная экстраполяция значений прошлых периодов на предстоящие периоды не учитывает множество факторов, изменяющихся с течением времени. В случае составления экономического и бюджетного прогнозов это может быть, к примеру, изменение кредитно-денежной политики государства, изменение налоговой политики, которые оказывают непосредственное воздействие на экономическую активность бизнеса, от платежеспособности и наращивания налоговой базы которого напрямую зависит пополняемость налоговыми доходами бюджетов. Также ежегодно законами о соответствующем бюджете устанавливаются нормативы перераспределения поступивших налогов в бюджеты других уровней. Кроме того, при составлении прогноза социально-экономического развития территории необходимо учитывать цикличность развития экономики. Так, если по показателю объема отгруженной продукции и фонду оплаты труда прогноз может быть построен методом экстраполяции, то относительно объема инвестируемых в основные фонды средств необходимо учитывать фактор цикличности. Показатель прибыли также зависит от множества факторов и не может быть спрогнозирован простым экстраполированием.

Также в научных трудах российских исследователей дано более общее определение бюджетного прогноза как системы аргументированных и взаимосвязанных научно-обоснованных оценок возможных путей и результатов развития бюджета и необходимых для их достижения политических, организационных, экономических, финансовых и институциональных мер.

Цель бюджетных прогнозов в упреждающем режиме времени – помочь органам государственного и муниципального управления и планирования выработать необходимые решения по регулированию экономических, финансовых и социальных процессов, которые в будущем будут испытывать на себе влияние вновь открытых тенденций и закономерностей; другими словами, адаптировать функциональную дея-

тельность органов государственной власти и местного самоуправления соответственно прогнозируемым изменениям.

Изучив все представленные определения планирования и прогнозирования, представляется целесообразным уточнить определения, ориентируя их на современную действительность.

Планирование – процесс расстановки в обозримом будущем целей, достижение которых требует выполнения ряда мероприятий и обусловлено развитием внутренних и внешних факторов, предусмотренных соответствующим прогнозом.

Прогнозирование – процесс разработки моделей дальнейшего поведения (состояния, развития) объекта, основанный на экстраполяции значений внутренних (относительно постоянных) факторов объекта с учетом изменения внешних факторов, оказывающих непосредственное влияние на объект.

Соответственно, и *бюджетное планирование* может быть определено как процесс расстановки в обозримом будущем целей выполнения бюджетных показателей, предполагающих выполнение плана по доходной части бюджета с обязательным выполнением финансирования всех предусмотренных в расходной части бюджета статей, что в свою очередь направлено на обеспечение социальной стабильности и развитие соответствующей территории.

Бюджетное прогнозирование – процесс разработки модели (моделей) бюджета территории, основанный на экстраполяции значений необходимых расходов бюджета на содержание социальной сферы с учетом состояния и развития доходной части бюджета, наполняемость которой и источники пополнения зависят от экономического развития территории. Бюджетный прогноз строится на прогнозе социально-экономического развития соответствующей территории.

Поскольку процесс бюджетного планирования и прогнозирования носит научно-практический характер, следует сделать вывод о тесной взаимосвязи эффективности рассматриваемой прогнозной деятельности и, как следствие, эффективности проводимой бюджетной политики, которая зависит от системы учитываемых показателей и выбранной методологии бюджетного планирования и прогнозирования.

Эффективность бюджетного планирования и прогнозирования напрямую зависит от точности составляемых прогнозов и планов, которая непосредственно зависит от выбранной методики планирования и прогнозирования и системы учитываемых показателей [9–11]. При этом эффективность планирования и прогнозирования отражает не только степень точности выполнения прогнозов и планов, но и уровень достижения запланированного бюджетного, экономического или социального эффекта. Однако следует отметить, что именно максимальная точность планирования (прогнозирования) бюджетных доходов выступает гарантом выполнения органами власти социальных обязательств, что в свою очередь, позволяет достичь положительного социального и экономического эффекта, повысить качество и уровень жизни населения, а также строить перспективные бюджетные планы по развитию территорий, в том числе, с учетом участия в государственных программах с возможностью привлечения на территорию федеральных инвестиций.

Список литературы:

- [1] Ермилов В.Г. Совершенствование механизма бюджетного прогнозирования и планирования: Дис. канд. экон. наук : 08.00.10 : Москва, 2000, 207 с. РГБ ОД, 61:01-8/2419-2;
- [2] Медведев В.Ф., Каспин В.И., Лисичкин В.А. Методические основы анализа объекта прогнозирования. Минск, 1975. – 31 с.;
- [3] Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование качественных характеристик процессов. М., «Советское радио», 1975;
- [4] Воробьев А.В., Леонтьев В.Е. Корпоративные финансы (водный транспорт): учебник для бакалавров по направлениям подготовки 38.03.01 Экономика, 38.03.02 Менеджмент [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. (1 файл 3,1 Мб). – Киров: МЦНИП, 2017, 175 с.;

- [5] Шевченко Д.К., Чубунин П.К. Основы прогнозирования экономического развития народного хозяйства. Уч. пособие. Владивосток, 1994;
- [6] Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей. М., Финансы и статистика, 1986. – 130 с.;
- [7] Хилюк, Федор Миронович. Методы и модели экономического прогнозирования [Текст] / Ф. М. Хилюк, канд. экон. наук ; Гос. план. ком. Совета Министров УССР. Укр. науч.-исслед. ин-т техн. информации и техн.-экон. исследований. – Киев : [б. и.], 1970. – 157 с.;
- [8] Орешин В. П. Государственное регулирование национальной экономики (в вопросах и ответах): Учебное пособие. – М.:ИНФРА-М, 2000. – 124 с.
- [9] Корнилов Д.А., Первышин М.Н., Корнилова Е.В. Выбор предпочтительного варианта потребительского инвестирования на основе метода анализа иерархий (МАИ) // Иннов: электронный научный журнал, 2016. №4 (29). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/vybor-predpochtitelnogo-varianta-po/>
- [10] Корнилова Е.В. Стратегические предприятия оборонного комплекса РФ и развитие оборонной промышленности Нижегородской области // Строймного, 2016. №3 (4). URL: <http://stroymnogo.com/science/economy/strategicheskie-predpriyatiya-oboro/>
- [11] Куфтырева Н.А. Пути взаимодействия бизнеса и государства в достижении целевых ориентиров инновационного развития // Иннов: электронный научный журнал, 2015. № 3 (24). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/puti-vzaimodeystviya-biznesa-i-gosu/>

THE ANALYSIS OF THE NATURE AND SIGNIFICANCE OF BUDGET PLANNING AND FORECASTING IN THE CURRENT ECONOMIC CONDITIONS

A.V. Vorobyev, E.V. Upadysheva

Keywords: plan, forecast, planning, forecasting, budget, budget planning, budget forecasting, social and economic development.

The article deals with the definitions of «plan» and «forecast», which had been given in domestic and foreign economic literature, the nuances and differences of this definitions have been issued, and new definitions of budget planning and budget forecasting, adapted to modern economic conditions, have been given, the importance of budget plans and forecasts accuracy for effective budget, social and economic policy has been justified.

Статья поступила в редакцию 18.04.2017 г.

УДК 336

Н.А. Маркова, доцент, к.э.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

И.Д. Попандопуло, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ: РОССИЯ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Ключевые слова: дебиторская задолженность, анализ, управление дебиторской задолженностью, структура, динамика, регионы, факторинговые операции, скидки

В статье рассматривается структура и динамика показателя дебиторской задолженности организаций России; анализируются статистические данные по указанной

теме; определяются причины возникновения и проблемы управления дебиторской задолженностью в России и за рубежом

На сегодняшний день, экономика России переживает сложные времена. Политическая напряженность, концентрировано выраженная в санкциях на средства производства, в валютных войнах, сильно подорвали привычный экономический уклад. Попытки выровнять ситуацию в 2016 году за счет политики «тушения пожаров» не дали существенных результатов, макроэкономические показатели остались на прежнем уровне, и это произошло не за счет поднятия производства, а за счет средств резервного фонда [1]. В 2017 году решено провести политику адаптации, которая заключается в реструктуризации экономики сырьевой державы и подстройки ее под современные реалии. Пока изменений по-прежнему не произошло, величина бюджетных обязательств неспособна устранить макроэкономические дисбалансы, а сумма резерва настолько истощена, что сегодня риски при наступлении не благоприятных сценариев максимальны [2]. Предприятиям, так же, приходится проходить очень болезненный путь адаптации к современным условиям ведения бизнеса. Одни решают этот вопрос путем слияния и создания более крупных объединений, другие проводят ребрендинг или реинжиниринг, а третьим и вовсе пришлось уйти с рынка. В целом, сегодня, трудно найти предприятие, показатели платежеспособности которого укладываются в нормы, в частности это происходит из-за серьезнейших проблем в управлении дебиторской задолженностью.

Для того чтобы разобраться в проблемах управления дебиторской задолженностью, необходимо выявить причины и факторы, способствующие их возникновению.

Причины возникновения дебиторской задолженности условно можно группировать, как объективные и субъективные.

К объективным относятся причины, связанные с наличием у организации определенного круга хозяйственных правоотношений, необходимых для осуществления ею своей деятельности. Организация вступает в договорные отношения с контрагентами, и согласно их положениям, момент перехода собственности из одних рук в другие, и момент оплаты не совпадают по времени, тем самым, образуя дебиторскую задолженность [3].

К субъективным относятся причины, связанные с отсутствием финансовой дисциплины, нечеткостью критериев достоверности, и лояльности должников в отношениях с кредиторами [4].

Факторы, влияющие на рост сомнительной дебиторской задолженности:

- Общеэкономический спад, падение производства.
- Недоступность кредитов.
- Отсутствие у государства эффективных рычагов воздействия на рыночные цены.
- Уменьшение инвестиционных накоплений и иных остатков денежных средств.

Основными проблемами в управлении дебиторской задолженностью на современном этапе развития России можно считать: [5]

- Недостаточность информации о способностях дебиторов погашать обязательства в установленный срок.
- Отсутствие регламента на предприятиях по работе с просроченной дебиторской задолженностью.
- Отсутствие данных о росте затрат, связанных с увеличением размера дебиторской задолженности и временем ее оборачиваемости.
- В должной степени не проводятся оценка кредитоспособности покупателей и эффективности кредитования.
- Функции сбора денежных средств, анализа дебиторской задолженности и принятия решения о предоставлении кредита, распределены между разными подразделениями. Отсутствуют ответственные лица за каждый этап.

– Несовершенство законодательства и нормативной базы в части востребования. В России отсутствуют специальные вексельные суды, все споры решаются в общем порядке в арбитражном суде.

Основные проблемы, как правило, связаны с просроченной дебиторской задолженностью, и трудностью ее востребования. В таблице 1 представлена структура и динамика дебиторской задолженности организаций Российской Федерации по всем видам деятельности, с детализацией по округам и городам федерального значения [6].

Таблица 1

**Структура и динамика дебиторской задолженности организаций
Российской Федерации по всем видам деятельности**

Территории	На 31 декабря 2014 г.		На 31 декабря 2015 г.		На 31 декабря 2016 г.		Отклонение				Влияние структурных сдвигов, %	
	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %	абсолютное, млн. руб.		относительное, %		2015	2016
							2015	2016	2015	2016		
Центральный федеральный округ	15358	50,7	17810	51,4	19415	51,5	2452	1 605	16,0	9,0	8,1	4,6
Северо-Западный федеральный округ	3525	11,6	4190	12,1	4565	12,1	665	376	18,9	9,0	2,2	1,1
г. Севастополь	0	0,0	5	0,0	12	0,0	5	7	-	138,2	0,0	0,0
Южный федеральный округ	1 309	4,3	1527	4,4	0	0,0	218	-1527	16,7	-	0,7	-4,4
Северо-Кавказский федеральный округ	315	1,0	416	1,2	399	1,1	101	-17	32,1	-4,1	0,3	0,0
Приволжский федеральный округ	3789	12,5	3828	11,0	4208	11,2	38	381	1,0	9,9	0,1	1,1
Уральский федеральный округ	3196	10,6	3580	10,3	3860	10,2	383	280	12,0	7,8	1,3	0,8
Сибирский федеральный округ	1 921	6,3	2 243	6,5	2294	6,1	322	51	16,8	2,3	1,1	0,1
Дальневосточный федеральный округ	883	2,9	1048	3,0	1265	3,4	165	217	18,7	20,7	0,5	0,6
Крымский федеральный округ	0	0	41	0,1	0	0	41	-41	-	-	0,1	-0,1
Российская Федерация	30296	100	34682	100	37667	100	4387	2985	14,5	8,6	14,5	8,6

Наибольшее относительное отклонение можно наблюдать в городе федерального значения Севастополе, темп прироста составил 138,15%. Относительно высокий показатель наблюдается в Дальневосточном федеральном округе 20,7%. Отрицательную динамику показал Северо-Кавказский федеральный округ, дебиторская задолженность сократилась на 17 млн. руб. или на 4,07%. Прирост дебиторской задолженности организаций в целом по России увеличился не значительно, всего 8,61%. Центральный федеральный округ внес наибольший вклад в структурный сдвиг, за счет дебиторской задолженности в размере 1605 млн. руб. В совокупности, сложившаяся динамика говорит о росте объемов реализации продукции, однако необходимо учесть уровень качества дебиторской задолженности.

В таблице 2 представлена динамика просроченной дебиторской задолженности организаций Российской Федерации по всем видам деятельности [7].

Таблица 2

Структура и динамика просроченной дебиторской задолженности организаций Российской Федерации по всем видам деятельности

Территории	На 31 декабря 2014 г.		На 31 декабря 2015 г.		На 31 декабря 2016 г.		Отклонение				влияние структурных сдвигов, %	
	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %	абсолютное, млн. руб.		относительное, %			
							2015	2016	2015	2016	2015	2016
Центральный федеральный округ	891	45,0	919	37,9	1019	41,4	29	100	3,2	10,9	1,4	4,1
Северо-Западный федеральный округ	153	7,7	246	10,1	282	11,4	93	36	61,3	14,4	4,7	1,5
г. Севастополь	0	0,0	1	0,0	1	0,0	1	1	-	86,1	0,0	0,0
Южный федеральный округ	80	4,0	97	4,0	58	2,4	17	-39	21,8	-39,9	0,9	-1,6
Северо-Кавказский федеральный округ	45	2,3	58	2,4	290	11,8	13	232	28,7	396,5	0,7	9,6
Приволжский федеральный округ	307	15,5	353	14,6	345	14,0	46	-8	14,9	-2,4	2,3	-0,3
Уральский федеральный округ	232	11,7	400	16,5	230	9,3	168	-171	72,6	-42,6	8,5	-7,0
Сибирский федеральный округ	204	10,3	281	11,6	0	0	77	-281	37,6	-	3,9	-11,6
Дальневосточный федеральный округ	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0,0	-
Крымский федеральный	0	0	4	0,17	0	0	4	-4	-	-	0,2	-0,2

округ												
Российская Федерация	1 978	100	2 426	100	2 465	100	448	40	22,7	1,6	22,7	1,6

Наибольший рост просроченной дебиторской задолженности наблюдается в Северо-Кавказском федеральном округе, 232 млн. руб., или прирост в размере 396,53%. Данный округ внес и самый крупный отрицательный вклад в структурный сдвиг, 9,56%. Подобная динамика объясняет снижение деловой активности. Не менее негативная тенденция наблюдается на Севастополе, прирост 86,06%. Положительную динамику показали Уральский и Южный федеральные округа, снижение составило 42,61% и 39,91% соответственно. В целом по России процент просроченной дебиторской задолженности не так велик, 1,64%. Подобный результат нельзя назвать положительным, так как очень велики перекосы по округам, а при углублении изучения по меньшим территориальным единицам и отраслям, дисбаланс будет наблюдаться еще более ясно.

Для наибольшей наглядности, в таблице 3 представлены удельные веса просроченной дебиторской задолженности в совокупной.

Таблица 3.

Динамика показателей удельного веса просроченной дебиторской задолженности в совокупной дебиторской задолженности, %

Территории	Удельный вес просроченной дебиторской задолженности в ее совокупной величине			Абсолютное отклонение, %	
	2014	2015	2016	2015	2016
Центральный федеральный округ	5,80	5,16	5,25	-0,64	0,09
Северо-Западный федеральный округ	4,33	5,87	6,17	1,54	0,30
г. Севастополь	-	11,69	9,13	11,69	-2,56
Южный федеральный округ	6,08	6,35	-	0,27	-6,35
Северо-Кавказский федеральный округ	14,43	14,07	72,80	-0,37	58,73
Приволжский федеральный округ	8,11	9,23	8,19	1,12	-1,03
Уральский федеральный округ	7,26	11,19	5,96	3,93	-5,23
Сибирский федеральный округ	10,63	12,53	0	1,90	-12,53
Дальневосточный федеральный округ	0	0	0	0,00	0
Крымский федеральный округ	-	9,77	-	9,77	-9,77
Российская Федерация	6,53	6,99	6,55	0,47	-0,45

Исходя из полученных данных, можно сказать, что наиболее негативная динамика принадлежит Северо-Кавказскому округу, за последний год удельный вес просроченной задолженности составил 72,8%, это 58,73 п.п. по отношению к предыдущему году. Наиболее благоприятная обстановка в Сибирском, Дальневосточном, Крымском и Южном округах. Не критичными можно считать ситуации Центральном, Северо-Западном и Приволжском округах. Удельный вес просроченной дебиторской задолженности в них колеблется от 5,25% до 8,19%, а отклонения по годам минимальны.

Однако у закономерности есть негативный момент, так как темпы прироста дебиторской задолженности отстают от темпов просроченной ее части.

По итогам проведенного анализа, логическим заключением является то, что хотя уровень деловой активности растет, имеющиеся проблемы в управлении дебиторской задолженностью портят сложившуюся тенденцию, снижая ее качество за счет просроченных долгов.

Резюмируя все выше сказанное, можно сказать, что предприятиям России, сегодня, очень трудно подстраиваться под современные условия ведения бизнеса. Давление идет со стороны политики, социально-экономической сферы. Предприятия не могут сохранять свою платежеспособность, и важной причиной этому, недостаточность мероприятий по управлению дебиторской задолженностью. Возникновение дебиторской задолженности объективно, и связано с разницей во времени реализации и оплаты, однако ряд субъективных факторов, таких как отсутствие финансовой дисциплины, может понизить ее качество. Основной проблемой предприятий является именно просроченная дебиторская задолженность, и трудности, возникающие с ее управлением. Подтверждением этому служит современная статистика. В целом по России темп роста просроченной дебиторской задолженности не велик, однако очень сильно перекосы по округам, а при углублении изучения по меньшим территориальным единицам и отраслям, дисбаланс будет наблюдаться еще более ясно. Предприятия стараются наращивать объемы реализации, но вместе с этим растут темпы просроченной дебиторской задолженности, что говорит о необходимости усиления мер по ее управлению.

Проблемы, связанные с управлением дебиторской задолженностью свойственны всем странам мира, вне зависимости от уровня их развития. Большинство инструментов, которые сейчас используются в российской практике, были заимствованы из стран с развитой рыночной экономикой, США и Европы. К таким инструментам управления дебиторской задолженности можно отнести факторинг, и учет векселей. Однако, в России, подобные методы еще плохо прижились, и сейчас используются только крупными компаниями, при этом не раскрывается весь потенциал возможностей, предлагаемых в западных странах.

В Европе выделяют два продукта управления дебиторской задолженностью: факторинг и дисконтирование счета-фактуры (invoice discounting) [8].

Развитие факторинга берет свое начало в Англии в 14 веке, во времена расцвета текстильной промышленности. Факторы были связующим звеном между производителем и рынком сбыта, так как последние были сильно отдалены друг от друга. В то время, фактор выполнял целый ряд функций: он должен был изучать рынок и осуществлять постоянный мониторинг, знать местное законодательство и обычаи, находить платежеспособных покупателей, осуществлять хранение, сбыт и инкассирование выручки [9]. В настоящее время фактор перестал играть роль дистрибьютера, а остальные функции входят в пакет услуг до сих пор.

Подъем факторинга в США начинается в двадцатом веке. Факторинговые компании были агентами английских и немецких поставщиков текстиля. Местным производителям так же были необходимы услуги, так как населенные пункты в Америке находились на больших расстояниях друг от друга, не говоря о различиях в законодательствах штатов. За риски неуплаты дебитора по своим обязательствам, факторинговые компании взимали комиссионное вознаграждение [10].

В Европе развитие факторинга начинается с пятидесятых годов двадцатого века. Данная тенденция обусловлена ростом популярности использования рассрочки, в связи с формированием устойчивого рынка покупателя, где он диктует условия. Коммерческий кредит был единственным выходом для покупателя, у которого хронически не хватало денег на то чтобы расплатиться сразу, а кредит был дорогой и трудной в оформлении альтернативой. Одновременно с этим трудности с недостатком оборотных средств испытывали и поставщики, и именно в этот момент появление факторин-

говых компаний смогло решить возникшую проблему. С появлением услуг данного рода, выросли как объемы продаж поставщиков, так и спрос на их продукцию [10].

В середине двадцатого века начал развиваться международный факторинг. Первая факторинговая ассоциация появилась в 1960 году, сегодня, она объединяет 41 страну и более шестидесяти компаний по всему миру. В 1968 году была организована крупнейшая факторинговая ассоциация Factors Chain International, которая в своем составе сегодня насчитывает 90 стран и 400 компаний [11]. Все ассоциации разрабатывали системы информационной передачи, для маневренности в оценке платежеспособности дебиторов. Динамика мировых объемов факторинговых операций представлена на рисунке 1 [12].

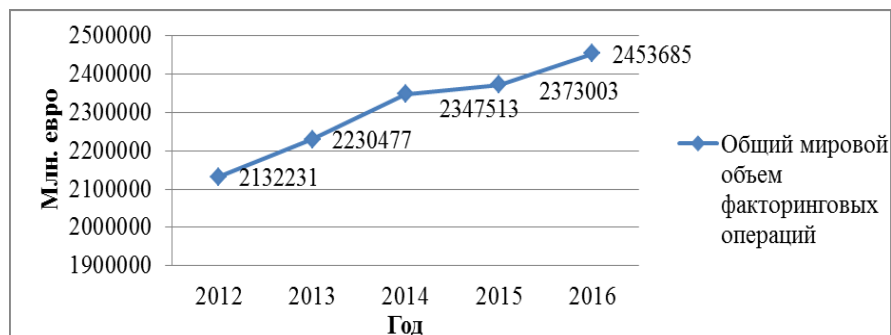


Рис. 1. Динамика общего мирового объема факторинговых операций, млн. евро.

Исходя из полученной динамики, можно наблюдать уверенный тренд увеличения объемов факторинговых операций. На 2016 год, наибольшая доля, около 600 млрд. евро приходится на Азиатско-Тихоокеанский регион. По рейтингу стран, лидирующую позицию занимает Великобритания, 377 млрд. евро, второе место занимает Китай 353 млрд. евро, на третьем месте Франция 248 млрд. евро.

История использования факторинга, как инструмента управления дебиторской задолженностью, в России, насчитывает не более двадцати лет. В 1988 году Промстройбанк и Жилсоцбанк совместно предприняли попытки внедрения факторинга в отечественную практику [13]. Однако инструмент имел набор функций, отличающийся от мировых стандартов, и от современного Российского продукта. В основном к фактору передавалась в управление только просроченная дебиторская задолженность, при этом покупателя кредитовали, для того чтобы он мог расплатиться с поставщиком. Сам инструмент использовался не систематично. Динамика, отражающая современную тенденцию рынка факторинговых услуг, представлена на рисунке 2 [12].

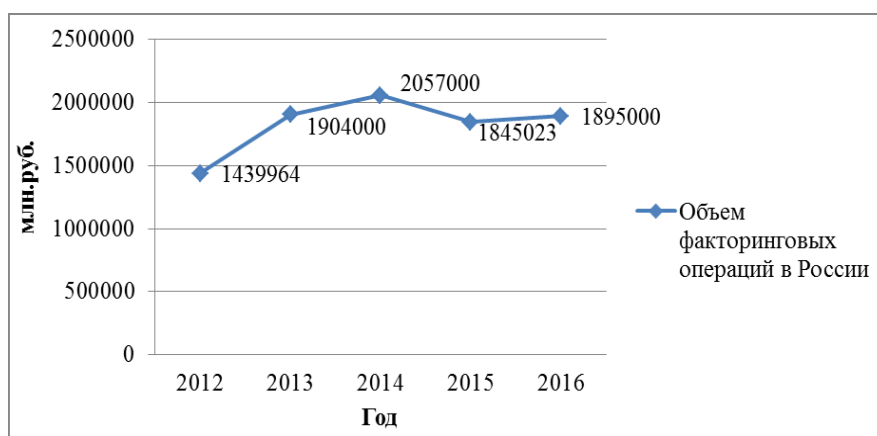


Рис. 2. Объем факторинговых операций в России, млн. руб.

Проанализировав динамику, можно сказать, что в России действительно факторинговые операции не пользуются высоким спросом. Из года в год, наблюдается ситуация стагнации, при очень низком уровне объемов. На 2016 год Россия занимает лишь двадцатую строчку в рейтинге стран по использованию данного инструмента.

На сегодняшний день, факторинг представляет собой комиссионно-посредническую услугу, оказываемую банком или специализированной организацией клиенту, юридическому лицу.

Факторинг включает в себя ряд услуг [14]:

- Кредитование сбыта.
- Принятие риска неплатежа.
- Бухгалтерский учет дебиторов.
- Контроль и инкассация задолженности.
- Ведение статистики продаж.

Участниками факторинговой сделки являются: банк-фактор или факторинговая компания, первоначальный кредитор, дебитор.

Классической процедурой факторинга можно считать, покупку долга Банком-фактором, или факторинговой компанией, с первоначальной выплатой в размере 70%-80% от суммы задолженности. По истечении срока задолженности, дебитор расплачивается с фактором, и тот в свою очередь перечисляет оставшуюся сумму долга клиенту, за вычетом процентов, в размере до 2,5%.

По месту проведения сделки факторинговые операции можно классифицировать: внутренние и внешние. Внутренними считаются операции, по которой все стороны договора находятся в пределах одной страны. Внешний, или международный факторинг, подразумевает, что участники договора находятся в разных странах [15].

По степени открытости операций различают: открытый и закрытый факторинг. При открытом факторинге дебитор уведомлен о том, что в сделке участвует фактор, и выплачивает долг непосредственно ему. При закрытом факторинге, информация о передаче дебиторской задолженности не разглашается, и дебитор оплачивает долг поставщику, а у того без акцепта списывается оговоренная сумма в пользу фактора [16].

По наличию права обратного требования разделяются: с правом регресса, без права регресса. Право регресса подразумевает, что в случае неуплаты дебитором долга, фактор имеет право требовать с клиента, оговоренную в договоре сумму. Около 60% факторинговых операций в России осуществляется с правом регресса. Отсутствие права регресса говорит о том, что фактор берет на себя все риски по неуплате дебитором по своим обязательствам [17].

По объему услуг различают традиционный, и универсальный факторинг. Традиционный факторинг предлагает только основные услуги, включающие сбор, страхо-

вание, и финансирование дебиторской задолженности. Универсальный факторинг, как правило, предоставляется постоянным, проверенным клиентам. Предполагает полную защиту интересов клиентов, защиту их от появления сомнительных долгов, гарантирование притока денежных средств, управление кредитом, учет реализации, кредитование в форме предварительной оплаты [18].

Факторинг выполняет ряд функций. Основная функция заключена в получении денежных средств сразу после отгрузки, что снижает дефицит оборотных средств, без роста кредиторской задолженности. Функция оценки платежеспособности; более применима в отечественной практике, в странах с развитой рыночной экономикой существует мощная система в лице рейтинговых агентств. В странах с трансформирующейся экономикой фактору необходимо собирать информацию о платежной дисциплине организации. Так же, можно выделить функции страхования и стимулирования ускорения оборачиваемости средств поставщика [10].

Существует ряд минусов, которые появляются при использовании факторинга. Фактически теряется контроль над клиентами, теряется информация, организации приходится нести определенные убытки из-за комиссии.

Дисконтирование счета-фактуры – это, своего рода, кредит под залог дебиторской задолженности. Часто данный инструмент путают с факторингом с правом регресса, но, в данном случае, финансирование осуществляется не по каждой отдельной поставке, а по всему салдо [19].

К ряду отличий дисконтирования счета-фактуры от факторинга можно отнести:

- Более низкую ставку комиссии, до 1%, в зависимости от величины суммы операции.
- Компания, осуществляющая услугу, не управляет дебиторской задолженностью.
- Все риски не подвержены страхованию.
- При открытии лимитов, изучается сам клиент, а не дебиторы.
- Все сделки происходят конфиденциально.

В зарубежной практике, все перечисленные инструменты называют коммерческим финансированием. Их принципиальное отличие заключается в подходах к оценке клиентов, а именно, оценивается не сколько финансовая устойчивость в динамике за прошлые годы, сколько текущее состояние активов. Коммерческое финансирование осуществляется под различные ликвидные активы.

Еще одним инструментом управления дебиторской задолженностью является реверсивный факторинг. Главным его отличием является инициатива в сделке со стороны покупателя, как наиболее заинтересованной стороны. Таким образом, он получает более существенную отсрочку платежа, что позволяет оптимизировать процесс закуп [16].

Так же, нельзя не упомянуть о предпоставочном факторинге. Данный инструмент полезен, когда у компании есть заказ, но не достаточно средств на его реализацию. Другими словами, фактор финансирует еще не существующую, будущую дебиторскую задолженность [20].

В США, Западной Европе и Великобритании, основным инструментом защиты от просроченной или сомнительной дебиторской задолженности является кредитное страхование. В России данное направление не развито, им занимается всего несколько компаний, при этом свои риски, за неимением опыта, они перестраховывают в зарубежных компаниях. Так же, очень серьезным является вмешательство государства в антикризисную политику. Практика Венгрии предусматривает обмен долгов предприятия на долгосрочные государственные облигации. Безнадежные долги можно обменять на 50% от номинала, а долги предприятий, намеченных к приватизации по номинальной стоимости [9].

Таким образом, можно сказать, что в зарубежной практике применяется огромное множество инструментов по управлению дебиторской задолженностью. Этому способствует наличие развитых рейтинговых агентств, и наличие сильной финансовой

дисциплины. В Российской практике, подобные методы управления используются, но в большей части крупными предприятиями, и спектр инструментов очень ограничен, в связи с большими рисками и отсутствием культуры использования данных инструментов. Незрелость законодательства, мошенничество и «серые схемы» рожают недоверие предпринимателей к этим продуктам.

Наиболее гибким инструментом стимулирования продаж и ускорения оплаты в российской практике, на наш взгляд, являются скидки. При предоставлении скидки нужно учитывать выгоды обеих сторон, продавцу необходимо чтобы экономический эффект от высвобождения оборотных средств покрывал сумму скидки, и давал положительный результат, а дистрибьютеру должна быть привлекательна сумма скидки со стороны выгоды в альтернативе взятия кредита в банке [21]. Главные показатели того, что проведенные мероприятия со скидками были продуктивны, это: увеличение оборота дебиторской задолженности, снижение периода ее оборота, и как следствие уменьшение операционного и финансового циклов [22].

Очень важной проблемой для организаций, производящих и реализующих продукцию с длительным сроком хранения, является именно длительный период дебиторской задолженности. Формирование дебиторской задолженности вызвано объективными причинами, однако ее наличие и низкие показатели оборачиваемости ухудшают финансовые показатели деятельности любой организации. Имея оборачиваемость дебиторской задолженности в фармацевтическом производстве более 260 дней, такие организации каждый год ставят цель сократить его хотя бы на несколько дней. Основным инструментом ускорения оплаты для аналогичных предприятий мы считаем дифференцированную систему скидок, которая основана на объемах и сроках реализации. Для того чтобы сохранить текущую тенденцию к сокращению дебиторской задолженности, модернизируем систему скидок путем адаптации их к возможностям определенных групп покупателей.

Создадим модель, в которой отразим все возможные варианты развития событий. Для этого рассмотрим варианты, когда контрагент пользуется дополнительными условиями, когда он от них отказывается, а так же установим привлекательность использования скидки.

Во-первых, необходимо установить желательные сроки получения суммы долга. Так как данное предложение более ориентировано на средних по размерам закупок дебиторов, то зададим планку на уровне 220 дней, а в случае отказа от дополнительной опции нужно будет произвести оплату в течение 280 дней, стандартно по договору. Это позволит более четко расставить границы при дифференцировании средних и крупных дебиторов, на данный момент условия по срокам для них ставятся практически одинаково.

Следующим шагом произведем расчет и обоснование скидки. Для этого рассчитаем эффект от высвобождения оборотных средств на плановый 2017 год, и сравним полученный результат с суммой скидки от выручки при шаге в пол процента. Результаты расчетов представлены в таблице 4 и таблице 5.

Таблица 4

Плановые показатели дебиторской задолженности без использования скидки в организации, производящей фармацевтические препараты и материалы

Показатель	Плановые значения на 2017 г., вариант без использования дополнительных условий
1. Среднегодовая величина дебиторской задолженности, тыс. руб.	24102892,26
2. Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности, обороты	1,43
3. Период оборота дебиторской задолженности, дни	254,80

4. Эффект, тыс. руб.	-1 343 628,02
----------------------	---------------

Таблица 5

Величина скидки

Скидка, %	Сумма, тыс. руб.
1	345278,06
1,5	517917,09
2	690556,13
2,5	863195,16
3	1035834,19
3,5	1208473,22
4	1381112,25
4,5	1553751,28
5	1726390,32

Поскольку величина эффекта составляет 1343628,02 тыс. руб., а критическое значение при заданном шаге 1208473,22 тыс. руб., мы можем заключить, что организация может позволить себе работать со скидкой примерно до 3,5%. При предоставлении скидки нужно установить интересы обеих сторон. Ее величина должна иметь прямую связь с продолжительностью отсрочки, а так же она должна представлять выгодную альтернативу получению дорогостоящего кредита в банке.

Для определения выгоды предоставления скидки, далее $C_{\text{в}}$, классически используем формулу [23]:

$$C_{\text{в}} = \frac{\% \text{ скидки}}{100 - \% \text{ скидки}} \times \frac{360}{\text{Дни неоплаченного кредита} - \text{Период скидки}} \times 100$$

Данная формула позволяет рассчитать приближенное годовое значение процентных издержек при пользовании коммерческого кредита, и далее сравнить ее с банковскими процентными ставками. На первом этапе была определена верхняя планка скидки, обусловленная возможностями продавца, а теперь определим нижнюю планку, начиная с которой пользоваться скидкой будет выгодно и покупателю. Для этого так же возьмем шаг в пол процента, начиная со скидки в 1%, и заканчивая величиной 4,5%. Мероприятие рассчитано большей частью на покупателей РФ и на иностранных дебиторов, величина задолженности которых является средней по размерам, поэтому период скидки будет составлять 220 дней, а дни неоплаченного кредита 280 дней. Результаты расчета представлены в таблице 6.

Таблица 6

Выгодность предоставления скидки

Альтернатива кредиту в банке, %	Скидка, %
6	1
9	1,5
12	2
16	2,5
19	3
22	3,5
25	4
29	4,5

Согласно официальной статистики, индекс по кредитам среднего бизнеса на сегодняшний день колеблется в районе значения 16,77%. Таким образом, покупателю выгоднее заплатить раньше, в течение 220 дней, если скидка превышает 3–3,5%. После того как величина скидки обоснована произведем расчеты плановых показателей деятельности. По данным анализа структуры дебиторской задолженности выдвигается предположение, что скидкой воспользуются только средние иностранные и российские дебиторы. Иностранные дебиторы используют дополнительное условие в размере 10% от величины годовой суммы заказов, а российские в размере 20%. Расчет проведем в диапазоне 3–3,5% скидки, с шагом в пол процента, а так же учтем изменения коэффициента поступлений денежных средств. При предоставлении скидки в 3%, 3,5%, коэффициенты поступлений от реализации продукции будут равны 1,05, 1,08 соответственно. Данные коэффициенты выведены экспертным путем, коллегиально финансовым и коммерческим отделами, и применяются на практике при работе с контрагентами. Конечные результаты расчетов по различным вариантам предоставления скидки и отказа от нее представлены в таблице 7.

Таблица 7

Отклонение плановых показателей дебиторской задолженности организаций, производящей фармацевтические препараты и материалы от предшествующего периода

Показатель	2016	Плановые значения на 2017 г.			Отклонение вариантов от предыдущего периода					
		вариант без использования дополнительных условий	вариант с использованием скидки 3%	вариант с использованием скидки 3,5%	без использования дополнительных условий		вариант с использованием скидки 3%		вариант с использованием скидки 3,5%	
					абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
1. Среднегодовая величина дебиторской задолженности, тыс. руб.	19789674	24102892,26	23320619,08	22892410,03	4313218,26	21,80	3530945,08	17,8	3102736,034	15,7
1.1. Среднегодовая величина дебиторской задолженности от реализации продукции, тыс. руб.	19094801	23236352,26	22454079,08	22025870,03	4141551,26	21,69	3359278,08	17,6	2931069,034	15,4
1.2. Среднегодовая величина дебиторской задолженности по остальным дебиторам, тыс. руб.	694873	866540	866540	866540	171667	24,70	171667	24,7	171667	24,7
2. Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности, обороты	1,35	1,43	1,47	1,50	0,08	5,7	0,12	8,7	0,14	10,6
3. Период оборота дебиторской задолженности, дни	269	254,80	247,89	243,56	-14,60	-5,4	-21,50	-8,0	-25,83	-9,6
4. Эффект, тыс. руб.	-1293423,84	-1343628,02	-1985913,94	-2390791,774	-50204,18	3,9	-692490,10	53,5	-1097367,93	84,8

По полученным результатам можно сказать, что при использовании предприятием скидки, в любом из предложенных вариантов, будет достигнут положительный результат. На 2017 год в плане заложено сокращение периода оборота дебиторской задолженности примерно на 14 дней. Однако применение скидки способно раздвинуть эти границы до 25 дней. Наиболее ощутимый результат достигается при предоставлении скидки именно в 3,5%. С одной стороны, период оборота дебиторской задолженности дополнительно сократится почти на 11 дней, что является хорошим показателем для фармацевтической отрасли, а с другой, контрагенту будет выгоднее согласиться с условиями, чем платить дорогостоящий кредит в течение последующих 60 дней, под 22%. Эффект от высвобождения составит 2390791,77 тыс. руб., что больше результата без скидки почти на 50 процентных пункта и его величина будет выше даже с учетом покрытия скидки. Возвращенные средства предприятие сможет использовать в дальнейшем для увеличения объемов выпускаемой продукции, что увеличит выручку и прибыль, или для стабилизации остатка денежных средств, для улучшения показателя абсолютной ликвидности, и так далее в соответствии с текущей ситуацией на рынке.

Для того, чтобы определить положительно влияние снижения периода оборота дебиторской задолженности установим его связь с величинами операционного и финансового циклов.

Снижение продолжительности операционного и финансового циклов в динамике является показателем положительной тенденции. Финансовый цикл представляет собой период оборота чистых оборотных активов. Чем меньше финансовый цикл, тем выше платежеспособность предприятия, и ниже потребность в дополнительных оборотных активах для поддержания текущей деятельности.

Таблица 8

Изменение операционного и финансового циклов

Показатель	2016	Плановые значения на 2017 г.			Отклонение плановых вариантов от предыдущего периода					
		вариант без использования дополнительных условий	вариант с использованием скидки 3%	вариант с использованием скидки 3,5%	без использования дополнительных условий		скидка 3%		скидка 3,5%	
					абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Период оборота дебиторской задолженности, дни	269	254,80	247,89	243,56	-14,2	-5,28	-21,1	-7,85	-25,4	-9,46
Период оборота кредиторской задолженности, дни	130,7	130,7	130,7	130,7	0	0	0	0	0	0
Производственный цикл, дни	64,98	64,98	64,98	64,98	0	0	0	0	0	0
Операционный цикл, дни	333,98	319,78	312,87	308,54	-14,2	-4,25	-21,1	-6,32	-25,4	-7,62
Финансовый цикл, дни	203,28	189,08	182,17	177,84	-14,2	-6,99	-21,1	-10,38	-25,4	-12,51

В таблице 8 представлены величины операционного и финансового циклов в зависимости от варианта использования дополнительного условия, или неиспользования скидки.

Исходя из данных таблицы, однозначно можно сказать, что наибольшее влияние на циклы оказывает период оборота дебиторской задолженности. При предоставлении максимальной скидки наблюдается уменьшение, и нужно сказать, что снижение даже на несколько дней в фармацевтической отрасли является значительным. Планкой докризисных величин для операционного и финансового были 310 и 180 дней, и благодаря данным мероприятиям появится возможность возвращения прежних позиций. Обострение экономических проблем, политических отношений, снижение платежеспособности дебиторов, при низкой ликвидности товаров и жесткой конкуренции требует более педантичного, осторожного подхода в кредитной политике, в сочетании с грамотным стимулированием поступления платежей.

В заключении хотелось бы сказать, что дебиторская задолженность – это сумма долга покупателей за продукцию, которая образуется во время реализации, и превращается в денежные средства по истечении определенного срока и основной объект управления – долги за товары и услуги. Дебиторская задолженность является важнейшей составляющей выручки, именно от нее зависит достаточность распределяемых во времени средств, для покрытия обязательств. Предприятия, как правило, стремятся минимизировать уровень дебиторской задолженности, однако, рост показателя будет оправдан, при условии согласованности с остальными элементами оборотных средств, показателем выручки, кредиторской задолженности. Сегодня, с усилением влияния политических факторов на экономику России, напряжением конъюнктуры, предприятиям трудно сохранять свою финансовую устойчивость и платежеспособность. В связи с этим, обостряются проблемы, касающиеся просроченной и сомнительной дебиторской задолженностей. Официальная статистика констатирует низкие темпы роста просроченной задолженности, однако очень сильны перекосы по округам, и удельный вес просроченных долгов в общей массе достигает критических значений [24–25]. При углублении изучения по меньшим территориальным единицам и отраслям, дисбаланс будет наблюдаться еще более ясно. Предприятия стараются наращивать объемы реализации, но вместе с этим растут темпы просроченной дебиторской задолженности, что говорит о необходимости усиления мер по ее управлению. Зарубежный опыт предлагает огромный спектр возможных инструментов по управлению, но в Российских реалиях их использование сильно ограничено, несовершенством законодательства, недостатком финансовой дисциплины и отсутствием авторитетных рейтинговых агентств.

Список литературы:

- [1] Основные направления бюджетной политики на 2016 год и на плановый период 2017 и 2018 годов: Проект Министерства финансов Российской Федерации: Утв. Протоколом № 11 открытого заседания Общественного совета при Министерстве финансов Российской Федерации 11 октября 2015 г. // Минфин России. Официальные документы [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minfin.ru/ru/document> (на 06.05.2017)
- [2] Основные направления бюджетной политики на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов: Проект Министерства финансов Российской Федерации: Утв. Протоколом № 11 открытого заседания Общественного совета при Министерстве финансов Российской Федерации 11 октября 2016 г. // Минфин России. Официальные документы [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minfin.ru/ru/document> (на 06.05.2017)
- [3] Кобелева С.В. Дебиторская задолженность: возникновение, анализ и управление / С.В. Кобелева, О.Ю. Конова // Теория науки. – 2015. – №2. – С. 112.
- [4] Кобелева, С.В. Дебиторская задолженность: возникновение, анализ и управление / С.В. Кобелева, О.Ю. Конова // Теория науки. – 2015. – №2. – С. 113.
- [5] Галяутдинова А.Р. Проблемы управления дебиторской задолженностью на предприятии и пути их решения/ А.Р. Галяутдинова // Российское предпринимательство. – 2015. №16. – С. 31.

- [6] Дебиторская задолженность организаций по 2016 г. // ЕМИСС: Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/30990> (Дата обращения: 28.01.2017).
- [7] Просроченная дебиторская задолженность организаций по 2016 г. // ЕМИСС: Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/30991> (Дата обращения: 28.01.2017).
- [8] Астахова Е.А. Зарубежный опыт управления дебиторской задолженностью / Е.А. Астахова // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2014. – №4. – С. 84.
- [9] Астахова Е.А. Зарубежный опыт управления дебиторской задолженностью / Е.А. Астахова // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2014. – №4. – С. 85.
- [10] Мормуль, Н.Ф. Системный подход к управлению дебиторской задолженностью / Н.Ф. Мормуль, С.А. Еникеева // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2016. – №2. – С. 85.
- [11] Филатова Ю.М. Особенности международного факторинга как финансового инструмента / Ю.М. Филатова // Новый взгляд. Международный научный вестник. – 2016. – №2. – С. 114-116.
- [12] Информационный обзор рынка факторинга 2016 г.: asfact.ru – Режим доступа: <http://asfact.ru/wp-content/uploads/2016/02/AFC-Y2016> (Дата обращения: 28.01.2017)
- [13] Эзрох Ю.С. Факторинг в России: эволюция и конкуренция с традиционными банковскими продуктами / Ю.С. Эзрох // Экономические науки. – 2015. – № 6. – С. 185.
- [14] Гордусенко А.В. Инструменты синхронизации материальных и денежных потоков / А.В. Гордусенко // Социальные и экономические науки. – 2014. – №1. – С. 58-62.
- [15] Берзон Н.И. Финансовый менеджмент/ Н.И. Берзон, Т.В. Теплова. – М.: Кнорус, 2014. – С.461.
- [16] Берзон Н.И. Финансовый менеджмент/ Н.И. Берзон, Т.В. Теплова. – М.: Кнорус, 2014. – С.462.
- [17] Колмаков В.В. Теория и практика управления финансовой деятельностью: монография / В.В. Колмаков [и др.] – М.: Ист Консалтинг, 2013. – С.91.
- [18] Колмаков В.В. Теория и практика управления финансовой деятельностью: монография / В.В. Колмаков [и др.] – М.: Ист Консалтинг, 2013. – С.95.
- [19] Колмаков В.В. Теория и практика управления финансовой деятельностью: монография / В.В. Колмаков [и др.] – М.: Ист Консалтинг, 2013. – С. 107.
- [20] Берзон Н.И. Финансовый менеджмент/ Н.И. Берзон, Т.В. Теплова. – М.: Кнорус, 2014. – С.463.
- [21] Овчинникова О.А. Управление дебиторской и кредиторской задолженностью: практика применения скидок и взаимозачетов / О.А. Овчинникова, М.Ю. Ромадыкина // Экономические науки. – 2015. – № 2. С.7.
- [22] Бабаев Ю.А. Бухгалтерский учет и контроль дебиторской и кредиторской задолженности / Ю.А. Бабаев, А.М. Петров. – М.: ТК Велби Проспект, 2013. – С.385.
- [23] Берзон Н.И. Финансовый менеджмент/ Н.И. Берзон, Т.В. Теплова. – М.: Кнорус, 2014. – С. 480.
- [24] Корнилов Д.А., Горшенкова Т.Н. Выявление финансовых рисков на основе оценки стоимости бизнеса (на примере ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ПАО «Роснефть») // Иннов: электронный научный журнал, 2016. №1 (26). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/vyyavlenie-finansovyykh-riskov-na-os/>
- [25] Ферару Г.С., Киселев Д.Н. Обоснование необходимости формирования отечественной модели и проблемы кластерного развития территорий РФ // Иннов: электронный научный журнал, 2016. №4 (29). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/obosnovanie-neobkhodimosti-formirov/>

ANALYSIS OF THE CAUSES AND MANAGEMENT OF ACCOUNTS RECEIVABLE: RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE

N.A. Markova, I.D. Popandopulo

Key words: accounts receivable, analysis, management of accounts receivable, structure, dynamics, regions, factoring operations, discounts.

The article deals with the structure and dynamics of the indebtedness indicator of Russian organizations; analysis of statistical data on the topic; determine the causes and problems of managing receivables in Russia and abroad

Статья поступила в редакцию 29.06.2017 г.

Раздел VI

**Экономика, логистика, управление
на транспорте**



Section VI

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



УДК 656.624.3

А.О. Ничипорук, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ЭВОЛЮЦИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: грузовые перевозки, показатели качества.

Рассмотрена сложившаяся структура и классификация показателей качества продукции и перевозок грузов, а также современные рекомендации ученых и нормативно-правовых документов в этой области. Сделаны выводы об оптимальном перечне показателей, достаточных для оценки качества перевозки грузов.

В условиях плановой экономики особым определяющим статусом пользовались государственные нормативные документы. Так, в 1970 г. введен в действие ГОСТ 15467 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» [1]. В соответствии с ГОСТ под качеством продукции понимается совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением, а показателями качества являются количественные характеристики одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемые применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

В стандарте выделяются четыре вида показателей качества: единичные, комплексные, определяющие и интегральные показатели качества.

Единичные показатели характеризуют одно из простых свойств продукции, комплексные – несколько простых или одно сложное. Определяющим является показатель, по которому принимается решение оценивать качество продукции, находится он на основании оценки единичных или комплексных показателей качества с учетом их весомости. Комплексный определяющий показатель также называется обобщенным.

Интегральный показатель качества, являющийся частным случаем комплексного, определяется соотношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции и суммарных затрат на её создание и эксплуатацию или потребление. Обратная интегральному показателю величина – удельные затраты на единицу эффекта.

Для большей наглядности классификацию показателей и их взаимосвязь представим на рис. 1.



Рис. 1. Общая классификация и взаимосвязь показателей качества по ГОСТ 15467

На практике, однако, часто под интегральным показателем понимается комплексный показатель, определяемый суммированием произведений показателей на их весо-

вые коэффициенты, что по ГОСТ 15467 соответствует определяющему показателю качества. На транспорте примером комплексных показателей являются скорость и сохранность доставки грузов, интенсивность грузовых работ, а интегральных – прибыль, отнесенная к тоннаже-суткам флота в эксплуатации, себестоимость перегрузки 1 т груза и др.

В последующий период приведенная выше классификация показателей качества применяется на всех видах транспорта с определенной модификацией.

Так, на железнодорожном транспорте рассматриваются три понятия качества: простое, сложное и интегральное [2]. При этом простое и сложное качество характеризуются соответственно одним или всеми натуральными показателями или свойствами при абстрагировании от стоимостных показателей, которые учитываются только при определении интегрального качества. Таким образом, в данном случае интегральные показатели рассматриваются как отдельная группа, а не частный случай сложных (комплексных) показателей.

Среди показателей качества продукции водного транспорта выделяют единичные, комплексные и интегральные показатели с трактовкой, схожей с определениями, данными в ГОСТ 15467 [3–5].

На речном транспорте существовавшая в то время оценка качества перевозок грузов характеризуется сроками доставки груза, сохранностью их перевозок, обеспечивающей доставку заданной партии груза (за вычетом естественной убыли) [5–7].

На морском транспорте в исследовании, выполненном в 1984 г. Панибратцем Н.А. [4], указывается, что оценка качества продукции транспорта должна производиться сопоставлением дополнительных затрат на повышение качества с тем выигрышем, который может быть получен при ее потреблении. Однако при имевшихся в то время ограничениях в получении сведений о выигрыше грузовладельцев от повышения качества работы транспорта Н.А. Панибратец пришел к выводу о невозможности использования такого подхода, в результате чего было сделано предложение оценивать только вероятные убытки клиентуры транспорта от несохранности грузов при транспортировке. Обозначенная позиция ученых морского транспорта со временем не изменилась. Так, в более поздней работе Винникова В.В. [8] подчеркивается, что качество продукции морского транспорта включает время доставки грузов, их сохранность, а также эффективность работы самого транспорта.

В 1996 г. в дополнение к общей классификации, применимой к любой продукции (товару, услуге), была рекомендована номенклатура показателей качества грузовых перевозок, установленная ГОСТ Р 51005-96 «Услуги транспортные. Грузовые перевозки. Номенклатура показателей качества» [9]. При этом особо подчеркивается, что исходная номенклатура показателей качества должна формироваться с учетом потребностей потребителей, требований отраслевых нормативных документов, стандартов и методик, действующих на транспорте конкретного вида. В качестве основного метода определения исходной номенклатуры рекомендуется экспертный метод.

Для лучшего восприятия представим рекомендуемую номенклатуру показателей на рис. 2. ГОСТ регламентирует использование трех основных групп показателей качества: своевременности выполнения перевозки, сохранности перевозимых грузов, экономических показателей. Первые две группы представляют собой совокупность единичных и комплексных показателей, третья – интегральные показатели.

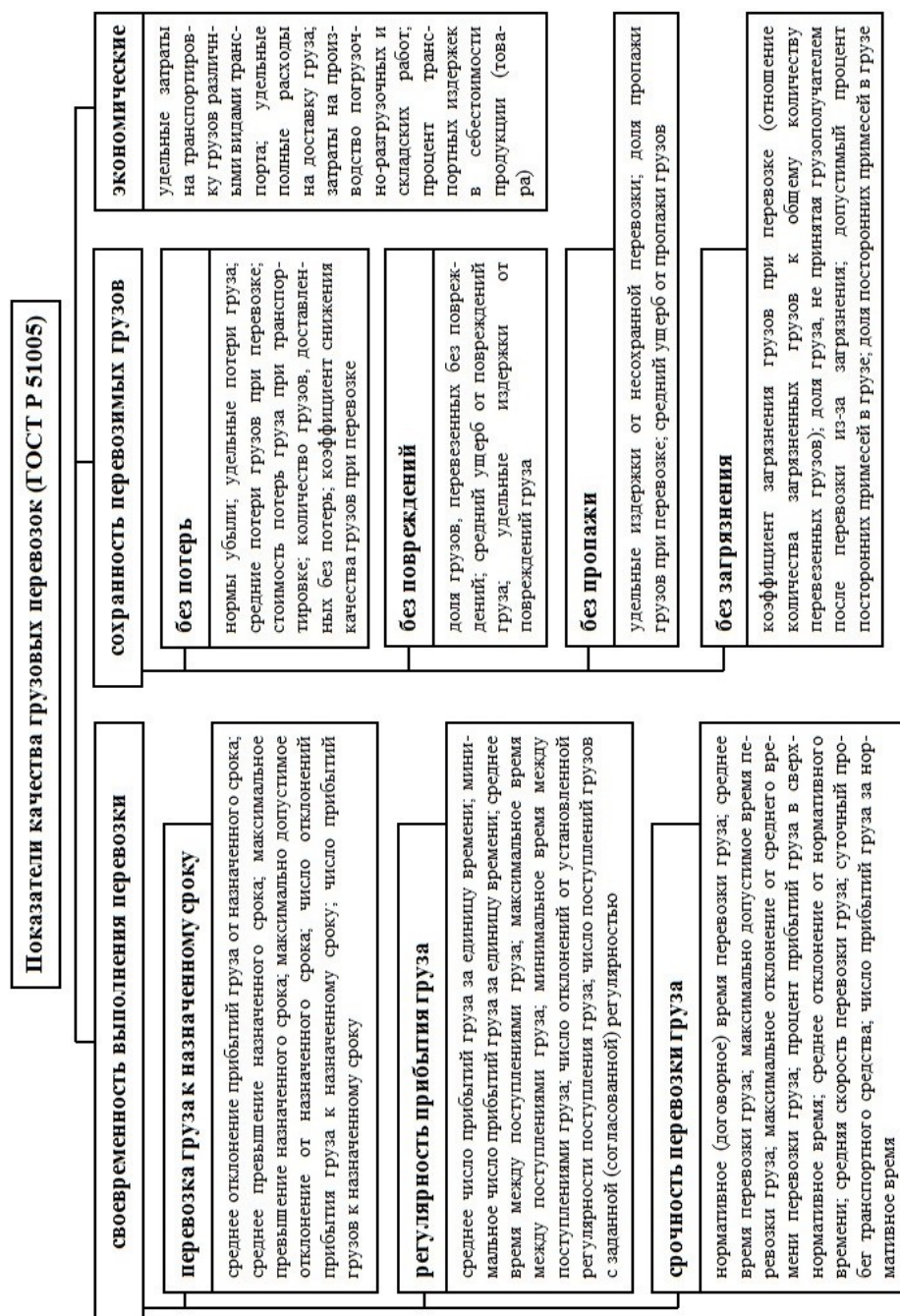


Рис. 2. Номенклатура показателей качества грузовых перевозок по ГОСТ Р 51005

Следует отметить, что действующие отраслевые нормативные документы (правила перевозки грузов, транспортные кодексы и уставы) на всех видах транспорта регламентируют определение сроков доставки, применение норм естественной убыли, а также ответственность за несоблюдение сроков доставки и несохранность груза [10–16], что соответствует ГОСТ Р 51005 и рекомендуемым основным группам показателей, ориентированным на своевременность и сохранность перевозки.

При этом во множестве работ [2–8] справедливо отмечалось, что качество продукции транспорта должно оцениваться с позиций грузовладельцев и народного хозяйства. Однако в период выполнения указанных работ к перевозкам предъявлялись требования только по обеспечению своевременной, сохранной доставки груза при минимальных народнохозяйственных затратах и, как следствие, применялись соответствующие показатели качества.

Тем не менее, сложившиеся общемировые тенденции, изменения в отраслевой нормативной базе, вновь принятые программы развития транспорта страны, увеличение и ужесточение требований клиентуры указывают на необходимость расширения существующей номенклатуры показателей качества.

В проводимых исследованиях стала просматриваться необходимость оценки качества работы транспорта с позиций соблюдения интересов клиентуры, обслуживаемых предприятий, а также с учетом социально-общественной значимости транспорта.

В частности, в работах В.Г. Галабурды, Б.М. Лапидуса, В.А. Персианова [2, 17] указывается, что кроме традиционных требований соблюдения сроков доставки и сохранности грузов важным транспортным качественным показателем является уровень безопасности перевозок. Обращается внимание на то, что в результате некачественного и неполного удовлетворения потребностей в перевозках возникает экономический, социальный и экологический ущерб, включающий в себя не только потери из-за несвоевременности и несохранности доставки грузов, но и потери, связанные с ухудшением условий и безопасности труда, отрицательным воздействием несохранных перевозок на транспортные средства, работников транспорта и окружающую среду.

На железнодорожном транспорте в результате проведенных исследований Н.П. Терешинной, Б.М. Лапидусом, М.Ф. Трихунковым [2] было предложено показатели качества транспортного производства разделить на четыре подсистемы:

- качество работы транспорта и его территориально-производственных подразделений – оценивается простыми и сложными натуральными показателями качества использования подвижного состава;
- качество перевозок (продукции) транспорта – оценивается временем, скоростью доставки грузов и степенью их сохранности;
- качество транспортного обслуживания производства и населения – определяется сопоставлением планового и фактически выполненного объемов перевозок грузов, в результате чего находится уровень удовлетворения потребностей в грузовых перевозках народного хозяйства, его отраслей, объединений и предприятий;
- качество транспортного обеспечения страны и (или) регионов, для характеристики которого используются относительные показатели густоты сети и её перевозочной мощности.

На речном транспорте В.Н. Костров, А.И. Телегин, В.В. Цверов и др. [5, 18–20] подчеркивают, что потребителей с позиций логистики товародвижения и теории транспорта интересуют следующие моменты: своевременная и надежная доставка грузов; готовность поставщиков товаров и транспортных услуг удовлетворить экстренные нужды клиента; бережное обращение с товаром при погрузочно-разгрузочных работах и перевозке; разумные издержки доставки грузов.

Соответственно, основными критериями, используемыми грузоотправителями при оценке видов транспорта и схем доставки, являются: затраты на транспортировку, время перевозки, сохранность груза, частота отправления перевозочного средства,

надежность соблюдения графика, универсальность транспорта, доступность в географическом плане, культура обслуживания.

Особо отмечается, что исходя из необходимости учета государственных требований, целесообразно также использовать критерии экологичности и безопасности.

На автомобильном транспорте значительное внимание обращается на требования своевременности доставки, сохранности груза, приемлемую стоимость транспортных услуг, безопасность перевозок и защиту окружающей среды как основные требования, предъявляемые потребителями к услугам транспорта [21].

В стандартах, регламентирующих деятельность экспедиторов и оказание ими услуг (в том числе по обоснованию, организации и обеспечению доставки груза в интересах и в соответствии с требованиями клиента-грузовладельца), – ГОСТ Р 52298-2004 «Услуги транспортно-экспедиторские. Общие требования» [22] и ГОСТ Р 51133-98 «Экспедиторские услуги на железнодорожном транспорте. Общие требования» [23], среди основных требований к предоставляемым экспедитором услугам можно выделить следующие, имеющие непосредственное отношение к оценке качества транспортно-экспедиторских услуг: комплексность, точность и своевременность исполнения, безопасность, обеспечение сохранности груза, этичность обслуживающего персонала, информативность. На железнодорожном транспорте также дополнительно указаны требования экологичности и эстетичности условий обслуживания.

Применительно к транспортно-логистическим системам в работе [24] указано, что одним из важнейших показателей качества функционирования ТЛС является безопасность, причем речь идет не только об экологической, техногенной, военной безопасности, но и о защите от экономических последствий в работе предприятий или процессов транспортировки.

Исследования белорусских ученых [25, 26] показали, что при выборе вида транспорта в первую очередь принимаются во внимание такие параметры, как надежность соблюдения графика поставки, продолжительность и стоимость доставки, а при оценке надежности логистических схем доставки наиболее важными параметрами являются: своевременность и сохранность грузов; совместимость, характеризующая технологическим, техническим и экономическим взаимодействием; безопасность движения и экологическая; имидж, репутация участников схемы доставки.

Там же приводятся экспертные данные о ранжировании показателей зарубежными грузовладельцами и экспедиторами при выборе логистической схемы доставки (таблица 1).

Таблица 1

Ранжирование показателей выбора перевозчиков за рубежом

Наименование показателя	Ранг	Наименование показателя	Ранг
Надежность соблюдения сроков доставки	1	Квалификация персонала	7
Транспортно-логистические издержки	2	Гибкость логистических схем доставки	8
Общее время доставки «от двери до двери»	3	Процедура заявки (заказа транспортировки)	9
Стабильность предоставления услуг	4	Сервис «на линии» (комплексность)	10
Потери и хищения груза (сохранность груза)	5	Гибкость предоставления услуг	11
Экспедирование отправок (информативность)	6		

Необходимо отметить, что главными по рангу являются показатели, которые, в основном, и применяются на транспорте.

В работе [20] указывается, что показатели экологичности и безопасности в РФ практически не используются, однако анализ зарубежного опыта показывает о проявлении интереса к ним со стороны транспортных организаций, что обусловлено сложившейся в этой области политикой государства. Например, предприятия, обслуживающие перевозки завода компании Heineken Den Bosch в Голландии, отчитываются перед заводом по ряду показателей, в том числе за экологичность и безопасность. В том же источнике приведен пример ранжирования критериев выбора вида транспорта при использовании логистических принципов перевозки «от двери до двери» и «точно в срок» (таблица 2).

Таблица 2

**Ранжирование критериев выбора вида транспорта
с позиций логистической перевозки**

Критерии	Принципы перевозки	Максимальная оценка в баллах
Стоимость перевозки груза	«от двери до двери»	25
	«точно в срок»	25
Заданное время перевозки	«от двери до двери»	20
	«точно в срок»	20
Сохранность груза	«от двери до двери»	15
	«точно в срок»	15
Частота отправления перевозочного средства	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	10
Надежность соблюдения графика	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	10
Универсальность транспорта	«от двери до двери»	10
	«точно в срок»	5
Доступность в географическом плане	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	5
Культура обслуживания	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	3
Экологичность транспорта	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	4
Безопасность транспорта	«от двери до двери»	5
	«точно в срок»	3
Всего	«от двери до двери»	100
	«точно в срок»	100

Критерии по стоимости, времени и сохранности перевозки из ста баллов составляют 70–80, а вместе с экологичностью и безопасностью – 80–87. Следовательно, использование для оценки качества перевозок грузов показателей, соответствующих данным критериям (традиционно используемым на всех видах транспорта и новым, включаемым в соответствии с требованиями современной отраслевой нормативной базы, проводимой государственной политикой и общемировыми тенденциями), позволяет охватывать и учитывать 80–87% требований потребителей транспортных услуг.

Усиление внимания и возникновение дополнительных требований к обеспечению безопасности (в том числе и экологической) в области эксплуатации транспортных средств, терминалов, осуществлению перевозок и перегрузочных работ связаны с принятием законов «О техническом регулировании» и «О транспортной безопасности» [27, 28], технических регламентов по безопасности на различных видах транспорта [29–32] и внесением соответствующих изменений в отраслевые нормативные документы [10, 11].

Также необходимо отметить целевые установки «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [33], принятой в 2008 г. в числе которых:

- обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок на уровне потребностей развития экономики страны;
- повышение уровня безопасности транспортной системы;
- снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду;
- конкурентный уровень удельных транспортных издержек в конечной цене продукции;
- повышение коммерческой скорости и ритмичности продвижения партий товаров и др.

Транспортной стратегией отмечена необходимость стимулирования поэтапного повышения качества транспортных услуг, повышения конкурентоспособности перевозчиков при заданных уровнях безопасности и экологичности транспорта. Предусмотрено усиление внимания государства к экологическим факторам и подчеркивается, что поддержание низкой доли транспортных издержек в стоимости продукции при соблюдении жестких норм по экологии и безопасности является одной из мировых тенденций в развитии транспорта. Обозначена необходимость определения параметров и стандартов качества, развития нормативно-правовой базы в сфере оказания транспортных услуг (безопасность, экологичность, качество транспортных услуг), роста объема мультимодальных (смешанных) перевозок с участием внутреннего водного транспорта (ВВТ).

В принятой в 2016 г. «Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года» [34] среди основных целей развития внутреннего водного транспорта РФ также указаны повышение качества и доступности услуг для грузовладельцев, безопасности и экологичности ВВТ.

Планируется обеспечение транспортной безопасности, снижение объемов выбросов вредных веществ, стимулирование организаций ВВТ к внедрению систем экологического менеджмента [35]. Для повышения безопасности, экологичности и энергоэффективности перевозок на ВВТ необходима разработка программы модернизации инфраструктуры ВВТ по снижению ее негативного воздействия на окружающую среду, обеспечение экологической безопасности при эксплуатации флота. Одной из основных задач повышения доступности и качества услуг ВВТ является создание условий для переключения грузопотоков с перегруженных участков автомобильных дорог на ВВТ.

Список литературы:

- [1] ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения». М.: Стандартиформ, 2009. – 22 с.
- [2] Экономика железнодорожного транспорта : учебник для вузов ж.д. транспорта / под ред. Н.П. Терешинной, Б.М. Лapidуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006. – 801 с.
- [3] Брухис, Г.Е. Коммерческая эксплуатация морского транспорта : учебник / Г.Е. Брухис, Н.А. Лушан. – М.: Транспорт, 1985. – 264 с.
- [4] Панибратец, Н.А. Управление качеством продукции морского транспорта / Н.А. Панибратец. – М.: Транспорт, 1984. – 135 с.

- [5] Управление качеством продукции и перевозок грузов : учебное пособие / В.Н. Костров, А.И. Телегин [и др.]. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2011. – 448 с.
- [6] Бучин, Е.Д. Показатели оценки качества перевозки грузов речным транспортом : учебное пособие. – Горький: ГИИВТ, 1977. – 51 с.
- [7] Справочник эксплуатационника речного транспорта // Под ред. С.М. Пьяных. – М.: Транспорт, 1995. – 360 с.
- [8] Винников В.В. Логистика на водном транспорте / В.В. Винников, Е.Д. Быкова, С.В. Винников. – Одесса: Феникс, 2004. – 222 с.
- [9] ГОСТ Р 51005-96 «Услуги транспортные. Грузовые перевозки. Номенклатура показателей качества». М.: Издательство стандартов, 1997. – 12 с.
- [10] Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации. Федеральный закон №24-ФЗ от 7 марта 2001г. (ред. от 03.07.2016) / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [11] Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации. Федеральный закон №81-ФЗ от 30 апреля 1991 г. (ред. от 03.07.2016) / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [12] Правила перевозок грузов автомобильным транспортом. Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 №272 (ред. от 03.12.2015). М.: Правительство РФ, 2015. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
- [13] Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Приказы МПС №19, 22, 23, 25, 27, 30, 31, 33 от 17-18.06.2003. – М.: МПС, 2003. Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
- [14] Правила перевозок грузов (речной транспорт), ч. I. – Н. Новгород: ТОО «Фора», 1994. – 285 с.
- [15] Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта. Федеральный закон №259-ФЗ от 08 ноября 2007 (ред. от 03.07.2016) / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [16] Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. Федеральный закон №18-ФЗ от 10 января 2003 г. (ред. от 03.07.2016) / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [17] Единая транспортная система: учеб. для вузов / В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин и др.; под ред. В. Г. Галабурды. 2-е изд. с измен. и дополн. – М.: Транспорт, 2001. – 303 с.
- [18] Костров, В.Н. Транспортная логистика : учебное пособие / В.В. Костров, В.В. Цверов. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 224 с.
- [19] Костров, В.Н. Транспортная экспедиция: методики определения технологии и логистических схем доставки грузов : учебно-методическое пособие / В.В. Костров, А.И. Телегин, А.О. Ничипорук. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2008. – 60 с.
- [20] Транспортное экспедирование : учебное пособие / В.Н., Костров, А.И. Телегин [и др.]. – Изд. 2-е, с доп. и изм. – Н.Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 400с.
- [21] Туревский, И.С. Экономика отрасли (автомобильный транспорт) : учебник / И.С. Туревский. – М.: ИД «ФОРУМ»; ИНФРА-М, 2011. – 288 с.
- [22] ГОСТ Р 52298–2004. Услуги транспортно-экспедиторские. Общие требования. Введ. 01.03.2005. – М.: Стандартинформ, 2005. – 7 с.
- [23] ГОСТ Р 51133–1998. Экспедиторские услуги на железнодорожном транспорте. Введ. 01.02.1998. – М.: Издательство стандартов, 1998. – 11 с.
- [24] Миротин, Л.Б. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 704 с.
- [25] Еловой, И.А. Логистика : учебно-методическое пособие / И.А. Еловой. 2-е изд., перераб. и доп. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 165 с.
- [26] Еловой, И.А. Формирование транспортно-логистической системы Республики Беларусь : учебно-методическое пособие / И.А. Еловой, А.А. Евсюк, В.В. Ясинский. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 155 с.
- [27] О техническом регулировании. Федеральный закон РФ от 27.12.2002 №184-ФЗ (ред. 01.09.2013). / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [28] О транспортной безопасности. Федеральный закон №16-ФЗ от 09 февраля 2007 г. (ред. от 06.07.2016) / Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
- [29] Технический регламент о безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта (ТР ТС 003/2011, ред. от 14.06.2016). – М.: ЕЭК, 2016. – 52 с.
- [30] Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств (ТР ТС 018/2011, ред. от 15.07.2013, изм. от 09.12. 2014). – М.: ЕЭК, 2014. – 465 с.
- [31] Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта (ред. от 30.04.2015). – М.: Правительство РФ, 2015. – 190 с.

- [32] Технический регламент о безопасности объектов морского транспорта (ред. 26.03.2014). – М.: Правительство РФ, 2014. – 159 с.
- [33] Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (ред. от 11.06.2014 г.). – М.: Правительство РФ, 2014. Режим доступа: <http://mintrans.ru>.
- [34] Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 327-р от 29.02.2016 г.). – М.: Правительство РФ, 2016. – 77 с.
- [35] Силифонова Е.В.. Роль исследователей в инновационном развитии социально-экономических систем // Иннов: электронный научный журнал, 2016. №4 (29). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/rol-issledovateley-v-innovatsionnom/>

EXPERIENCE AND PROBLEMS OF CREATION OF TRANSPORT AND LOGISTIC SYSTEMS OF CARGO DELIVERY

A.O. Nichiporouk

Keywords: *freight transportation, quality indicators.*

The structure and elements of logistic systems, experience and features of their creation on transport are considered. The concept is formulated and the structural composition is offered, tasks and the directions of researches in the field of development of methodical quality assurance and efficiency of functioning of transport and logistic systems are designated.

Статья поступила в редакцию 10.03.2017 г.

УДК 656.078:004.051

Ю.И. Платов, д.т.н, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: *информационные технологии, повышение эффективности работы флота, экономическая эффективность, затраты, результаты, совокупная стоимость владения*

В статье обсуждается проблема слабого внедрения в практику работы судоходных компаний аналитических информационных технологий, оптимизирующих производственные процессы и нацеленных на повышение эффективности судоходных предприятий, излагаются некоторые инновационные методические подходы к оценке эффективности использования информационных технологий на речном транспорте.

В XXI веке информационные технологии (ИТ) являются не только неотъемлемой составляющей современного общества, но и определяют его дальнейшее научно-техническое, экономическое и социальное развитие. Без применения новейших методов и средств сбора, обработки и передачи информации невозможно решение вопро-

сов в сферах экономики, обороны, национальной безопасности, науки, образования, здравоохранения, социального обеспечения и др. [1].

В отрасли же речного транспорта, несмотря на огромный прогресс в области вычислительных средств и средств передачи информации, уровень разработки и использования ИТ не соответствует современным условиям, снижает эффективность и конкурентоспособность речных перевозок грузов. Это не относится к применению в той или иной степени универсальных ИТ, таких, как *транзакционных* (автоматизация функций учёта и контроля) и *коммуникационных* (обеспечивают связь элементов производственного процесса посредством сети Интернет, спутниковых систем навигации ГЛОНАСС и GPS, спутниковых и сотовых систем передачи данных). В данном случае речь идет о так называемых *аналитических* ИТ, которые оптимизируют производственные процессы, являются уникальными для отрасли и нацелены непосредственно на повышение эффективности судоходных предприятий.

По мнению авторов статьи, всю профессиональную деятельность посвятивших разработке и внедрению отраслевых ИТ, одной из причин слабого внедрения аналитических ИТ в практику управления речным транспортом, а, следовательно, и сдерживающим фактором повышения эффективности управления, является проблема отсутствия экономической обоснованности их использования, а, следовательно, и их недооценка. Эта недооценка является, в том числе, следствием недостаточного профессионализма так называемых топ-менеджеров, которые оценивают денежные потоки без оценки их эффективности. В настоящее время мы не можем привести примеры повышения эффективности управления работой флота и перевозками за счет применения аналитических ИТ, в отличие от советского прошлого, хотя возможности этого направления большие.

Обобщение и изложение некоторых методических подходов к оценке ИТ в данной статье будет содействовать их применению в практике управления работой флота и повышению конкурентности речных перевозок грузов.

Все разнообразие подходов к оценке ИТ, известных в литературе и интернет-источниках [2,3,4,5,6], по нашему мнению, можно свести к двум укрупненным и распространённым подходам.

При первом подходе (во многих случаях) оценка производится только затратами, поскольку их можно рассчитать с той или иной степенью точности. В основном это относится к универсальным ИТ. При этом предполагается, что они как-то косвенно влияют на выручку, улучшая бизнес-процессы, конкурентоспособность и так далее, повышая тем самым гудвилл (имидж) предприятия, то есть, повышая рыночную стоимость предприятия. Но напрямую посчитать их вклад каким-либо способом не представляется возможным. Поэтому для таких проектов определяется совокупная стоимость владения, в которую включаются затраты на приобретение, установку, настройку (единовременные затраты) и расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, программного обеспечения, обработкой информации (эксплуатационные расходы). Все затраты и расходы суммируются за весь жизненный цикл и должны дисконтироваться [7]. Однако, в любом случае этот показатель дает величину стоимости, но не показывает эффективность проектов ИТ. В лучшем случае он помогает выбрать проект, наилучший по наименьшим затратам, если имеются альтернативные.

Во втором подходе эффективность ИТ оценивается соотношением затрат и результатов проекта. Под результатами понимается эффект или доход (экономия), который достигается при внедрении и последующей эксплуатации технологии.

Определение результата, то есть, доходной части представляет собой крайне сложную проблему. Гипотетически для этого нужно экспериментально вести две деятельности: с внедренными ИТ и без них, что возможно только в отдельных случаях. Главная трудность здесь заключается в том, что такие технологии не непосредственно, а опосредованно воздействуют на конечные финансово-экономические результаты деятельности организации.

Однако во многих случаях на практике, исходя из конкретного варианта ИТ, возможно определить результат использования прямо и непосредственно [2,8]. Этот результат легче определить количественно при наличии разработанных технологических регламентов, методик, стандартов, нормативов операций, инструкций, аналогов применения информационных технологий. Сюда же можно отнести и управленческие эффекты. К ним относятся показатели высвобождения (разгрузки) сотрудников от выполнения рутинных операций, ускорение подготовки отчетов и увеличение их достоверности, оптимизация организационной структуры и другие, полученные от внедрения ИТ. Эти факторы могут проявляться отдельно или совместно. При этом результаты должны определяться за весь жизненный цикл (прогнозный период) действия технологии и дисконтироваться.

С учетом изложенного, нами предлагаются два направления оценки результатов использования ИТ, отражающие некоторые факторы проявления эффективности применительно к речному транспорту и связанные с оптимизацией ресурсов и экономией времени (к которой, как известно, ведет любая экономия).

Оптимизация ресурсов транспортного процесса сводится к выбору рациональных типов судов, расстановке их по участкам работы, увеличению производительности флота, снижению расходов на топливо и смазку и другим направлениям оптимизации. Во всех случаях результат может быть определен следующим образом:

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} (\partial_{cp} (Q_t^n - Q^o) + (s^o - s_t^n) Q_t^n) \alpha_t, \quad (1)$$

где P_T – результат по отдельному направлению деятельности в течение прогнозного периода T за счет применения методов оптимизации, тыс. руб.;

t, t_n, t_k – соответственно, текущий, начальный и конечный годы прогнозного периода;

∂_{cp} – средняя доходная ставка по отдельному виду деятельности (например, за перевозку одной тонны груза) или выручка от продажи одной единицы продукции или оказания услуг, руб. за определенную ед. измерения;

Q_t^n, Q^o – объём работ или услуг, соответственно, после и до внедрения ИТ в каждом прогножном году, в определенных тыс. ед. измерения;

s^o, s_t^n – средняя себестоимость одной единицы работ или услуг по прямым затратам (зависящим от объема работ), соответственно, до и после внедрения ИТ в каждом прогножном году, руб. на определенную ед. измерения;

α_t – коэффициент дисконтирования, доли ед.:

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

где d – норма дисконта, доли ед.

Объём работ (услуг) и себестоимость после внедрения ИТ по каждому прогнозируемому году определяются по выражениям:

$$Q_t^n = Q^o J_q, \quad (2)$$

$$s_t^n = \frac{R^o J_s}{Q_t^n}, \quad (3)$$

где J_q, J_s – индексы, соответственно, увеличения объема работ или услуг и уменьшения эксплуатационных расходов после внедрения ИТ, доли ед.;

R^o – прямые расходы (зависящие от объема выполненных работ) до внедрения ИТ,

тыс. руб.

Индексы могут быть определены на основе модельных и натурных испытаний. В случае модельных испытаний они находятся на основе адекватного контрольного примера исходных данных для решения конкретной задачи. Задача решается в двух вариантах: без оптимизации и с оптимизацией, а индексы находятся как отношение результатов по тому или иному показателю. Натурные испытания предполагают использование фактических эффектов, полученных на практике в результате применения соответствующих моделей. При этом индексы рассчитываются исходя из наиболее вероятных (достижимых) эффектов. Так, экономия расходов от оптимизации рейсового планирования и нормирования, рассчитанная независимой организацией, может превосходить 8% и доходить до 15% [8].

Если определение результата оптимизации осуществляется только по одному параметру, например, экономии натурального расхода топлива и смазки, то эффект может быть рассчитан по выражению:

$$P_T = J_9 \cdot \sum_{t_n}^{t_k} (I_t G_t^0 C) \alpha_t, \quad (4)$$

где P_T – результат оптимизации расхода топлива и смазки в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

G_t^0 – расход топлива в базовом году до внедрения ИТ, тыс. т;

I_t – индекс изменения натурального расхода топлива в каждом году в зависимости от планируемой транспортной работы;

C – цена топлива в базовом году (в текущих ценах), руб.;

J_9 – индекс изменения (экономии) натурального расхода топлива в каждом году в связи с использованием ИТ.

Кроме оптимизации ресурсов транспортного процесса, экономия может быть достигнута за счет совершенствования управления, в том числе – экономии управленческого труда, сокращения оборотных средств.

Экономия управленческого труда достигается сокращением времени обработки различных видов управленческой информации, используемой в различных структурных производственных подразделениях, управленческих и других органах, и может быть рассчитана по выражению:

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} ((t_t^0 - t_t^n) T_c O_q) \alpha_t, \quad (5)$$

где P_T – результат экономии управленческого труда за прогнозный период, тыс. руб.;

T – длительность прогнозного (планируемого) периода (жизненного цикла) использования ИТ, лет;

t_t^0, t_t^n – затраты времени на выполнение операций обработки информации, соответственно, до и после внедрения ИТ, ч;

T_c – планируемое число дней в каждом году, связанных с обработкой информации, дн.;

O_q – среднечасовая заработная плата оператора, занятого на обработке информации, с премиальными и всеми начислениями на заработную плату в соответствии с действующим законодательством, тыс. руб.

Источниками эффективности использования ИТ могут быть и другие направления. Одним из важных направлений для транспорта является сокращение времени хранения грузов на складах, сокращение оборотных средств при перевозке грузов. Экономия оборотных средств для разных условий применения ИТ может быть рассчитана, например, по выражениям (6,7,8,9):

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} ((Q_3 C_3 (1 + k_p)^{\frac{\Delta t_c}{365}}) \alpha_t, \quad (6)$$

где P_T – результат экономии оборотных средств за счет сокращения времени хранения запасов материалов и готовой продукции на складах в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

Q_3 – объем запасов материалов, сырья, готовой продукции и так далее на складах хранения, необходимый для обеспечения производства с учетом страховых запасов, шт. (т, др. ед. измерения);

k_p – годовая кредитная ставка, принятая для расчетного года, доли ед.;

Δt_c – сокращение затрат времени на хранение продукции, сырья, материалов, на перевозку грузов и так далее, после внедрения ИТ, дн.;

C_3 – цена единицы соответствующего запаса, тыс. руб.

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} ((\Delta Q_3 C_3) \alpha_t, \quad (7)$$

где P_T – результат экономии оборотных средств за счет сокращения величины самих запасов, в целом грузов при их транспортировке и хранении на складах в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

ΔQ_3 – объем сокращения запасов материалов, сырья, готовой продукции на складах хранения, необходимых для обеспечения производства с учетом страховых запасов, и при транспортировке, шт. (т, др. ед. измерения).

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} ((p_c \Delta t_u) \alpha_t, \quad (8)$$

где P_T – результат экономии оборотных средств за счет сокращения продолжительности производственного цикла в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

p_c – плановые среднесуточные расходы на производство продукции, определяемые по нормативам или смете расходов, тыс. руб./сут.;

Δt_u – суммарное сокращение средней продолжительности производственного цикла в течение года, сут.

$$P_T = \sum_{t_n}^{t_k} ((\frac{D_t^i}{365})(T_o - T_n) \alpha_t, \quad (9)$$

где P_T – результат экономии оборотного капитала (средств) за счет сокращения средней продолжительности одного денежного оборота по отдельному i -му направлению деятельности в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

D_t^i – прогнозируемые доходы от i -го вида деятельности или выручка от продажи продукции в каждом t -м прогнозном году, тыс. руб.;

T_o, T_n – время средней продолжительности одного оборота, соответственно, до и после внедрения ИТ, дн.

Определение затратной части ИТ не вызывает особых затруднений. Она существенно зависит от типа ИТ, их доступности и цены на рынке, возможности использования типовой или собственной уникальной разработки и многих других факторов. Эти затраты делятся на единовременные затраты и расходы на эксплуатацию за весь жизненный цикл использования ИТ.

К основным направлениям единовременных затрат относятся следующие:

- стоимость приобретения и поддержки оборудования и программного обеспечения (ПО), необходимого для работы системы в требуемом режиме;
- стоимость разработки технического проекта (включая разработку технического задания, эскизного проекта и так далее в зависимости от типа ИТ);
- стоимость разработки рабочего проекта (программного обеспечения) и его поддержка поставщиком;
- стоимость внедрения ПО, которая включает в себя весь цикл создания продукта.

Единовременные (капитальные) затраты по комплексу технических и программных средств определяются по выражению:

$$Z_T = \sum_{t_n}^{t_k} \left(\sum_i^n K_{it} + \sum_j^m P_{jt} \right) \alpha_t, \quad (10)$$

где Z_T – единовременные затраты на использование ИТ, необходимые как в начальный период, так и вкладываемые в процессе эксплуатации в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

K_{it} – стоимость i -го оборудования (вычислительной техники, средств связи и так далее), приобретаемого как в начальный период, так и в процессе эксплуатации в t -м году в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

P_{jt} – единовременные затраты на разработку или приобретение j -го вида обеспечения в t -м году (технического задания, технического и рабочего проектов, отдельно программного и информационного обеспечения и так далее в зависимости от специфики ИТ), тыс. руб.

Если предполагается использование существующего оборудования, то первое слагаемое в выражении (10) будет отсутствовать.

В случае отсутствия на рынке или разработки уникального договорного ПО определение единовременных затрат осуществляется по формулам, приведенным в [4].

В зависимости от типа проекта, условий эксплуатации и многих других факторов в состав эксплуатационных расходов могут входить следующие статьи: амортизация технических средств и ПО; заработная плата специалистов, дополнительно возникающая в связи с эксплуатацией ИТ; отчисления на социальное страхование; расходы на потребление электроэнергии; расходы на ремонт оборудования; другие прочие не упомянутые расходы, возникающие применительно к конкретной ИТ (например, расходы на аренду или содержание помещений, расходы на материалы и так далее), накладные расходы (не более 15%).

Отдельные статьи расходов, которые затруднительно определить прямо и непосредственно, можно определить, исходя из рекомендаций, приведенных в [2], которые, по нашему мнению, не устарели до настоящего времени.

В целом эксплуатационные расходы за жизненный цикл ИТ определяются по выражению:

$$C_T = \sum_{t_n}^{t_k} \left(\sum_i^k c_{it} \right) \alpha_t, \quad (11)$$

где C_T – эксплуатационные расходы на использование ИТ в течение прогнозного периода, тыс. руб.;

c_{it} – эксплуатационные расходы на использование ИТ по i -й статье по каждому t -му году прогнозного периода, тыс. руб.

Годовые амортизационные расходы по оборудованию c_{at}^o и ПО c_{at}^n рассчитываются соответственно по выражениям, тыс. руб.:

$$c_{at}^o = \frac{\sum_i^n K_{it}}{T_{cp}^o}, \quad c_{at}^n = \frac{\sum_j^m P_{jt}}{T_{cp}^n}, \quad (12)$$

где T_{cp}^o – средняя нормативная продолжительность эксплуатации технических средств, лет;

T_{cp}^n – средняя нормативная продолжительность эксплуатации ПО (если ПО покупное и лицензионное и взято на баланс предприятия), лет.

Если для эксплуатации ИТ возникает необходимость вводить новые штатные единицы, в том числе и для обслуживания технических средств, то это должно быть обосновано. Необходимость в дополнительных специалистах может возникнуть в случае увеличения обрабатываемой информации, занятостью специалистов на решении новых задач и так далее. Это также может быть увеличение частичной занятости существующих специалистов.

В этом случае годовые расходы на увеличение фонда заработной платы $c_{\phi t}$ рассчитываются по выражению, тыс. руб.:

$$c_{\phi t} = nm\Phi_m H_3 (1 + \Psi), \quad (13)$$

где n – число дополнительных специалистов, необходимых для эксплуатации и обслуживания ИТ, чел.;

m – число месяцев в году, в которых эксплуатируется ИТ, мес. (например, только в навигационный период);

Φ_m – месячный фонд заработной платы одного специалиста, тыс. руб./мес.;

H_3 – коэффициент, учитывающий отчисления на отпуска, социальные нужды, премиальные, командировочные и прочие расходы, ед.;

Ψ – коэффициент, учитывающий другие расходы, связанные с эксплуатацией ПО (затраты на сопровождение, доработку в процессе эксплуатации и так далее), доли ед.

Годовые расходы на потребление электроэнергии $c_{эt}$ определяются по выражению, тыс. руб.:

$$c_{эt} = 24 N_3 T_p u_3 \beta 10^{-3}, \quad (14)$$

где N_3 – мощность используемых технических средств, кВт;

T_p – среднее число рабочих дней в году, дн.;

u_3 – стоимость электроэнергии, руб./кВт-час;

β – коэффициент, учитывающий долю электроэнергии, относящейся к данной ИТ, доли ед.

Кроме отмеченных выше, могут возникать прочие расходы, которые определяются разными методами в зависимости от их специфики. К таким расходам относятся расходы, связанные, например, с передачей информации на суда и с судов. Такие расходы зависят от характера используемой транзакционной технологии. Некоторые транзакционные ИТ оплачиваются предприятием в форме абонентской платы или

входят в стоимость технических средств, (не зависят от трафика и объемов информации) и поэтому эти расходы не учитываются вовсе либо опосредованно учитываются в распределяемых расходах. Если расходы зависят от трафика, например, при использовании «ИНМАРСАТ», то они определяются по выражению:

$$c_{nut} = I u_i 10^{-3}, \quad (15)$$

где c_{nut} – годовые расходы, связанные с передачей информации в результате использования ИТ, тыс. руб.;

I – годовой объем информации, число символов (можно легко рассчитать по числу объектов, например, судов и ежедневным стандартным порциям передаваемых данных);

u_i – стоимость передачи одного символа, руб./символ.

По результатам и затратам определяются показатели эффективности ИТ: совокупная стоимость владения, экономический эффект от использования, срок окупаемости единовременных затрат и другие показатели [5,6,7]. На основе известных методик определения показателей эффективности инвестиционных проектов [7], нами предлагается упрощенная методика определения этих показателей, учитывающая специфику ИТ.

Дисконтированная совокупная стоимость владения CCB_d определяется по выражению, тыс. руб.:

$$CCB_d = 3_T + C_T. \quad (16)$$

Экономический эффект от использования ИТ $\mathcal{E}_T$ определяется по выражению, тыс. руб.:

$$\mathcal{E}_T = (P_T - C_T - I_T)(1 - H_{np}) - 3_T + A_T^o + A_T^n, \quad (17)$$

где I_T – налог на имущество за прогнозный период, тыс. руб.;

H_{np} – налог на прибыль, доли ед.;

A_T^o, A_T^n – амортизационные расходы по оборудованию и ПО соответственно за прогнозный период, тыс. руб.

Налог на имущество за прогнозный период в среднем рассчитывается по выражению:

$$I_T = \left(\left(\sum_i^n K_{it} - \frac{i}{T_{cp}^o} \left(\frac{T_{cp}^o}{2} - 0,5 \right) \right) H_u \right) A(T_{cp}^o), \quad (18)$$

где H_u – ставка налога на имущество, доли ед.;

$A(T_{cp}^o)$ – единичный аннуитет, рассчитанный исходя из средней продолжительности эксплуатации технических средств, доли ед.:

$$A(T_{cp}^o) = \left(\frac{1 - (1 + d)^{-T_{cp}^o}}{d} \right). \quad (19)$$

Величины амортизации A_T^o, A_T^n упрощенно рассчитываются по выражениям:

$$A_T^o = c_{at}^o A(T_{cp}^o), \quad A_T^n = c_{at}^n A(T_{cp}^n), \quad (20)$$

где $A(T_{cp}^n)$ – единичный аннуитет, рассчитанный исходя из средней продолжительности

сти использования ПО, доли ед., рассчитывается аналогично $A(T_{cp}^o)$.

Сроки окупаемости недисконтированный $T_{ок}^n$ и дисконтированный $T_{ок}^d$ определяются соответственно по выражениям, лет:

$$T_{ок}^n = \frac{3_t}{(P_t - C_t - I_t^o)(1 - H_{np}) + c_{at}^o + c_{at}^n}, T_{ок}^d = \frac{\ln(1)}{\ln(2)}, \quad (21)$$

где t – означает, что соответствующие величины являются среднегодовыми;

I_t^o – среднегодовой налог на имущество, тыс. руб. (считается по формуле (18) без умножения на единичный аннуитет);

$$\ln(1) = \frac{(P_t - C_t - I_t^o)(1 - H_{np}) + c_{at}^o + c_{at}^n}{((P_t - C_t - I_t^o)(1 - H_{np}) + c_{at}^o + c_{at}^n) - d3_t}, \ln(2) = (1 + d). \quad (22)$$

Актуальность изложенных подходов по определению эффективности ИТ и особенно их обсуждение, на наш взгляд, будет содействовать не только правильной их оценке, но и расширению их использования на практике.

На современном этапе оценка ИТ должна быть правилом, а не исключением. Более того, тенденция такова, что затраты на ИТ не списываются, как деньги, израсходованные в результате научно-исследовательской деятельности, а учитываются во вновь созданных продуктах (объектах интеллектуальной собственности), то есть, считаются, как инвестиции [1].

Изложенные нами подходы не есть истина в последней инстанции, но, по-нашему мнению, могут служить отправной точкой дальнейшего совершенствования методов оценки эффективности ИТ на речном транспорте.

Список литературы:

- [1] Роговский Е.А. Информационное общество (экономика и политика). – М.: Международные отношения, 2008. – 400 с.
- [2] Модин А.А. и др. Справочник разработчика АСУ. – М.: Экономика, 1978. – 583 с.
- [3] Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями (АСУП). – М.: Статистика, 1977. – 264 с.
- [4] Макконнелл С. Сколько стоит программный проект. – М.: «Русская редакция», СПб.: Питер. 2007. – 207 с.
- [5] Деверадж С., Кохли Р. Окупаемость ИТ: измерение отдачи от инвестиций в информационные технологии. – М.: Новый изд. дом, 2005. – 178 с.
- [6] Принципы оценки эффективности информационных технологий. Published by IT-Value.RU project leading team: Pavel Alferov, Vladimir Ananiin, Konstantin Zimin, Kirill Skripkin. – Интернет ресурс: <http://it-value.postach.io/link/printsipy-otsenki-effektivnosti-informatsionnykh-tekhnologii>
- [7] Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: учеб. пособие / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2002. – 888 с.
- [8] Платов А.Ю., Платов Ю.И. Эффективность оптимизирующих методов при оперативном планировании работы флота. Вестник ВГАВТ / Н. Новгород, № 37, 2013. – с. 109–112.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON INLAND SHIPPING

J.I. Platov, M.V. Nikulina

Keywords: *information technology, increase of efficiency of inland shipping, operative costs, total cost of ownership*

The article discusses the problem of weak introduction of analytical information technologies in the practice of shipping companies, which optimize production processes and aimed at increasing the efficiency of shipping enterprises, outlines some innovative methodological approaches to assessing the efficiency of information technology at inland shipping.

Статья поступила в редакцию 15.03.2017 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.

КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСТАВКИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ СТАНДАРТНОГО РЕЧНОГО ПЕСКА, ДОБЫВАЕМОГО И ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ВОЛЖСКИМИ ПОРТАМИ

Ключевые слова: *грузовые перевозки, речной транспорт, нерудные строительные материалы.*

Рассмотрены основные этапы подготовки к добыче и добычи нерудных строительных материалов на речном транспорте, сформулирована схема, учитывающая добычу и получение материалов, соответствующих ТУ-212 и ГОСТ 8736. Предложены аналитические модели поставки нерудных строительных материалов с учетом требуемого потребителями качества, структуры поставляемых стандартных песка и гравия.

Речные порты, добывающие на внутренних водных путях Российской Федерации и транспортирующие потребителям речной песок, не обеспечивают многообразные запросы строительных предприятий по его качественному составу, что, соответственно, отрицательно сказывается на качестве выпускаемой продукции и строительных работ. Так, к примеру, наиболее отрицательное влияние на свойства бетона оказывают заполнители, не отвечающие требованиям государственных стандартов по гранулометрическому составу и наличию засоряющих примесей [1]. Доказано, что на каждый процент запыленности (наличия пылевидных и глинистых частиц) расход цемента возрастает от 1 до 1,5%. Применение стандартных нерудных заполнителей позволяет снизить расход дорогостоящего цемента в бетоне до 15% и в то же время повысить качество строительных изделий [2].

Фактически, речные порты до сих пор добывают и поставляют речные пески по отраслевым ТУ-212 бывшего Департамента речного транспорта Минтранса, которого, во-первых, уже нет больше 26 лет, во-вторых, требования этих технических условий значительно ниже требований действующих государственных стандартов [3].

ТУ-212 по большинству показателей уступают требованиям государственных стандартов, поэтому фактическое повышение качества добываемого речного песка может быть обеспечено путем комплексного подхода к решению этой проблемы – от улучшения геологоразведки до внедрения технических средств обогащения и фракционирования данных природных материалов.

Авторами в монографии [4] выяснено и доказано, что, в частности, добываемые волжскими речными портами пески не соответствуют основополагающим требованиям ГОСТ 8736, которые в общем виде сводятся к следующим [1]:

а) песок должен быть определенного минерально-петрографического состава, включающего содержание вредных примесей, в том числе серу, сульфаты, слюды, уголь, апатиты и др.;

б) поверхность зерен песка должна быть классифицирована по генетическому типу пород и их форме;

в) песок должен поставляться по зерновому составу и модулю крупности определенных фракций – мелкий, очень мелкий, средней крупности и крупный, что характеризуется модулем крупности и полным остатком на сите №063 (при лабораторных исследованиях);

г) допускаются определенные примеси в песке в зависимости от его вида:

– природный песок мелкий и очень мелкий: пылевидных и глинистых частиц – 5%, гравия (зерен свыше 5 и 10 мм) – 10%;

– обогащенный песок мелкий: пылевидных и глинистых частиц – 3%, гравия (зерен свыше 5 и 10 мм) – 5%;

– природный песок средний, повышенной крупности и крупный: пылевидных и глинистых частиц – 3%, гравия (зерен свыше 5 и 10 мм) – 10%;

– обогащенный песок средний, повышенной крупности и крупный: пылевидных и глинистых частиц – 2%, гравия (зерен свыше 5 и 10 мм) – 5%;

д) песок не должен содержать органические примеси, хотя они имеются во всех добываемых речных песках, допускаются ТУ-212, к примеру, в песках волжских портов – до 0,5% [3].

Требования по пунктам «а» и «б» должны обеспечиваться за счет проведения изыскательных работ, в которые входят геодезические, топографические, промерные, гидрологические, геологические и другие регламентированные их виды [4].

Технические задания на дополнительные геологоразведочные работы в русле реки должны предварительно согласовываться с государственными администрациями водных бассейнов, органами санитарного, рыбного и транспортного надзора и контроля, а на пойменных месторождениях – с землепользователями и местными органами власти.

Геологоразведочные работы на судоходных реках для поиска месторождений песка обычно выполняют за пределами судоходных путей, ширина которых определяется положениями буев и бакенов, а при их отсутствии непосредственно на участке – обычно на наибольшей ширине судового хода или на смежных участках, за пределами этих знаков [5].

Перед началом разработки поверхность русловой части месторождения должна быть очищена от глин, суглинков, мелких песков и других некондиционных пород. Весь вскрышной грунт на разрабатываемой площади, лес и кустарник, камни и валуны должны быть удалены на незатапливаемые участки до наступления паводка.

Выдача специального разрешения (лицензии) на право пользования недрами с целью добычи нерудных материалов (НСМ) осуществляется после оформления горного, земельного отвода и разработки технологической схемы (проекта) освоения месторождения полезного ископаемого. Заключаемое при этом лицензионное соглашение включает в себя следующие обязательные положения: срок действия лицензии, начала и окончания работ; условия, связанные с охраной недр; условия, связанные с охраной окружающей среды; согласованный уровень добычи минерального сырья, а также соглашение о его долевом распределении; соглашение о правах на геологическую информацию, получаемую в процессе пользования недрами; объемы и виды сбрасываемых в недра отходов производства и промышленных сточных вод; соглашение о способах измерения объемов добычи полезного ископаемого; соглашение о предоставлении ежегодных отчетов о добыче НСМ; условия выполнения установленного законодательства РФ (стандартов, норм, правил), определяющего требования по охране недр и окружающей природной среды, безопасного ведения горных работ; условия продления действия выданной лицензии на природопользование.

В общем виде схема подготовки и разработки конкретного месторождения для получения заданного объема и качества речного песка и других НСМ представлена на рис. 1.

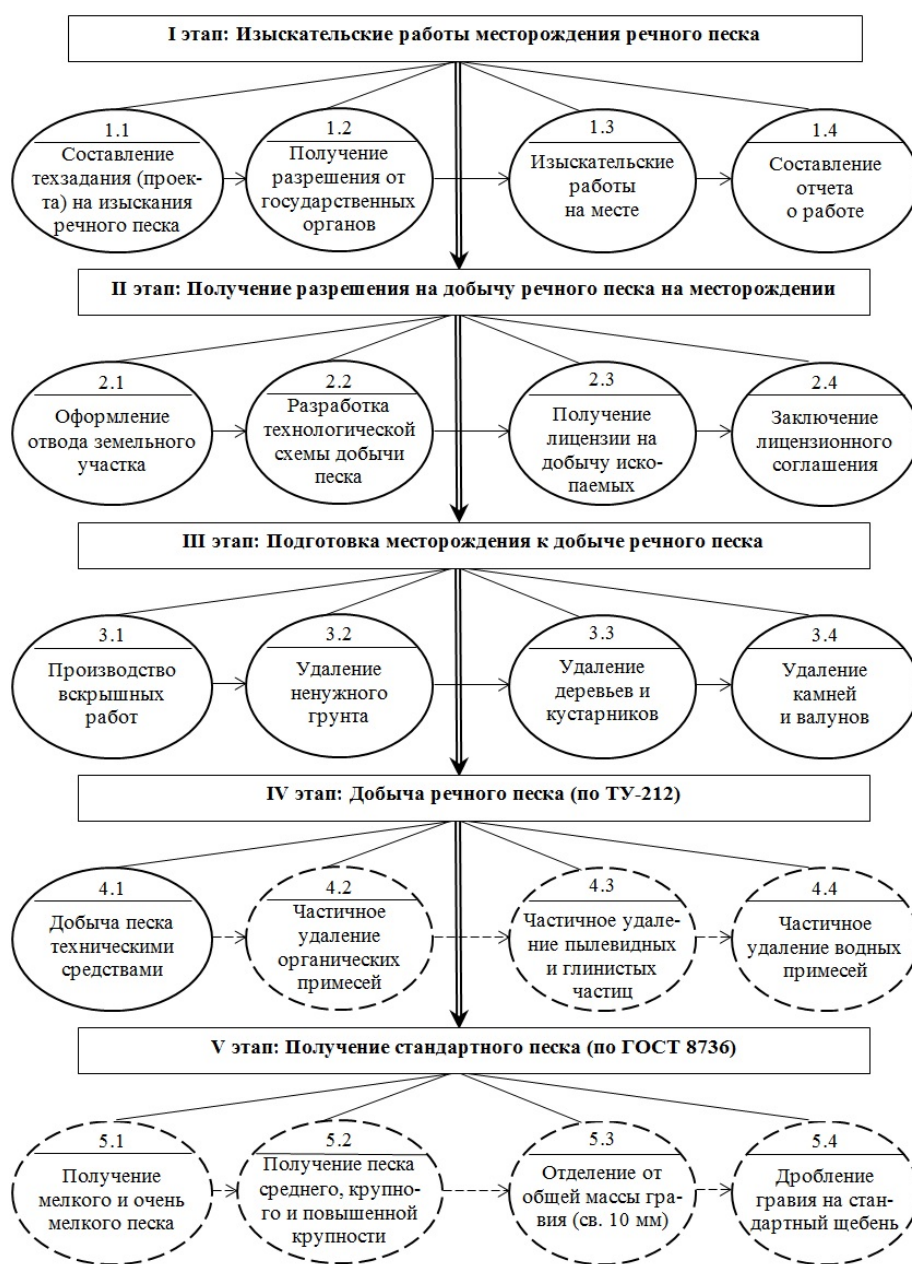


Рис. 1. Схема подготовки к добыче и добычи речного песка на месторождении

Как видно из приведенной схемы (рис. 1), первые три этапа подготовки к добыче месторождения обязательно должны проводиться независимо от того, будет потом добыча речного песка по ТУ-212 или требованиям государственных стандартов (на схеме это - сплошные линии).

На четвертом этапе во всех волжских портах осуществляется обязательный этап 4.1 (сплошная линия), т.е. добыча песка, по сути - грунта, техническими средствами –

земледобывающими снарядами. Если добыча производится из-под воды, со дна водоема, по ТУ-212 выполняется определенное обогащение песка – частичное удаление органических примесей (4.2), пылевидных и глинистых частиц (4.3), вредных примесей (сульфатных и сульфидных соединений – 4.4). Операции 4.2, 4.3 и 4.4 показаны пунктирными линиями, поскольку они выполняются в процессе выемки речного песка из ложа месторождения и обычно погрузки его в несамоходные суда (баржи-площадки и бункеры). При удалении ненужных частиц и вредных примесей речной песок обогащается, но, тем не менее, не становится полностью соответствующим стандартным требованиям, в частности, ГОСТ 8736. Однако, как указано выше, стандартный речной песок допускает наличие в нем определенного количества пылевидных и глинистых частиц, но должны приниматься все технические и технологические меры, чтобы полностью исключить органические и вредные примеси (сульфатные и сульфидные соединения).

На схеме показан пятый этап – получение стандартного песка по ГОСТ 8736, включающий необходимость выполнения для этого минимально четырех операций: отделение от массы песка гравия (размеры частиц свыше 10 мм) – операция 5.3; дробление гравия на мелкие частицы и получение щебня гравийного – операция 5.4; разделение оставшейся массы песка путем просеивания на соответствующих ситах на два стандартных вида – песок мелкий и очень мелкий – операция 5.1, и песок средний, крупный и повышенной крупности – операция 5.2. Все четыре операции (5.1–5.4) показаны пунктиром, поскольку они в настоящее время портами полностью не выполняются.

Основным техническим средством добычи песка в волжских портах является плавучий земснаряд, представляющий собой специальное судно, предназначенное для разработки и извлечения грунта со дна водоема, подъема его над уровнем воды и транспортирования на место отвала или погрузки в транспортное средство [5].

Есть специальные землесосы, оборудованные для сгущения пульпы (механической смеси грунта с водой), обогащения и классификации НСМ при помощи различных аппаратов гидравлического и механического принципа действия, предназначенных для отделения мелких, нетоварных частиц, а также разделения на фракции заданной крупности. Однако они применяются в речных портах обычно для добычи песчано-гравийной смеси (по ТУ-212), а также получения гравия по этим техническим условиям – путем удаления мелких фракций песка и нетоварных примесей.

Когда применяется плавучий кран для добычи песка в портах, данный процесс осуществляется гораздо проще, чем земснарядами, – путем выгрузки содержимого грунта из грейфера в стоящее у борта несамоходное судно. При этом обогащение песка вымыванием органических примесей, пылевидных и глинистых частиц, а также вредных примесей производится в меньшей степени, чем использование земснарядов для таких целей.

В случае прямой загрузки песка землесосами в бункерные баржи и суда-площадки некоторое увеличение модуля крупности достигается в результате частичного отмывания глины и органических примесей от зерен песка в процессе движения в потоке пульпы по трубопроводу и через грунтовый насос, а также в бурном вихревом движении поступающей в судно гидросмеси. Мелкие частицы при этом в значительной мере удаляются с вытекающей водой из судна.

Для загрузки в суда безвозвального песка применяются в некоторых портах установки глубокого сгущения пульпы (УГСП), схема которых показана на рис. 2 [4]. Пульпа от грунтового насоса поступает в гидроциклон, расположенный в верхней части установки. Крупные частицы грунта отжимаются в начальной стадии движения пульпы, вследствие трения о поверхность теряют свою скорость и опускаются под своей тяжестью в нижнюю часть установки – грунтосорбник. Вода и мельчайшие частицы грунта из центральной части гидроциклона выходят по сливному трубопроводу, где поставлена задвижка, с помощью которой можно регулировать давление внут-

ри аппарата. Накопившийся в грунтоборнике песок выжимается этим давлением через регулируемую заслонку по погрузочной трубе. Слой песка, поддерживаемый в грунтоборнике, а также песок, заполняющий по всей длине погрузочную трубу, препятствуют фильтрации воды, поэтому на выходе из трубы песок имеет относительно небольшую влажность (30–35%). Для устранения возникающих закупорок погрузочной трубы песком предусмотрено специальное сопло, через которое при необходимости подают напорную воду.

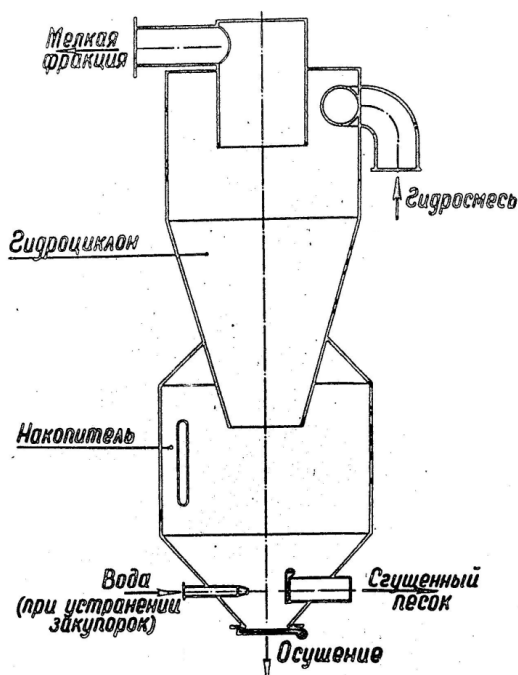


Рис. 2. Установка глубокого сгущения пульпы

Для отделения от песка мелких фракций и для сгущения пульпы, кроме УГСП, применяются также гидроциклоны различной конструкции.

Отделение от песка мусора, органических примесей, ила и нежелательных частиц гравия достигается с помощью безнапорных конических или дуговых гидрогрохотов. В эти аппараты гидросмесь подается по касательной к криволинейным решетчатым поверхностям, на которых осуществляется разделение материала по крупности.

Обогатительные аппараты применяют на землесосных снарядах для отделения от добываемого песка пылевидных, илистых, органических и глинистых частиц, а также мелких его фракций и сгущения пульпы. Обогащение песка производится в аппаратах центробежного типа, имеющих горизонтальную ось вращения. В результате отмыва мелких фракций песка и различных примесей на обогатительных аппаратах обеспечивается повышение модуля крупности и улучшение качества песка.

Для погрузки качественного песка в суда требуется оснащение земснаряда дополнительными средствами. В низкобортные бункерные суда песок может подаваться из-под виброгрохота самотеком в виде гидросмеси. Для погрузки в суда общего назначения требуется грунтонасосная установка с УГСП. Для этой же цели применяется норийная обезвоживающая установка с погрузочным лотком или транспортером. Удаление мельчайших частиц песка и других веществ в отвал возможно по плавучему грунтопроводу, с применением грунтонасосной установки, смонтированной непосредственно на земснаряде или на отдельном понтоне.

Полное сочетание рабочих устройств земснаряда, обогащительного оборудования, средств погрузки песка в суда и средств удаления нетоварных фракций грунта определяется технологией добычи, обогащения, погрузки-выгрузки, а также перевозки. В зависимости от состава исходного грунта, условий и глубины его залегания, условий доставки к местам назначения, особых требований поставки получателю, обуславливаемых договором перевозки и поставки, может использоваться то или иное техническое оборудование и технологические схемы добычи песка и его транспортирования.

При этом, как правило, должно обеспечиваться наиболее полное комплексное использование извлекаемого со дна материала, для чего, прежде всего, необходимо отделять полностью на месте нежелательные вещества – органические примеси, ил, сульфатные и сульфидные отложения. Следует также стремиться убрать в максимальной степени пылевидные и глинистые частицы.

Таким образом, в судно должен загружаться добываемый песок любых фракций (очень мелкий, мелкий, средний, крупный и повышенной крупности), доставляться и выгружаться на специализированный причал порта. Порт может приобрести специальные технические установки, имеющие внутри сита соответствующих размеров, и осуществлять разделение песка на два стандартных вида: мелкий и очень мелкий песок (операция 5.1 на рис. 1) и средний, крупный и повышенной крупности песок (операция 5.2 на рис. 1).

Отделение гравия частиц размерами св. 10 мм из состава добываемого речного песка может осуществляться двумя способами. Это применяемый в некоторых портах способ удаления гравия из движущейся пульпы, пропуская её через сита размером 10 мм, и удаляя гравий по специальному лотку в судно, стоящее у борта земснаряда (у другого борта земснаряда стоит судно, в него поступает песок, от которого отделен гравий). Затем судно с гравием доставляется на причал порта, выгружается на склад и гравий реализуется потребителю с учетом рыночной цены. Если этот способ удаления гравия из песка при его добыче не применяется, то можно его извлекать из речного песка непосредственно на причале порта (операция 5.3 на рис. 1). В том и другом случае целесообразнее гравий дробить на стандартные фракции щебня, получать щебень гравийный, который весьма дорого стоит на рынке нерудных строительных материалов.

Пятый этап на рис. 1 – получение стандартного песка (по ГОСТ 8736), можно представить аналитическими моделями.

Речные порты могут поставлять речной песок и щебень гравийный стандартных характеристик, удовлетворяя потребности получателей, повышая свою конкурентоспособность на рынке стройматериалов и, соответственно, доходы от этой деятельности.

Качество поставки данных стройматериалов зависит от целого ряда факторов: исходного качества добываемого песка, изменяющегося в процессе извлечения из грунта, обогащения, перегрузки, перевозки с учетом применения различных технических средств и способов выполнения технологических операций. Это можно выразить следующей аналитической моделью

$$K_{PP}^{INT} = f[K_{PP_i}^{MD} \cdot (1 \pm K_{PP_j}) \cdot (1 \pm K_{PP_{\gamma}}) \cdot (1 \pm K_{PP_{\alpha}}) \cdot (1 \pm K_{PP_{\delta}})], \quad (1)$$

где K_{PP}^{INT} – возможное интегральное качество поставки речного песка потребителям;

$K_{PP_i}^{MD}$ – исходное качество речного песка, добываемого портом в i -ом карьере (месторождении);

K_{PP_j} – изменение (улучшение или ухудшение) качества речного песка в результате применения j -го способа добычи речного песка из грунта (месторождения);

$K_{P\Pi_\gamma}$ – изменение качества речного песка в результате применения γ -го способа его обогащения;

$K_{P\Pi_\alpha}$ – изменение качества речного песка в результате удаления из него органических примесей, пылевидных и глинистых частиц;

$K_{P\Pi_\delta}$ – изменение качества речного песка в результате δ -го способа транспортирования (погрузки в судно, перевозки, выгрузки и складирования в порту).

Следовательно, качество речного песка может улучшаться или ухудшаться с момента добычи из месторождения до выгрузки на причал, вплоть до выдачи получателю.

Для получения речного песка, отвечающего требованиям потребителей по определенным характеристикам, могут быть составлены конкретные математические модели и алгоритмы их реализации. Для этого необходимо:

– изучить потребительские свойства речного песка, который добывается или может быть добыт с i -го карьера;

– определить затраты порта и соответственно рыночную стоимость речного песка с учетом поставки его с требуемым качеством ($K_{P\Pi}^{ИИПТ}$);

– правильно определить сегмент рынка сбыта речного песка с i -го карьера с $K_{P\Pi}^{ИИПТ}$ качеством и соответствующей стоимостью для обеспечения его полной и рентабельной реализации.

Для обеспечения поставки стандартного речного песка (по ГОСТ 8736), на рис. 1 это пятый этап, необходимо провести мероприятия, которые могут быть представлены определенными вариантами, математическими моделями и алгоритмами их решения.

Первый проектный вариант

На территории порта разворачиваются соответствующие технические средства, с помощью которых добытый речной песок разделяется на три вида (см. рис. 1):

операция 5.1 – получение мелкого и очень мелкого песка (модуль крупности от 1,0 до 2,0);

операция 5.2 – получение песка среднего, крупного и повышенной крупности (модуль крупности от 2,0 до 3,5);

операция 5.3 – отделение гравия (частиц св. 10 мм) от основной массы речного песка.

Тогда модель разделения партии песка на указанные выше составляющие может быть выражена как

$$G_{P\Pi_i} = G_{P\Pi_i}^M + G_{P\Pi_i}^{CK} + G_{P\Pi_i}^{ГР} = 0,01 \cdot (m_1 G_{P\Pi_i} + m_2 G_{P\Pi_i} + m_3 G_{P\Pi_i}), \quad (2)$$

где $G_{P\Pi_i}$ – масса речного песка, добытого из i -го карьера, выгруженного на склад порта, подвергнутого разделения на две стандартные фракции песка (мелкий и крупный) и гравий, т;

$G_{P\Pi_i}^M$ – масса мелкого песка после отделения его от общей массы, т;

$G_{P\Pi_i}^{CK}$ – масса среднего и крупного песка после отделения его от общей массы, т;

$G_{P\Pi_i}^{ГР}$ – масса гравия после отделения его от общей массы, т;

m_1, m_2, m_3 – процентное содержание в общей массе речного песка соответственно мелких, крупных фракций и гравия, в общей сумме составляющее сто процентов.

Второй проектный вариант

Отделенный от общей массы речного песка гравий дробится на стандартные фракции щебня гравийного (5–20, 20–40 мм и др.), в соответствии с потребностями рынка строительных нерудных материалов большой прочности.

Модель получения щебня гравийного нужных стандартных фракций может быть выражена как

$$G_{P\Pi_i}^{GP} = G_{\Pi_1} + G_{\Pi_2} + \dots + G_{\Pi_j} + \dots + G_{\Pi_n} =$$

$$= 0,01 \cdot (m_{\Pi_1} G_{P\Pi_i}^{GP} + m_{\Pi_2} G_{P\Pi_i}^{GP} + \dots + m_{\Pi_j} G_{P\Pi_i}^{GP} + \dots + m_{\Pi_n} G_{P\Pi_i}^{GP}), \quad (3)$$

где $G_{\Pi_1}, G_{\Pi_2}, G_{\Pi_j}, G_{\Pi_n}$ – соответственно масса полученного в результате дробления и пропускания через сита разных диаметров стандартного щебня гравийного (фракциями 5–20, 20–40 мм и др.), т;

$m_{\Pi_1}, m_{\Pi_2}, m_{\Pi_j}, m_{\Pi_n}$ – соответственно доля (в процентах) щебня гравийного определенных стандартных фракций в общей массе гравия, прошедшего дробление и разделение на фракции, в сумме составляющие сто процентов;

Общая аналитическая модель структуры поставляемых стандартных речного песка и щебня гравийного (этап V по рис. 1) будет иметь вид

$$G_{P\Pi_i} = G_{P\Pi_i}^M + G_{P\Pi_i}^{CK} + G_{\Pi_1} + G_{\Pi_2} + \dots + G_{\Pi_j} + \dots + G_{\Pi_n} = 0,01 \cdot (m_1 G_{P\Pi_i} +$$

$$+ m_2 G_{P\Pi_i}) + 0,01 \cdot (m_{\Pi_1} G_{P\Pi_i}^{GP} + m_{\Pi_2} G_{P\Pi_i}^{GP} + \dots + m_{\Pi_j} G_{P\Pi_i}^{GP} + \dots + m_{\Pi_n} G_{P\Pi_i}^{GP}). \quad (4)$$

Выбор того или иного варианта получения стандартного HCM (в данном случае стандартного речного песка и щебня гравийного) должны рассматриваться с расчетом экономической эффективности применяемых для этого организационно-технических мероприятий, с учетом конкретных условий, мест и способов добычи, обогащения песка, дробления и сортировки гравия с обязательной рентабельной реализацией их на рынке сбыта. Стандартный нерудный материал на рынке сбыта стоит на 30–40% выше, чем просто добытый из карьера, по сути, грунт.

Список литературы:

- [1] ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.
- [2] СНиП 5.01.23-83. Типовые нормы расхода цемента для приготовления берков сборных и монолитных, бетонных, железобетонных изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1985. – 44 с.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Ильин Н.И. Руслонная добыча и перевозка нерудных строительных материалов / Н.И. Ильин. – М.: Транспорт, 1987. – 232 с.

THE CONCEPT OF ENSURING DELIVERY TO CONSUMERS OF THE STANDARD RIVER SAND EXTRACTED AND TRANSPORTED BY THE VOLGA PORTS

A.I. Telegin, E.V. Frolova

Keywords: *freight transportation, river transport, nonmetallic construction materials.*

The main stages of preparation for production and production of nonmetallic building materials on river transport are considered, the scheme considering production and receipt of materials, the corresponding TU-212 and GOST 8736 is formulated. Analytical delivery patterns of nonmetallic building materials taking into account the quality required by consumers, structures of the delivered standard sand and gravel are offered.

Статья поступила в редакцию 18.04.2017 г.

УДК 656.62.064

В.В. Цверов, д.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

В.В. Сахарова, ведущий менеджер, ООО «Исследования и проекты»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЗАКАЗАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова. *Управление заказами, логистический процесс, гибкость, срок выполнения заказа, сетевая цепь выполнения заказов.*

В статье рассмотрена возможность применения подходов, используемых в гибких производственных системах, для управления заказами в проектно-строительных организациях. Выявлены факторы отклоняющих воздействий при управлении заказами и предложен инструмент обеспечения соблюдения плановых сроков.

Одним из основных требований, предъявляемых к управлению заказами при проектно-строительных работах, заключается в обеспечении устойчивости выполнения обязательств по заказу при наличии различных внешних и внутренних отклоняющих воздействий.

Факторами внешних отклоняющих воздействий при управлении заказами в проектно-строительных организациях могут быть:

- обновление ассортимента заказов;
- наличие конструктивных модификаций, влекущих необходимость корректировки логистических процессов выполнения заказов;
- изменение размеров заказов;
- нарушение ритмичности материально-технического обеспечения;
- срочные заказы;
- увеличение продолжительности логистических операций, выполняемых сторонними организациями, по сравнению с договорной их величиной;
- не выполнение обязательств сторонними организациями, участвующими в процессе;
- неблагоприятные погодные условия и стихийные бедствия;

- форс-мажорные обстоятельства, связанные с политическими рисками и др.
- Факторы внутренних отклонений в логистическом процессе:
- сбой и выход из строя основного и вспомогательного оборудования;
- брак;
- невыход на работу исполнителей;
- недостаточная квалификация производственного персонала;
- несоблюдение технологической и производственной дисциплины и т. д.

Количество отклонений растет с увеличением номенклатуры заказов, уменьшением размеров заказов, увеличением обновления ассортимента.

О важности рассматриваемой проблемы говорит то, что в современных условиях от 40 до 60% рабочего времени менеджеры тратят на устранение нарушений [1, 2].

При массовом производстве предприятия для решения аналогичных проблем переходят к организации гибких производственных систем. Гибкая производственная система представляет собой совокупность: оборудования с числовым программным управлением, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования, систем обеспечения функционирования гибких переналаживаемых систем в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени.[4] Определенный инструментарий также наработан применительно к созданию и управлению гибкими цепями поставок [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В чистом виде данный подход при управлении заказами в области проектно-строительной деятельности не применим. Но, по мнению авторов, часть наработанных инструментов обеспечению гибкости при управлении производственными системами и поставками может быть адаптирована применительно к управлению заказами в рассматриваемой области деятельности.

С учетом сказанного предлагается гибкое управление заказами в проектно-строительных организациях реализовывать через разработку стандартов предприятия по гибкому выполнению заказов в рамках гибких систем выполнения заказов.

Предлагаемый научно-методический подход к обеспечению гибкости процесса выполнения заказов в проектно-строительных организациях с целью обеспечению стабильности выполнения обязательств перед заказчиком включает:

- алгоритм создания гибких систем выполнения заказов (ГСВЗ);
- определение видов гибкости, которые могут быть использованы при выполнении заказов в проектно-строительных организациях;
- сетевую (многовариантную) цепь выполнения заказа.

При управлении заказами могут использоваться следующие виды гибкости систем:

- гибкость оборудования – отражает длительность и стоимость перехода на выполнение очередного вида логистических операций в пределах закрепленного за ГСВЗ ассортимента;
- ассортиментная гибкость – отражает способность ГСВЗ к обновлению ассортимента заказов. Ее основными характеристиками являются сроки и стоимость подготовки к выполнению новых разновидностей заказов;
- технологическая гибкость – отражает способность ГСВЗ использовать различные варианты технологического процесса для сглаживания возможных отклонений от предварительно разработанного графика выполнения заказов;
- гибкость объемов – проявляется в способности ГСВЗ рационально выполнять заказы в условиях динамичности их размеров.

Технологическую гибкость предлагается реализовывать через сетевые (многовариантные) цепи выполнения заказов. Это новый инструмент обеспечения выполнения заказов в срок, оговоренный в договоре, представляющая собой цепь выполнения заказа (ЦВЗ), дополненную альтернативными ЦВЗ и альтернативными вариантами выполнения логистических операций в звеньях ЦВЗ. Они необходимы для распределения перегрузок, которые возникают в отдельных звеньях ЦВЗ из-за раз-

личных сбоев (поломок оборудования, невыхода работников, невыполнения обязательств партнерами, форс-мажора). Перераспределение ресурсов оборудования может осуществляться путем: выполнения отдельных логистических операций другими исполнителям логистических операций (ИЛО) того же вида; передачи логистических операций на ИЛО другого вида, в результате чего полностью или частично меняются маршруты продвижения материальных, финансовых и информационных потоков; изменения алгоритма выполнения логистических операций без изменения используемых ИЛО.

Выбор варианта ЦВЗ и переход с одного варианта на другой в процессе управления заказами должен осуществляться центром управления на основе анализа поступающей информации о текущем состоянии выполнения заказов, для количественной оценки которого необходима разработка соответствующего целям программного обеспечения. При этом система должна обеспечить ритмичность и последовательность выполнения заказов в соответствии с заданными приоритетами. Как следствие ГСВЗ должна разрабатываться под удовлетворение потребностей и стратегии конкретного предприятия. Поэтому она специализируется и по технологическому назначению, и по спектру задач.

В ГСВЗ важное значение отводится координации работы ИЛО, которая включает: синхронизацию алгоритма выполняемых действий; согласование работы параллельно функционирующих ИЛО с целью недопущения сбоев и аварийных ситуаций; определение очередности обслуживания заявок и определение последовательности выполнения логистических операций в соответствии с планом. При этом центр управления должен стремиться обеспечить устойчивость логистических процессов при любых внешних и внутренних случайных отклонениях.

Управление потоковыми процессами при проектно-строительной деятельности предлагается осуществлять путем разработки и реализации сетевых цепей выполнения заказов. Они особенно целесообразны в ГСВЗ широким ассортиментом заказов. Данные системы должны располагать несколькими видами ИЛО с частично совпадающими технологическими возможностями.

В процессе управления заказами при выборе ЦВЗ руководствуются целью выравнивания загрузки ИЛО в пределах планового объема за определенный временной период. Целесообразно разработать несколько вариантов ЦВЗ, описание которых с четко определенными логистическими параметрами должно храниться в банке данных стандарта предприятия на управление заказами. Это обеспечит ГСВЗ возможность оперативного маневра имеющимися ресурсами. Наиболее наглядным и удобным для анализа является представление сетевой цепи выполнения заказов в виде ориентированного ациклического графа (сети), в котором каждая вершина соответствует определенному ИЛО.

Последовательность действий по созданию ГСВЗ приведена на рис. 1.

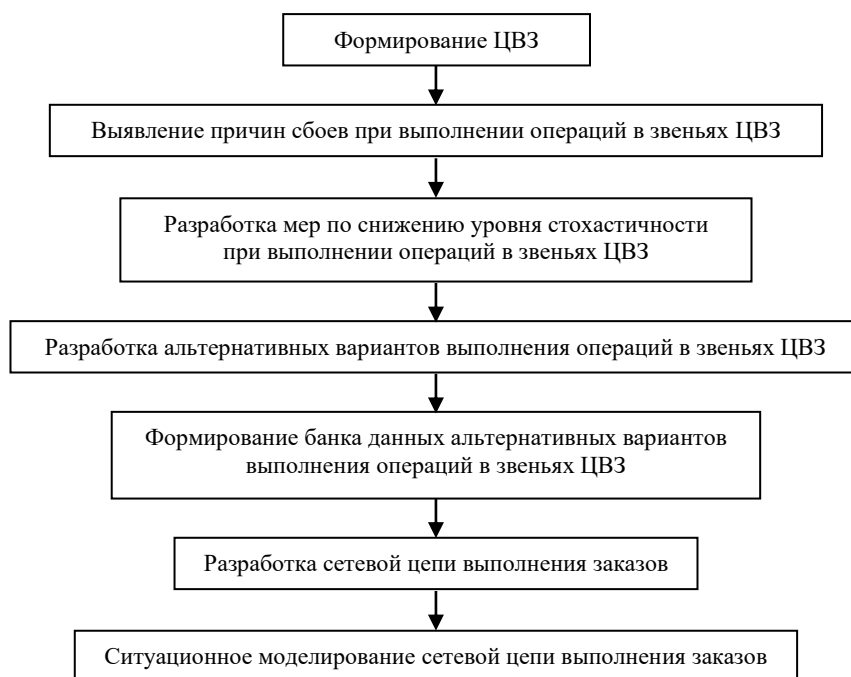


Рис. 1. Алгоритм создания ГСВЗ

Пример использования сетевых цепей выполнения заказов

В качестве примера использования инструментов гибкого управления заказами на рис. 2. приведена, разработанная авторами сетевая цепь выполнения заказов «Управления заказами на строительство объектов берегоукрепления» для проектно-строительной организации ЗАО «ПИРС», которая занимается проектированием и строительством гидросооружений на водном транспорте.

Название операций и их исполнители в соответствии с обозначениями на рис. 2 приведены в таблице.

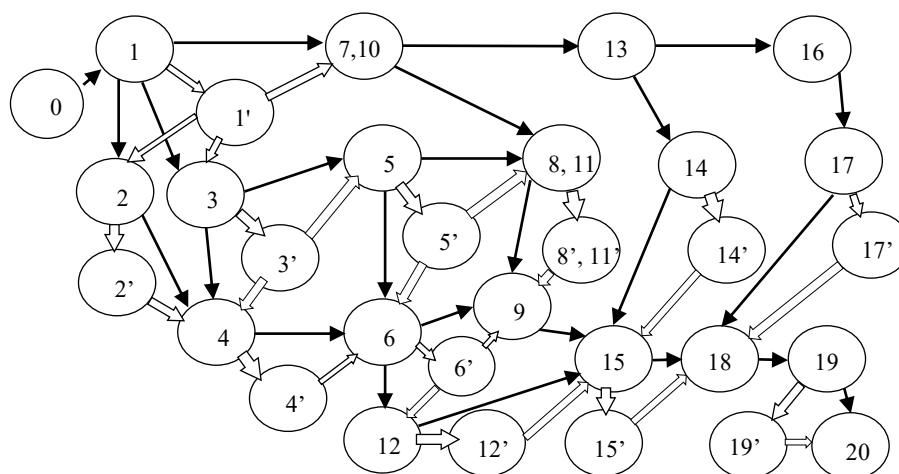


Рис.2. Представление сетевой цепи выполнения заказов «Управления заказами на строительство объектов берегоукрепления» в виде ориентированного ациклического графа (сети)

Таблица

Фрагмент базы данных альтернативных вариантов выполнения операций в сетевой цепи выполнения заказов

Номер в сетевой цепи выполнения заказов и название операции	Исполнитель в базовой ЦВЗ	Альтернативный исполнитель	Способ обеспечения альтернативного варианта исполнения
1 – подготовка территории	экскаватор ЭО 4124 А, фронтальный погрузчик ПК-33-01-00	экскаватор JCB 220, фронтальный погрузчик XG 931 H	аренда у ООО «Прогресс» и ООО «Спец-техника»
2 – разработка грунта и устройство лидерной траншеи	экскаватор ЭО 4124 А	экскаватор JCB 220	аренда у ООО «Прогресс»
3 – завоз шпунта на объект, погружение шпунта, доставка анкерных устройств, доставка устройств обратных фильтров, установка обратных фильтров	судно пр. 81109	судно пр. 81218	покупка судна с меньшей осадкой (вместо судна пр. 81109 с осадкой 1,6-1,88 м приобретение судна пр. 81218 с осадкой 1,1-1,57 м)
4 – установка анкерных устройств	гусеничный кран ДЭК 251	гусеничный кран МКГ-25БР	аренда у ООО «Вита Транс»

На рис. 2 базовый вариант ЦВП отражается тонкими линиями между операциями. Альтернативные варианты исполнения операций обозначены одинаковым с базовым вариантом номером с пометкой «'».

Как видно из рис. 2, альтернативные варианты выполнения имеют 13 из 20 операций логистического процесса. Это те операции, по которым при анализе процесса были выявлены возможности сбоев их выполнения.

Разработанные альтернативные варианты позволяют в случаях сбоев (на пример поломки) без задержек в процессе выполнения заказа на время ремонта использовать альтернативный вариант (например аренду соответствующей техники) из банка данных по альтернативным вариантам выполнения операций, не затрачивая время на поиск компаний, которые имеют необходимое оборудование по приемлемым ценам. Так ЗАО «ПИРС» в случае поломки собственного экскаватор ЭО 4124А при выполнении операции «разработка грунта и устройство лидерной траншеи» возьмет в аренду экскаватор JCB 220 у компании ООО «ПРОГРЕСС».

При эксплуатации сетевых цепей выполнения заказов необходимо выделять случаи, когда варианты технологии экономически равноценны, и ситуации, когда более разумно выделить базовый и обходные (альтернативные) варианты ЦВЗ. В реальных условиях применение альтернативных вариантов ЦВЗ является естественным средством для обеспечения ритмичного выполнения плана и заказов.

При каждом конкретном заказе условия его известны, поэтому подходящие альтернативные варианты ЦВЗ можно брать из банка данных, созданного в рамках разработки стандарта предприятия на управление заказами.

Для сложной структуры в процессе управления заказами целесообразно сначала строить графическую интерпретацию цепей из выполнения. При их наличии с соответствующим аналитическим описанием в программном обеспечении системы управления оперативная информация автоматически преобразуется в матричное представление, что позволяет оптимизировать процессы управления в кратчайшее время и при минимальных затратах.

Авторами было проведено моделирование хода процесса выполнения заказов на строительство объектов берегоукрепления (с учетом действия внешних и внутренних

факторов отклоняющих воздействий на ход выполнения заказа) в рамках разработанной ГСВЗ «Управления заказами на строительство объектов берегоукрепления» (на основе банка данных альтернативных вариантов ЦВЗ и логистических операций в звеньях ЦВЗ). Оно показало, что после внедрения ГСВЗ срок выполнения заказа за счет сокращения простоев уменьшается с 12 месяцев до пяти (на семь месяцев), доходы компании растут на 25%, прибыль компании возрастает на 23 %..

Выводы:

– в проектно-строительных организациях обеспечение надежности выполнения обязательств по заказам при наличии различных внешних и внутренних отклоняющих воздействий возможно через создание и использование ГСВЗ (гибких систем выполнения заказов);

– при управлении заказами в проектно-строительных организациях могут эффективно применяться сетевые цепи выполнения заказов.

Список литературы:

- [1] Иванов Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2009. – 660 с.
- [2] Иванов Д.А. Модель динамического структурно-функционального синтеза гибких цепей поставок на основе ключевых компетенций/ Д. Иванов, Б. Соколов, Й. Кешель // Логистика и управления цепями поставок, №2 (25), 2008, С. 39–52.
- [3] Иванов Д.А. Гибкое формирование цепей поставок на основе виртуального структурно-функционального резерва / Д. Иванов, Т. Тайх// Логистика и управления цепями поставок, №2 (25), 2008, С. 64–71.
- [4] Семенов А.И. Логистика. Основы теории: учебник / А.И. Семенов, В.И. Сергеев. – СПб.: Союз, 2001. – 544 с.
- [5] Цверов В.В. Обеспечение гибкости процессов доставки при поставках продукции/ В.В. Цверов Е.В. Пономарев // Вестник СамГУПС. – 2015. – № 3 (29). – с. 104–109.
- [6] Цверов В.В. / В.В. Цверов, В.В. Запонова, Е.В. Пономарев // Международный научно-промышленный форум «Великие реки» 2015 г. «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Интернет журнал широкой научной тематики. Выпуск 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: http://вф-река-море.рф/2015/v2015_sek06.htm

THE ENSURING THE RELIABILITY OF FULFILMENT THE LIABILITY IN ORDER MANAGEMENT IN ORGANIZATION

V.V. Tsverov, V.V. Saharova

Keywords: order management, logistics process, flexibility, period order fulfilment of order.

This article considers the possibility of applying the methods used in flexible manufacturing systems to managing order in design and construction organizations. There have been revealed the factors of divergent influences in order management and the proposed a tool for ensuring observation of the deadlines

Статья поступила в редакцию 27.06.2017 г.

Раздел VII

**Эксплуатация водного транспорта,
судовождение
и безопасность судоходства**



Section VII

***Operation of water transport, navigation
and safety of navigation***

УДК 656. 62.052

П.Н. Токарев, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ НА КОРПУСЕ СУДНА ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ ПЛОСКОМ ДВИЖЕНИИ

Ключевые слова: корпус судна, углы дрейфа, радиус кривизны, позиционные и демпфирующие гидродинамические коэффициенты, метод определения.

В работе выполнен анализ существующих исследований по определению гидродинамических усилий на корпусе маневрирующего судна. Показано, что к настоящему времени отсутствует метод, позволяющий вести расчет гидродинамических усилий на корпусе судна при произвольном плоском движении. На основании анализа и выполненных исследований разработан метод, позволяющий вести расчет указанных усилий во всем диапазоне изменения углов дрейфа и радиуса поворота центра масс судна включая вращение на месте.

Целью исследований является разработка метода определения гидродинамических усилий, возникающих на корпусе при движении центра масс судна по траектории произвольного радиуса кривизны с углами дрейфа от 0 до 180 градусов. Как известно, усилия неинерционной природы, действующие на подводную часть корпуса судна, определяются по общим формулам, вытекающим из теории подобия:

$$\left. \begin{aligned} X_{\Gamma} &= c_{X\Gamma} \frac{\rho}{2} v^2 L T; \\ Y_{\Gamma} &= c_{Y\Gamma} \frac{\rho}{2} v^2 L T; \\ M_{\Gamma} &= c_{M\Gamma} \frac{\rho}{2} v^2 L^2 T, \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Здесь

$c_{X\Gamma}$, $c_{Y\Gamma}$, $c_{M\Gamma}$ – безразмерные гидродинамические коэффициенты сил и момента;

T и L – осадка и длина судна м;

ρ – плотность воды, т/м³;

v – скорость движения судна, м/с.

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что безразмерные коэффициенты $c_{X\Gamma}$, $c_{Y\Gamma}$, $c_{M\Gamma}$ зависят от соотношений главных размерений судна, формы обводов корпуса, угла дрейфа, безразмерной угловой скорости вращения и, наконец, от чисел Фруда, Рейнольдса и Струхаля, влиянием которых при расчетах управляемости обычно пренебрегают.

Теоретическое определение указанных коэффициентов представляет серьезные затруднения даже без учета влияния свободной поверхности в силу исключительной сложности гидромеханических явлений, имеющих место при криволинейном движении судна, что не позволяет создать достаточно строгую математическую модель движения вязкой жидкости вблизи судна. Поэтому в настоящее время коэффициенты гидродинамических усилий определяются по результатам модельных испытаний либо в аэродинамической трубе, либо в опытовом бассейне. В силу ряда причин надежные

методы определения коэффициента $c_{ХГ}$ в настоящее время отсутствуют [1]. Экспериментальные данные дают основание лишь утверждать, что при криволинейном движении этот коэффициент изменяется незначительно и в расчетах управляемости можно принимать его постоянным, равным коэффициенту сопротивления судна на прямом курсе $c_{ХП}$ [2].

При составлении структуры выражений для определения коэффициентов $c_{УГ}$, $c_{МГ}$ используется циркуляционно-отрывная теория крыла малого удлинения, развитая в работах К.К. Федяевского и Г.В. Соболева [3,4]. Согласно данной теории можно записать:

$$\left. \begin{aligned} c_{УГ} &= c_1\beta + c_2\overline{\omega} + c_3\beta|\beta| + c_4\beta|\overline{\omega}| + c_5\overline{\omega}|\overline{\omega}|; \\ c_{МГ} &= m_1\beta + m_2\overline{\omega} + m_3\beta|\beta| + m_4\beta|\overline{\omega}| + m_5\overline{\omega}|\overline{\omega}|. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где c_i и m_i – позиционные и демпфирующие коэффициенты гидродинамической силы и момента;

β – угол дрейфа судна;

$\overline{\omega}$ – безразмерная угловая скорость вращения судна.

Исследование гидродинамических коэффициентов отражено в работах М.Я. Алферьева [5], Н.И. Анисимовой [6], А.М. Басина [7], А.В.Васильева [8], А.Д.Гофмана и В.И.Когана [9], В.Г.Павленко [10], Р.Я.Першица [11], Л.М.Рыжова [12], Г.В.Соболева [2], К.К.Федяевского [3] и целого ряда других исследователей [13, 14, 15, 16].

В настоящее время имеется довольно большое количество методов расчета $c_{УГ}$ и $c_{МГ}$ корпусов судов и толкаемых составов. Значения коэффициентов c_i и m_i , входящих в выражение (2) представлены как в графической форме, так и в виде аппроксимационных зависимостей. Причем, количество членов c_i и m_i ограничивается, и выбираются основные, определяющие, по мнению исследователя, члены. Это, прежде всего, обусловлено типом задачи, решаемой авторами метода и имеющимися в их распоряжении экспериментальными материалами.

Анализ материалов по определению гидродинамических усилий показывает, что по структуре выражения (2) имеются методы для речных грузовых судов [9,10] пассажирских судов [17,18], толкаемых составов [19,20], морских транспортных [11,21] и рыбопромысловых судов [22]. Причем методы расчета для судов и составов речного флота учитывают и влияние ограниченной глубины фарватера.

Однако, методы, предложенные по структуре выражения (2) пригодны для расчета управляемости при выполнении судном маневров с ограниченными значениями углов дрейфа и угловых скоростей поворота ($\beta \leq 30^\circ$, $\overline{\omega} \leq 1,3$).

При исследовании параметров циркуляционного или позиционного движения, характеризующихся большими углами дрейфа, в структуру выражений (2) вводятся тригонометрические функции.

Впервые такая зависимость для определения гидродинамических характеристик с учетом демпфирующих составляющих была предложена А.В.Васильевым [8].

Структурная зависимость [8] определения коэффициентов $c_{ХГ}$, $c_{УГ}$, $c_{МГ}$ была использована Г.И. Вагановым для определения гидродинамических коэффициентов толкаемых составов, где пересчет коэффициентов ведется с метода Л.М. Рыжова [23], который предложен на основе систематических натурных испытаний толкаемых составов.

Подобные зависимости, полученные на основе систематических модельных испытаний, предложены Ю.М. Мاستушкиным и Е.М. Шестерненко для судов рыбопро-

мыслового флота [24], С.А. Васильевым для пассажирских судов речного флота [25]. Вместе с тем, перечисленные выше методы, значительно расширив возможность определения гидродинамических усилий при расчете так называемых «сильных маневров», не позволяют осуществить переход к случаю циркуляционного движения центра масс судна с радиусом циркуляции, стремящимся к нулю.

Единственным методом, позволяющим вести расчет гидродинамических усилий для произвольного плоского движения судна, в настоящее время является метод А.П. Тумашика [21], в основе которого дан другой способ представления безразмерной угловой скорости, допускающей предельный переход к случаю $R = 0$. Метод А.П. Тумашика предложен на основе результатов испытаний моделей морских судов серии Н.И. Анисимовой [6]. Используя аппроксимационные выражения для определения C_{YI} и C_{MI} предложенные И.П.Мелкозеровой [22], зависимости, полученные А.П. Тумашиком, могут быть использованы при расчете параметров движения судна с помощью ЭВМ. На рис. 1–4 представлены зависимости коэффициентов C_{YI} и C_{MI} , рассчитанные для теплохода типа «Волго-Дон» по различным методам. Анализ полученных кривых показывает, что имеются существенные расхождения результатов при определении коэффициентов по различным методам.

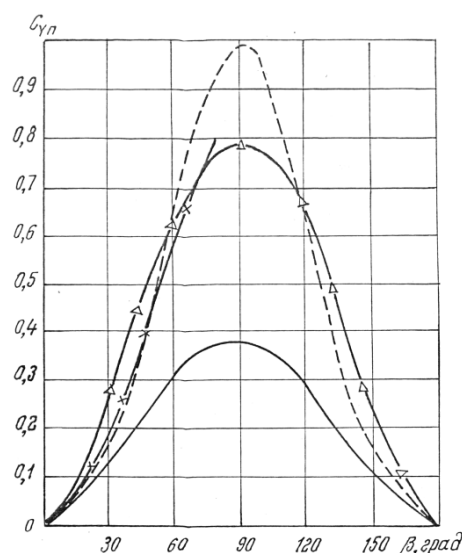


Рис. 1. Зависимость коэффициента C_{YI} теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β
 — расчет по методу [6];
 — — — расчет по методу [8];
 — x — x — расчет по методу [9];
 — Δ — Δ — расчет по методу [24].

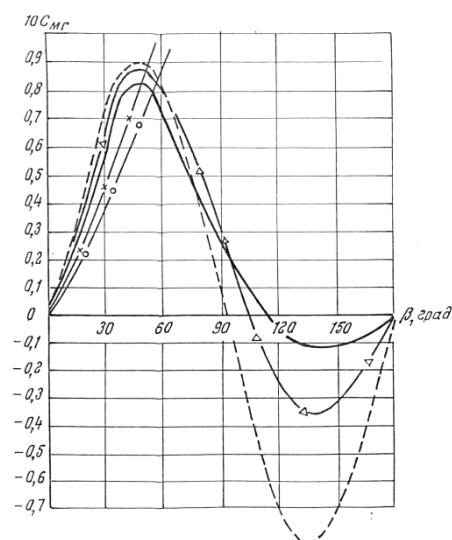


Рис. 2. Зависимость коэффициента C_{MI} теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β
 — расчет по методу [6];
 — — — расчет по методу [8];
 — x — x — расчет по методу [9];
 — Δ — Δ — расчет по методу [24];
 — o — o — расчет по методу [10].

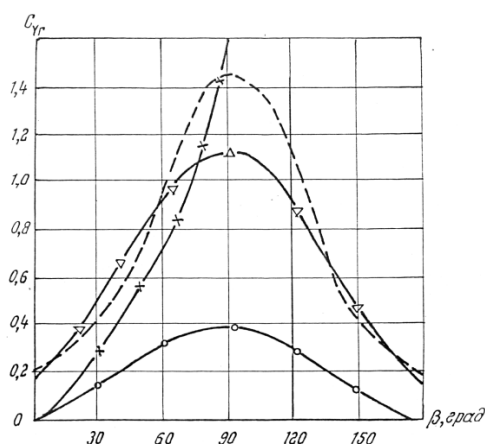


Рис. 3. Зависимость коэффициента $C_{УГ}$ теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β при $\omega=1$

— — — расчет по методу [8];
 — × — × — расчет по методу [9];
 — Δ — Δ — расчет по методу [24];
 — ° — ° — расчет по методу [27].

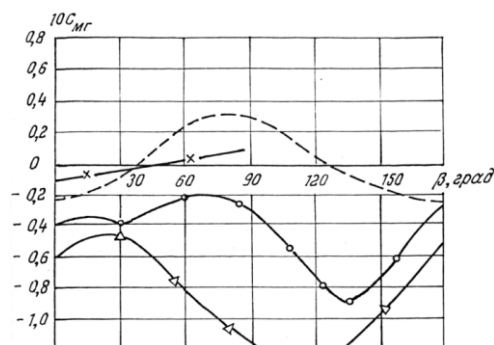


Рис. 4. Зависимость коэффициента $C_{МГ}$ теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β при $\omega=1$

— — — расчет по методу [8];
 — × — × — расчет по методу [9];
 — Δ — Δ — расчет по методу [24];
 — ° — ° — расчет по методу [27].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– к настоящему времени отсутствует метод определения гидродинамических характеристик корпусов судов внутреннего плавания, позволяющий вести расчет гидродинамических усилий при выполнении произвольных маневров;

– допустимость использования метода А.П. Тумашика для расчета гидродинамических усилий, возникающих на корпусе судна внутреннего плавания при произвольном плоском движении, требует экспериментальной проверки.

Поэтому применительно к цели работы были проведены экспериментальные исследования путем постановки систематических модельных испытаний.

Для проведения испытаний была разработана и выполнена в масштабе 1:35 серия моделей с учетом существующих соотношений главных размерений транспортных судов и тенденции на повышение коэффициента полноты. Экспериментальные исследования гидродинамических характеристик выполнялись совместно с В.В. Вьюговым [26]. В процессе эксперимента была испытана серия моделей из 9 судов. Основные размерения моделей приведены в табл. 1. В табл. 1, кроме ранее известных величин, обозначено: x_G – отстояние ц.м. (центра масс) от мидель-шпангоута; $\beta_{\otimes}$ – коэффициент полноты мидель-шпангоута; $\bar{S}_k$ – относительная площадь кормового подзора.

Модели судов изготавливались из пенопласта с парафиновым покрытием обшивки.

Модели № 1 и 3 получены путем аффинного преобразования элементов теоретического чертежа по длине базовой модели № 2 (серия L/B). Модели № 4,5,6 (серия δ) при сохранении x_G/L получены из модели № 2 аффинным преобразованием носовой и кормовой оконечностей. У моделей № 7,8,9 (серия B/T), при сохранении x_G/L , длина теоретической шпации равна базовым (0,1377 м), они получены путем аффинного преобразования базовой модели по осадке. Ширина всех моделей одинакова и равна 0,5 м.

Главные размерения и элементы теоретического чертежа серии моделей

Модель №	L , м	T , м	V , м ³	x_G , м	δ	β_∞	$\bar{S}_k$	L/B	B/T
1	4,25	0,083	0,1505	-0,0374	0,850	0,996	0,060	8,50	6,0
2	3,40	0,083	0,1208	-0,0299	0,850	0,996	0,060	6,80	6,0
3	2,0	0,083	0,0708	-0,0174	0,850	0,996	0,060	4,0	6,0
4	3,40	0,083	0,1146	-0,0299	0,8093	0,996	0,060	6,80	6,0
5	3,40	0,083	0,1284	-0,0299	0,9066	0,996	0,050	6,60	6,0
6	3,40	0,083	0,1318	-0,0299	0,9307	0,996	0,040	6,80	6,0
7	3,40	0,1348	0,1947	-0,0299	0,850	0,998	0,060	6,80	3,71
8	3,40	0,0555	0,0803	-0,0299	0,850	0,994	0,060	6,80	9,0
9	3,40	0,0357	0,0516	-0,0299	0,850	0,990	0,060	6,80	14,0

Испытания по определению позиционных составляющих корпусных усилий проводились в опытовом бассейне НИИВТА. Бассейн смешанного гравитационно-динамометрического типа. Он представляет собой прямоугольный гидроканал длиной 69 м, шириной 6,9 м, глубиной 3,5 м, оборудован тремя буксировочными тележками. Регулирование и обеспечение постоянства скорости движения модели достигается тиристорной системой стабилизации с силовым блоком управления. Верхняя часть тележки установлена на рельсовом пути, нижняя (гондола) крепится к верхней шарнирным соединением.

Испытываемая модель крепилась к гондоле тележки при помощи динамометрической подвески, не ограничивающей вертикальных перемещений и дифферентовки модели. Каждая модель загружалась «на берегу» на расчетное водоизмещение, помещалась на рычажный равновес (ее расчетный центр масс совмещался с осью равновесия) и перемещением грузиков удифферентовывалась на ровный киль. На воде производился контроль крена и дифферента. Подвижная часть динамометрической подвески (ножны) закреплялись в ц.м. модели и ее вес учитывался в составе весовых нагрузок.

Каждая модель испытывалась на глубокой воде при варьировании угла дрейфа β от 0 до 180° через 5°. Скорость движения моделей на прямом курсе v_0 назначалась из условия равенства чисел Фруда модели и натурного судна ($Fr_m = Fr$). Кроме того, при изменении угла дрейфа изменялась и скорость движения модели v в соответствии с выражением, полученным по данным натурных испытаний судов,

$$\frac{v}{v_0} = (1 + 21\beta^4)^{-0.5}. \quad (3)$$

Скорость движения буксировочной тележки определялась посредством определения среднего ее значения по прохождении шести мерных участков. Время последовательного прохождения мерных участков фиксировалось шестью прецизионными электронными секундомерами Ф-209, предельная погрешность которых не превышает 0,001 с. Тиристорный привод тележки бассейна обеспечивал стабильность скорости с точностью 0,005 м/с.

Особенности методики измерений позиционных гидродинамических усилий в прямом бассейне изложены в работе [10]. Измерения усилий на корпусе модели производились при помощи тензометрических динамометров на штатной аппаратуре бассейна с использованием самописцев КСП-4. Достоинством измерительной системы является высокая точность измерения и устойчивость к различным помехам.

Как показано в работах [1,9], при испытаниях в прямом бассейне или аэродинамической трубе измеряются не сами величины корпусных гидродинамических усилий X_G, Y_G, M_G неинерционной природы, а реакции динамометрической подвески X'_G, Y'_G, M'_G , то есть в процессе эксперимента измеряются следующие величины:

$$\left. \begin{aligned} X'_R &= X_G; \\ Y'_R &= Y_G; \\ M'_R &= M_G - (\lambda_{22} - \lambda_{11})v_x v_y. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из третьей формулы системы уравнений (4) следует, что в величину измеряемого момента включается и инерционный член. При обработке материалов испытаний инерционный член в выражении по определению $c_{МП}$ сохранен, как это и делается многими авторами [1,9,16].

Результаты эксперимента представлялись в виде графиков коэффициентов усилий, подсчитанных по формулам:

$$\left. \begin{aligned} c_{YП} &= \frac{2Y'_R}{\rho v^2 L T}; \\ c_{МП} &= \frac{2M'_R}{\rho v^2 L^2 T}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Анализ экспериментальных данных и анализ имеющихся зависимостей по определению позиционных гидродинамических коэффициентов при произвольных углах дрейфа [5,8,21,24] позволяет выбрать в качестве структурных зависимостей следующие выражения для определения $c_{YП}$ и $c_{МП}$:

$$\left. \begin{aligned} c_{YП} &= c_1 \sin 2\beta \cos \beta + c_2 \sin \beta |\sin \beta| + c_3 \sin^3 2\beta |\sin 2\beta|; \\ c_{МП} &= m_1 \sin 2\beta + m_2 \sin \beta + m_3 \sin^3 2\beta + m_4 \sin^3 2\beta |\sin 2\beta|, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $c_{YП}$ – коэффициент позиционной составляющей нормальной гидродинамической силы;

$c_{МП}$ – коэффициент позиционной составляющей гидродинамического момента.

Для вычисления эмпирических коэффициентов c_i и m_i в результате обработки экспериментальных данных получены следующие аппроксимационные выражения:

$$\left. \begin{aligned}
 c_1 &= 2,7 \frac{T}{L}; \\
 c_2 &= 1,353 - 51,8 \frac{T}{L} + 116,2 \left(\frac{T}{L} - 0,01 \right)^{1,3} - \\
 &\quad - \left\{ 0,160 + 0,49 th^{1,5} \left[106,4 \left(\frac{T}{L} - 0,01 \right) \right] \right\} \times \\
 &\quad \times th \left[0,56 \left(\frac{B}{T} - 3,0 \right) \right]; \\
 c_3 &= 0,47 \frac{T}{L}; \\
 m_1 &= \left[0,042 + 0,00174 \left(\frac{L}{B} - 8,17 \right) \right] \times \\
 &\quad \times \left(21 \frac{T}{L} + 0,285 \right); \\
 m_2 &= - \frac{\ln(1,03\sigma)}{11,6\sigma - 9,29}; \\
 m_3 &= 0,022 - 0,0063\sigma; \\
 m_4 &= 4,3 \frac{T}{L} - 72 \left(\frac{T}{L} \right)^2 - 0,0094\sigma - 0,065,
 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Диапазон применимости формул (6) и (7):

$$3,7 \leq B/T \leq 14,0; 4,0 \leq L/B \leq 8,5; 0,8 \leq \delta \leq 0,93; 0,88 \leq \sigma \leq 0,96.$$

Здесь σ – коэффициент полноты кормовой части диаметральной плоскости судна определяется по рекомендациям [21].

Для оценки точности полученных аппроксимационных зависимостей выполнена количественная оценка погрешностей результатов расчета величин $c_{УП}$ и $c_{МП}$ с данными эксперимента $c_{УП}^э$ и $c_{МП}^э$. В табл. 2 приведены величины среднего одностороннего смещения Δ расчетных значений и среднего квадратического отклонения $\bar{\sigma}$ в процентах от средних из всего массива абсолютных экспериментальных значений соответствующих коэффициентов.

Таблица 2

Количественная оценка точности аппроксимационных зависимостей (6) и (7)

Величина	$c_{УП}$	$c_{МП}$
Δ %	2,4	1,9
$\bar{\sigma}$ %	7,1	6,8

Выполненная оценка точности аппроксимационных зависимостей свидетельствует о приемлемости их для определения позиционных составляющих гидродинамических характеристик грузовых судов внутреннего плавания при произвольных углах дрейфа.

При расчете параметров криволинейного движения судна необходимо располагать зависимостями по определению гидродинамических характеристик корпуса с

учетом демпфирующих составляющих – добавок к усилиям неинерционной природы на корпусе судна, «учитывающих наличие угловой скорости (или, что то же, переменность угла дрейфа по длине судна при криволинейном движении)» [1. с. 62].

Согласно зависимостям (2) выражения для определения демпфирующих усилий в общем виде можно записать:

$$\left. \begin{aligned} c_{YD} &= a_1 \bar{\omega} + a_2 \beta |\bar{\omega}| + a_3 \bar{\omega} |\bar{\omega}|; \\ c_{MD} &= b_1 \bar{\omega} + b_2 \beta |\bar{\omega}| + b_3 \bar{\omega} |\bar{\omega}|, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где a_i и b_i – коэффициенты, определяемые в настоящее время, главным образом, по результатам испытаний моделей судов в циркуляционном бассейне

Значения демпфирующих составляющих неинерционных усилий c_{YD} и c_{MD} определяются как разность между полными усилиями, замеренными при испытаниях на ротативной установке в циркуляционном бассейне и позиционными усилиями, полученными при испытаниях в прямом опытовом бассейне. Проведение модельного эксперимента для определения корпусных усилий при очень крутых циркуляциях ($R \rightarrow 0$) на обычных ротационных установках, которыми в настоящее время оборудованы циркуляционные бассейны, встречает принципиальные технические затруднения.

Анализ имеющихся материалов по определению ГДХ [9,21,24,25] и сравнение расчетных данных с данными натурных испытаний показывают, что с достаточной для практических целей точностью гидродинамические коэффициенты при крутых циркуляциях могут быть определены по следующим структурным выражениям:

$$\left. \begin{aligned} c_{XГ} &= c_{XП}; \\ c_{YГ} &= c_{YП} + c_4 \bar{\omega} + c_5 \sin \beta |\bar{\omega}| + c_6 \bar{\omega} |\bar{\omega}|; \\ c_{MГ} &= c_{MП} + m_5 \bar{\omega} + m_6 \sin \beta |\bar{\omega}| + m_7 \bar{\omega} |\bar{\omega}|. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Из выражений (9) видно, что по мере уменьшения радиуса циркуляции ц.м. судна, значение безразмерной угловой скорости будет возрастать, и при переходе к предельному случаю, когда радиус стремится к нулю, $\bar{\omega}$ и коэффициенты $c_{YГ}$ и $c_{MГ}$ будут стремиться к бесконечности. Для таких случаев, по предложению А.П. Тумашика, ГДХ удобно определять как функцию от обобщенной кривизны траектории [21,27]:

$$\Omega = \frac{L}{\sqrt{L^2 + R^2}}. \quad (10)$$

Связь между обычными коэффициентами $c_{XГ}$, $c_{YГ}$ и $c_{MГ}$ и коэффициентами $c_{XГ}^*$, $c_{YГ}^*$ и $c_{MГ}^*$ = $f(\Omega)$ имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} c_{XГ}^* &= c_{XГ} (1 - \Omega^2); \\ c_{YГ}^* &= c_{YГ} (1 - \Omega^2); \\ c_{MГ}^* &= c_{MГ} (1 - \Omega^2). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Имея для установившейся циркуляции зависимость $\omega = v/R$, можно показать, что кинематические параметры движения судна связаны с величиной Ω следующим соотношением:

$$\Omega = \frac{\omega L}{\sqrt{\omega^2 L^2 + v^2}}, \quad (12)$$

тогда величина $(1 - \Omega^2)$ выражается как

$$1 - \Omega^2 = \frac{v^2}{\omega^2 L^2 + v^2}. \quad (13)$$

Подставляя выражение (13) в формулы (11), найдем связь величин $c_{X\Gamma}^*$, $c_{Y\Gamma}^*$ и $c_{M\Gamma}^*$ с коэффициентами $c_{X\Gamma}$, $c_{Y\Gamma}$ и $c_{M\Gamma}$ через кинематические параметры движения судна:

$$\left. \begin{aligned} c_{X\Gamma}^*(\omega^2 L^2 + v^2) &= c_{X\Gamma} v^2; \\ c_{Y\Gamma}^*(\omega^2 L^2 + v^2) &= c_{Y\Gamma} v^2; \\ c_{M\Gamma}^*(\omega^2 L^2 + v^2) &= c_{M\Gamma} v^2. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

С учетом выражения (14) гидродинамическая сила X_Γ , Y_Γ и момент M_Γ могут быть определены:

$$\left. \begin{aligned} X_\Gamma &= c_{X\Gamma}^* \frac{\rho}{2} L T (v^2 + \omega^2 L^2); \\ Y_\Gamma &= c_{Y\Gamma}^* \frac{\rho}{2} L T (v^2 + \omega^2 L^2); \\ M_\Gamma &= c_{M\Gamma}^* \frac{\rho}{2} L^2 T (v^2 + \omega^2 L^2). \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Учитывая, что при установившемся криволинейном движении $\bar{\omega} = L/R$ из выражения (10) можно показать, что

$$\Omega = \frac{\bar{\omega}}{\sqrt{1 + \bar{\omega}^2}}, \quad (16)$$

или

$$\bar{\omega} = \frac{\Omega}{\sqrt{1 - \Omega^2}}. \quad (17)$$

тогда выражения по определению $c_{X\Gamma}$, $c_{Y\Gamma}$ и $c_{M\Gamma}$ через обобщенную кривизну траектории Ω имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} c_{X\Gamma} &= c_{X\Gamma}; \\ c_{Y\Gamma} &= c_{Y\Gamma} + (c_4 + c_5 \sin \beta) \frac{\Omega}{\sqrt{1 - \Omega^2}} + c_6 \frac{\Omega^2}{1 - \Omega^2}; \\ c_{M\Gamma} &= c_{M\Gamma} + (m_5 + m_6 \sin \beta) \frac{\Omega}{\sqrt{1 - \Omega^2}} + m_7 \frac{\Omega^2}{1 - \Omega^2}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Коэффициенты $c_{XГ}^*$, $c_{YГ}^*$ и $c_{MГ}^*$ с учетом выражения (11) определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} c_{XГ}^* &= c_{XГ} (1 - \Omega^2); \\ c_{YГ}^* &= c_{YГ} (1 - \Omega^2) + (c_4 + c_5 \sin \beta) \Omega \sqrt{1 - \Omega^2} + c_6 \Omega^2; \\ c_{MГ}^* &= c_{MГ} (1 - \Omega^2) + (m_5 + m_6 \sin \beta) \Omega \sqrt{1 - \Omega^2} + m_7 \Omega^2. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Тогда выражения для определения сил $X_{Г}$, $Y_{Г}$ и момента $M_{Г}$ через коэффициенты $c_{XГ}^*$, $c_{YГ}^*$ и $c_{MГ}^*$ с учетом выражений (11) и (14) запишутся в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} X_{Г} &= c_{XГ} \frac{\rho}{2} L T v^2; \\ Y_{Г} &= \frac{\rho}{2} L T [c_{YГ} v^2 + (c_4 + c_5 \sin \beta) |\omega| L v + c_6 \omega |\omega| L^2]; \\ M_{Г} &= \frac{\rho}{2} L^2 T [c_{MГ} v^2 + (m_5 + m_6 \sin \beta) |\omega| L v + m_7 \omega |\omega| L^2]. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Неизвестные коэффициенты c_4 , c_5 , c_6 и m_5 , m_6 , m_7 входящие в выражения (20), определяются исходя из следующих соображений.

Из выражения (10) видно, что при $R \rightarrow 0$ величина Ω стремится к единице, а $(1 - \Omega^2) \rightarrow 0$. В этом случае $c_{XГ}^*$, $c_{YГ}^*$ и $c_{MГ}^*$ стремятся к значению коэффициентов при вращении судна на месте, которые по исследованиям Р.Я. Першица [28] равны:

$$\left. \begin{aligned} c_{X\text{ BP}} &= 0; \\ c_{Y\text{ BP}} &= 0,63 \frac{c_2}{\sigma} (0,125 - \sigma_1^{-3}); \\ c_{M\text{ BP}} &= 0,473 \frac{c_2}{\sigma} (0,0625 + \sigma_1^{-4}). \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Таким образом, из формул (2.17) $c_6 = c_{Y\text{ BP}}$; $m_7 = c_{M\text{ BP}}$.

В формулах (21) σ_1 - безразмерный параметр формы ДП судна, определяемый по выражению

$$\sigma_1 = \frac{1}{\sigma - 0,5}. \quad (22)$$

При $\sigma = 1$, коэффициенты $c_{Y\text{ BP}}$ и $c_{M\text{ BP}}$ принимают следующие значения:
 $c_{Y\text{ BP}} = 0$, $c_{M\text{ BP}} = 0,059 c_2$.

По исследованиям Г.В.Соболева [2] $c_{M\text{ BP}} = 0,067 c_2$.

Значения коэффициентов демпфирующих составляющих силы $Y_{ГД}$ (c_4 и c_5) и момента $M_{ГД}$ (m_5 и m_6) могут быть получены, используя результаты испытаний, выполненных в ЛИВТе и НИИВТе [9,10] для грузовых судов внутреннего плавания. Исходя из того, что испытания были выполнены до значений $\bar{\omega} = 1,3$ ($\Omega = 0,792$), а отдельные эксперименты до $\bar{\omega} = 2$ ($\Omega = 0,895$), и, зная характер изменения коэффициентов $c_{YГ}^*$ и $c_{MГ}^*$ от величины Ω , на основе анализа данных [1,9,21,29] было

признано возможным (а в дальнейшем подтверждено выполненными расчетами) принять для определения коэффициентов c_4 , c_5 и m_5 , m_6) следующие аппроксимационные выражения:

$$\left. \begin{aligned} c_4 &= 0,020 + 0,370(\sigma - 0,9) - 12(\sigma - 0,9)^2; \\ c_5 &= 0,007 + 0,12\sigma; \\ m_5 &= 0,011\left(\frac{B}{T} - 3\right)^{0,5} - 0,001\left(\frac{B}{T} - 3\right) - \\ &\quad - 0,3\left(\frac{T}{L} - 0,0237\right) - 0,03(\sigma - 0,9) - 0,033; \\ m_6 &= 0,11\frac{T}{B} + 1,81\left(\frac{T}{B} - 0,15\right)^3 - 0,089. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Учитывая знаки коэффициентов и введенные в структуру выражений c_{YD} и c_{MD} дополнительные коэффициенты c_6 и m_7 , которые не выделялись при испытаниях [1,10], формулы (20) принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} X_G &= c_{XII} \frac{\rho}{2} L T v^2; \\ Y_G &= \frac{\rho}{2} L T [c_{YII} v^2 + (c_4 + c_5 \sin \beta - 0,6c_6)|\omega|Lv + c_6\omega|\omega|L^2]; \\ M_G &= \frac{\rho}{2} L^2 T [c_{MII} v^2 + (m_5 + m_6 \sin \beta + 0,6m_7)|\omega|Lv - m_7\omega|\omega|L^2]. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Выражения (24) позволяют вести расчет гидродинамических усилий, возникающих на корпусе грузового судна, во всем диапазоне изменения углов дрейфа β , угловой скорости вращения ω и скорости движения судна v . На рис. 5–8 представлены зависимости c_{YI}^* и c_{MI}^* рассчитанные для теплохода типа «Волго-Дон» в зависимости от β и Ω . Пунктирными линиями на рис. 5–8 показаны расчетные коэффициенты при соответствующих значениях β и Ω по методике [1,30]. Хорошее совпадение результатов расчетов ГДХ корпусов судов в соответствующей области значений β и Ω , по предложенным зависимостям и методикам, изложенным в работах [1,9,30] свидетельствует о приемлемости аппроксимационных выражений по расчету коэффициентов c_i и m_i для определения гидродинамических усилий на корпусе грузового судна внутреннего плавания.

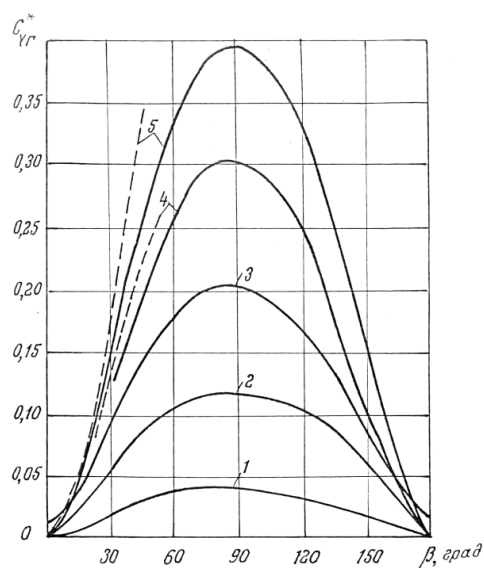


Рис. 5. Зависимость коэффициента C_{yr}^* теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β при постоянных значениях обобщенной кривизны траектории движения Ω :

1 – $\Omega = 0,98$; 2 – $\Omega = 0,9$; 3 – $\Omega = 0,8$;

4 – $\Omega = 0,6$; 5 – $\Omega = 0$.

— расчет по формулам (19);

— — — расчет по методу [10].

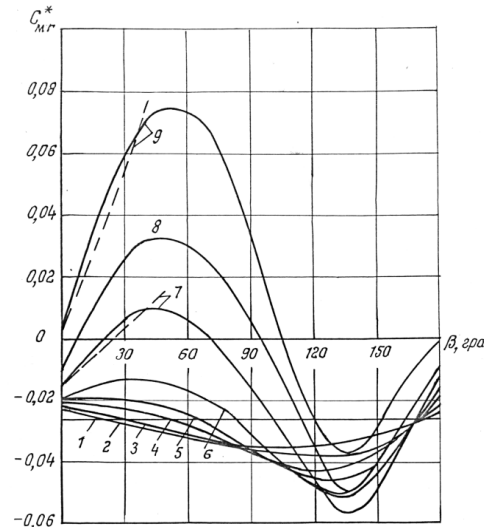


Рис. 7. Зависимость коэффициента C_{mg}^* теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β при постоянных значениях обобщенной кривизны траектории движения

1 – $\Omega = 1,0$; 2 – $\Omega = 0,98$; 3 – $\Omega = 0,94$;

4 – $\Omega = 0,9$; 5 – $\Omega = 0,86$; 6 – $\Omega = 0,8$;

7 – $\Omega = 0,6$; 8 – $\Omega = 0,4$; 9 – $\Omega = 0$.

— расчет по формулам (19);

— — — расчет по методу [10].

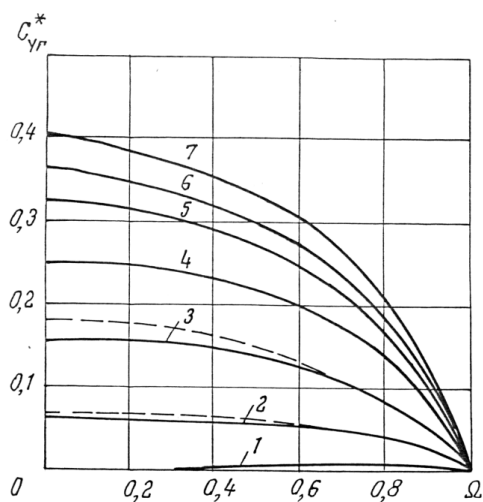


Рис. 6. Зависимость коэффициента C_{yr}^* теплохода проекта 1565 от обобщенной кривизны траектории Ω при постоянных значениях угла дрейфа β

(1–0°; 2–15°; 3–30°; 4–45°; 5–60°; 6–75°; 7–90°)

— расчет по формулам (19);

— — — расчет по методу [10].

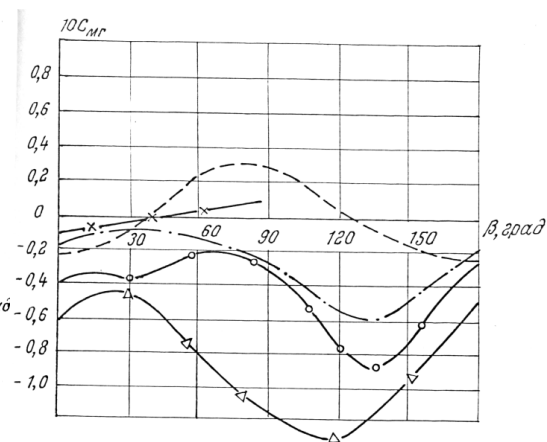


Рис. 8. Зависимость коэффициента C_{mg} теплохода проекта 1565 от угла дрейфа β при $\bar{\omega} = 1$ ($\Omega = 0,707$)

— — — расчет по методу [8];

— x — x — расчет по методу [9];

— Δ — Δ — расчет по методу [27];

— ° — ° — расчет по методу [24];

— · — · — расчет по формулам (18).

Влияние дифферента судна на ГДХ судов может быть приближенно учтено, основываясь на испытаниях А.Д. Гофмана и В.И. Когана [9] вводом поправки

$$c_{МП\psi_D} = c_{МП} (1 - 11\psi_D), \quad (25)$$

где ψ_D - угол дифферента, положительный на корму.

Учет влияния ограниченной глубины можно произвести с помощью поправок $\bar{c}_i$ и $\bar{m}_i$ к соответствующим коэффициентам c_i и m_i в выражениях (6) и (24). Значения коэффициентов $\bar{c}_i$ и $\bar{m}_i$ определяются по следующим аппроксимационным формулам [10]:

$$\left. \begin{aligned} \bar{c}_1 &= 1 + (2,38 - 11 \frac{T}{L}) \left(\frac{T}{H} \right)^3; \\ \bar{c}_2 &= 1 + 3,4 \left(\frac{T}{H} \right)^{2,25}; \\ \bar{c}_4 &= 1 + [280(\sigma - 0,88)^2 - 1] \left(\frac{T}{H} \right)^2; \\ \bar{c}_5 &= 1 + (65\sigma - 38) \left(\frac{T}{H} \right)^3; \\ \bar{m}_1 &= 1 + [0,55 + 58,1(1 - \sigma) - 203(1 - \sigma)^2] \left(\frac{T}{H} \right)^2; \\ \bar{m}_2 &= 1 + 0,0181 \left(\frac{B}{T} - 1,2 \right)^3 \frac{T}{H} + 1,17 \left[1 + 0,214 \left(\frac{B}{T} - 3,4 \right)^2 \right] \left(\frac{T}{H} \right)^3. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

При малых углах дрейфа ($\beta \leq 30^\circ$) и ($\bar{\omega} \leq 1,3$) выражения для определения $c_{УГ}$ и $c_{МГ}$ с учетом малости членов, содержащих $\sin^3 2\beta$ и $\sin^4 2\beta$ и формул (26) приводятся к виду:

$$\left. \begin{aligned} c_{УГ} &= 2c_1\bar{c}_1\beta + c_2\bar{c}_2|\beta|\beta + c_4\bar{c}_4\bar{\omega} + c_5\bar{c}_5\beta|\bar{\omega}| + c_6\bar{c}_6|\bar{\omega}|; \\ c_{МГ} &= (2m_1 + m_2)\bar{m}_1\beta + m_3\bar{m}_3\bar{\omega} + m_6\beta|\bar{\omega}| - m_7\bar{\omega}|\bar{\omega}|. \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Таким образом, на основании выполненного анализа, проведенного модельного эксперимента и используя материалы исследований, проведенных разными авторами, разработан метод определения гидродинамических усилий, возникающих на корпусе грузового судна, во всем диапазоне изменения углов дрейфа β , угловой скорости вращения ω и скорости движения судна v .

Список литературы:

- [1] Павленко В.Г. Маневренные качества судов и составов (Управляемость судов и составов). – М.: Транспорт, 1979. – 184 с.
- [2] Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля. – Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
- [3] Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения. – Л.: Судостроение, 1976. – 478 с.
- [4] Федяевский К.К., Соболев Г.В. Управляемость корабля. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 376 с.

- [5] Алферьев М.Я. Ходкость и управляемость судов. Сопротивление воды движению судов. – М.: Транспорт, 1967. – 344 с.
- [6] Анисимова Н.И. Позиционные гидродинамические характеристики судов при произвольных углах дрейфа // Судостроение. – 1968. – № 5. – С. 4.
- [7] Басин А.М. Ходкость и управляемость судов. – М.: Транспорт, 1977. – 456 с.
- [8] Васильев А.В. Исследование циркуляционного движения при работе комплекса корпус судна – винты – двигатели на различных режимах // Тр. Горьков. ин – та инж. водн. трансп. (ГИИВТ). – 1967. – Вып. 85. – С.19 –
- [9] Гофман А.Д. Теория и расчет поворотливости судов внутреннего плавания, – Л.: Судостроение, 1971. – 256 с.
- [10] Павленко В.Г. Элементы теории судовождения на внутренних водных путях. Ч.1. – Л.: Транспорт, 1962, – 103 с.
- [11] Першиц Р.Я. Управление судном. – Л.: Судостроение, 1983. – 272 с.
- [12] Рыжов Л.М. Управляемость толкаемых составов. – М.: Транспорт, 1969. – 128 с.
- [13] Тумашик А.П. Расчет гидродинамических характеристик при маневрировании // Судостроение. – 1978. – № 5. – С. 13–15.
- [14] Мастушкин Ю.М. Метод расчета гидродинамических характеристик траулеров в задачах управляемости // Тр.Калинин – гр. технич.ин – та рыбн.пром – сти и хоз – ва (КГИРП и Х). – Калининград, 1975. – Вып. 59. – С. 86–92.
- [15] Гордеев О.И., Мустафин А.Н. Метод расчета гидродинамических усилий, действующих на толкаемые составы при их криволинейном движении на мелководье // Тр. Новосиб. ин – та инж. водн. трансп. (НИИВТ). – 1972. – Вып. 87. – С. 80–90.
- [16] Вьюгов В.В., Павленко В.Г. Экспериментальные исследования гидродинамических характеристик речных судов в канале // Тр. НТО им. акад. А.Н. Крылова. – 1980. – Вып. 322. – С. 50–54.
- [17] Вьюгов В.В., Руднев А.А. Поворотливость пассажирских судов // Движение судов и составов в речных условиях. – Новосибирск, 1985. – С. 86–93.
- [18] Павленко В.Г., Элис Е.Я. Метод определения гидродинамических характеристик речных пассажирских судов // Гидродинамика корабля. – Тр./НКИ, 1983. – С. 13–17.
- [19] Вьюгов В.В., Деревянченко Н.Т., Манин В.М. Гидродинамические характеристики толкаемых составов // Движение судов и составов в речных условиях. – Новосибирск, 1985. – С. 97–101.
- [20] Гордеев О.И., Мустафин А.Н. Метод расчета гидродинамических усилий, действующих на толкаемые составы при их криволинейном движении на мелководье // Тр. Новосиб. ин – та инж. водн. трансп. (НИИВТ). – 1972. – Вып.87. – С. 80–90.
- [21] Справочник по теории корабля. Т.3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания / Под ред. Я.И.Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 544 с.
- [22] Мастушкин Ю.М. Управляемость промысловых судов. – М.: Лег. и пищ. про – сть, 1981. – 232 с.
- [23] Рыжов Л.М. Управляемость толкаемых составов. – М.: Транспорт, 1969. – 128 с.
- [24] Мастушкин Ю.М., Шестерненко Е.М. Средства активного управления промысловыми судами. – М.: Агропромиздат, 1985, – 127 с.
- [25] Васильев С.А., Краснокутская Н.А., Поярков В.А. Гидродинамические характеристики корпусов судов внутреннего плавания // Тр. НТО им. акад. А.Н.Крылова. – 1982. – Вып.363. – С. 16–23.
- [26] Вьюгов В.В., Токарев П.Н. Позиционные гидродинамические характеристики грузовых судов внутреннего плавания при произвольных углах дрейфа // Тр. Горьков. ин – та инж. водн. трансп. (ГИИВТ). – 1988. – Вып. 234. – С. 134–137.
- [27] Васильев А.В. Гидромеханика судов внутреннего плавания. – Горький, 1978. – 91 с.
- [28] Тумашик А.П. Расчет гидродинамических характеристик при маневрировании // Судостроение. – 1978. – № 5. – С.13–15.
- [29] Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля. – Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
- [30] Мастушкин Ю.М. Основы нормирования управляемости рыбопромысловых судов // Судостроение. – 1975. – № 7. – С. 37–38.
- [31] МРФ РСФСР. РТМ 212.0137 – 86. Нормы управляемости грузовых и пассажирских судов внутреннего и смешанного «река – море» плавания. – 1986.

[32] Ходкость и управляемость судов: учебник / утв. Управл. кадров и учеб. заведений МРФ РСФСР для студ. ин-тов водн. тр-та; под ред. В.Г. Павленко. - М. : Транспорт, 1991. - 455 с.

METHOD OF DETERMINATION HYDRODYNAMIC EFFORTS ON THE SHIPS HULL WITH INDIRECT FLAT TRAFFIC

P.N. Tokarev

Keywords: *ship's hull angles of drift, radius of curvature, positional and damping hydrodynamic coefficients, method of determination*

This article shows the existing methods of determine the hydrodynamic forces on the ship's hull of the maneuvering vessel. It is shown that at the present time there is no method allowing calculation of hydrodynamic forces on the hull of the vessel with arbitrary plane motion. Based on the analysis and studies carried out, a method has been developed that makes it possible to calculate the indicated forces in the entire range of changes in the angles of drift and the radius of rotation of the center of mass of the vessel, including rotation in place.

Статья поступила в редакцию 23.06.2017 г.

УДК 656.62.052.4

М.Ю. Чуринов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

УТОЧНЕНИЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОСАДКИ СУДОВ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ НА ТЕЧЕНИИ

Ключевые слова: *методы расчета, динамическая просадка, мелководье, скорость судна, течение, уточнение.*

В статье рассмотрен вопрос проявления динамической просадки судов речного флота при следовании в условиях мелководья на течении. Выполнен анализ существующих методов определения динамической просадки судов и предложены уточнения по расчету динамической просадки судов на течении.

В настоящее время вопрос обеспечения безопасной проводки судов в условиях мелководья получил дополнительную актуальность. Это связано с устойчивой тенденцией увеличения размеров вновь строящихся судов внутреннего и смешанного «река-море» плавания. Кроме этого, необходимо отметить снижение уровней вод на реках европейской части Российской Федерации, что наблюдается в последнее десятилетие. Поэтому определение точного значения возможного минимального запаса воды под днищем судна при его движении по мелководью является обязательной составляющей обеспечения безопасной эксплуатации судов речного флота в современных условиях.

Расчет минимального запаса воды под днищем включает учет целого ряда факторов, в том числе и учет просадки судна при следовании в стесненных условиях. Это в первую очередь относится к речным судам, поскольку большую часть навигационного периода они эксплуатируются в условиях мелководья.

Глубина, при которой начинает проявляться влияние мелководья, определяется выражением [1]:

$$H \leq 4T_{\text{cp}} + \frac{3v^2}{g}, \quad (1)$$

где H – глубина, м;

T_{cp} – средняя осадка судна, м;

v – скорость судна, м/с;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с².

Другим критерием оценки влияния мелководья, связанным с изменением картины волнообразования, является число Фруда по глубине

$$Fr_H = \frac{v}{\sqrt{gH}}. \quad (2)$$

Согласно этому критерию, ошутимое влияние мелководья начинает проявляться при $Fr_H > 0,4 \div 0,5$. В своих работах А.Д. Гофман [2] указывает, что при движении судов со скоростями, соответствующими $Fr_H < 0,6$, влиянием изменения характера волнообразования на гидродинамические силы и моменты, действующие на корпус судна, можно пренебречь. Приближение числа Фруда по глубине к единице сопровождается резким увеличением высоты судовой волны. Благодаря этому в движение вовлекаются дополнительные массы жидкости, и волновое сопротивление возрастает по сравнению с движением на глубокой воде с той же скоростью, осадка судна увеличивается. Увеличение осадки судов и возникновение дифферента при движении на мелководье объясняются уменьшением давления воды на днище корпуса судна. Это уменьшение является следствием увеличения скорости обтекания днища водой, а также трансформацией системы судовых волн при движении на мелководье [3]. Необходимо отметить, что в выражениях (1) и (2) под скоростью судна v понимается его скорость относительно воды, что является очень важным.

Существует большое количество различных методов для расчета динамической просадки речных судов на мелководье. В настоящее время наиболее широкое применение получили методы В. Г. Павленко, А. М. Полунина, П. Н. Шанчурова, Г. И. Сухомела. Необходимо также отметить учитывающий особенности формы судового корпуса новый метод определения характера и величины динамической просадки судов речного флота, получивший название метод ВГАВТ.

1. Метод В.Г. Павленко

Приращение осадки судна по корме для речных судов и толкаемых составов В.Г. Павленко предложил вычислять по формуле [4]:

$$\Delta T_k = \frac{av^2}{2g}, \quad (3)$$

где ΔT_k – приращение осадки судна по корме, м;

v – скорость судна, м/с;

a – числовой коэффициент, причем для речных самоходных судов при водоизмещении $V < 2000 \text{ м}^3$

$$a = 0,1 + 0,4 \frac{T}{H}; \quad (4)$$

для крупнотоннажных грузовых судов и толкаемых составов

$$a = 0,04(16,5 - \frac{L}{B})\sqrt{\frac{T}{H}}, \quad (5)$$

где L, B, T – соответственно длина, ширина и осадка судна, м.

2. Метод А.М. Полунина

Метод разработан для судов средних размеров, работающих в бассейнах сибирских рек, и дает хорошие результаты при определении приращения осадки по корме [5]:

а) для грузовых теплоходов

$$\Delta T_k = (0,04 + 0,35 \frac{T}{H}) \frac{v^2}{g}; \quad (6)$$

б) для пассажирских судов

$$\Delta T_k = a T_k (\frac{v}{\sqrt{g T_k}})^b, \quad (7)$$

где T_k – осадка судна по корме, м;

v – скорость судна, м/с;

a, b – числовые коэффициенты, определяемые по выражениям:

$$a = 0,265 - 3,6 \frac{T}{H} + 11,3(\frac{T}{H})^2 - 8,5(\frac{T}{H})^3; \quad (8)$$

$$b = 0,526 - 18,6 \frac{T}{H} + 19,3(\frac{T}{H})^2 - 0,8(\frac{T}{H})^3 \quad (9)$$

Данные формулы НИИВТа дают удовлетворительные результаты только в случае, если $0,4 \leq \frac{T}{H} \leq 0,9$.

3. Метод П.Н. Шанчурова

Для определения приращений кормовой осадки речных судов П.Н. Шанчуровым предложены выражения [3]:

а) для отношений $\frac{H}{T} \leq 1,6$

$$\Delta T_k = 0,00135 \frac{kv^2}{g} (16,43 - \frac{L}{B}) \sqrt{\frac{T}{H}}; \quad (10)$$

б) для отношений $\frac{H}{T} \geq 1,6$

$$\Delta T_k = 0,00112 \frac{kv^2}{g} (16,43 - \frac{L}{B}) \sqrt{\frac{T}{H}}, \quad (11)$$

где k – числовой коэффициент, принимаемый при $5 < L/B < 7$ для винтовых судов 1,15, для колесных судов 1,10, при $7 < L/B < 9$ для винтовых судов 1,10, для колесных 1,05;

v – техническая (относительно берега) скорость судна, км/ч.

4. Метод Г.И. Сухомела

Приращение средней осадки на ходу определяется, по рекомендации Г.И. Сухомела, следующим образом [6]:

а) при отношении $\frac{H}{T} \leq 1,4$

$$\Delta T_{\text{cp}} = \frac{k^2 - 1}{2g} v^2; \quad (12)$$

б) при отношении $\frac{H}{T} > 1,4$

$$\Delta T_{\text{cp}} = \frac{k^2 - 1}{2g} v^2 \sqrt{\frac{T}{H}}, \quad (13)$$

где ΔT_{cp} – среднее приращение осадки на ходу судна, м;

v – скорость движения судна относительно воды, м/с;

k – числовой коэффициент, определяемый в зависимости от соотношения L/B по таблице, приведённой ниже.

Зависимость коэффициента k от соотношения длины и ширины судна

L/B	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0
k	1,32	1,27	1,23	1,19	1,17	1,15	1,10

Учитывая, что с возрастанием скорости увеличивается дифферент (обычно на корму), для расчета максимальной просадки величину средней просадки, полученную по формулам (12) и (13), требуется умножить на некоторый коэффициент a , зависящий от формы обводов судна и отношения длины к ширине. Этот коэффициент устанавливается на базе натурных испытаний типовых судов. Экспериментальные данные показывают, что значения коэффициента a для различных типов судов меняются в пределах 1,1–1,5 [7]. При этом приращение осадки кормой определяется как

$$\Delta T_{\text{к}} = a \Delta T_{\text{cp}}. \quad (14)$$

6. Метод ВГАВТ

Физический процесс обтекания корпуса судна жидкостью, помимо главных размеров судна и отношения его осадки к глубине в районе плавания определяется также формой корпуса судна, что нашло отражение в методе ВГАВТ, который позволяет рассчитать среднюю динамическую просадку судна по выражению [8]:

$$\Delta T_{\text{cp}} = \bar{\sigma} \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = \bar{\sigma} B F r^2 \sqrt{\frac{T}{H}}, \quad (15)$$

где $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_{\text{н}}}{\sigma_{\text{к}}}$ – отношение коэффициента полноты носовой половины к коэффициенту

полноты кормовой половины диаметрального батокса судового корпуса, характеризующее форму его обводов;

v – скорость движения судна относительно воды, м/с;

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} - \text{число Фруда [5,9].}$$

Натурные наблюдения показывают, что у речных судов приращение осадки по корме превышает приращение осадки на миделе на 20 % [7, 8]. Следовательно, приращение осадки судов внутреннего и смешанного плавания по корме может быть определено по выражению (14), в котором коэффициент a принимается равным 1,2, то есть:

$$\Delta T_k = a\Delta T_{cp} = 1,2\sigma \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = 1,2\sigma BFr^2 \sqrt{\frac{T}{H}}. \quad (16)$$

Анализ представленных методов расчета динамической просадки судов речного флота при следовании на мелководье свидетельствует о том, что их авторы исходили из физического процесса обтекания корпуса судна жидкостью. Во всех приведённых выше расчётных формулах присутствует динамический элемент v^2/g . Однако под термином «скорость движения судна» в разных методах понимается различная скорость. Так, в методах Г.И. Сухомела и ВГАВТ под скоростью судна понимается его скорость относительно масс окружающей судно воды, в методе П.Н. Шанчурова – относительно берега. В методах В.Г. Павленко и А.М. Полунина – не уточняется, хотя можно допустить, что подразумевается скорость относительно масс воды.

При следовании судна по мелководным, но «не ограниченным по ширине фарватерам» [10], на которых отсутствует течение, этот вопрос не принципиален. Однако при движении по мелководным участкам, имеющим течения, для правильного выполнения расчетов величин динамической просадки необходимо четко представлять, какая скорость заложена в каждом методе расчета. Кроме этого известно, что на мелководье реальная скорость судна относительно масс окружающей его воды ниже той скорости, которая была бы при плавании на глубокой воде. Поэтому для определения величин динамической просадки с достаточной точностью требуется знание реальной скорости судна относительно масс воды в условиях мелководья.

Значение действительной скорости судна относительно воды в условиях мелководья можно подсчитать следующим образом [11]:

$$v = v_{\text{зад}} \bar{v}, \quad (17)$$

где $v_{\text{зад}}$ – скорость движения судна при заданном режиме работы движителей на глубокой воде, м/с;

$\bar{v}$ – величина относительного падения скорости на мелководье, определяемая по выражению:

$$\bar{v} = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{1}{2F}\right)^2} + \frac{1}{F} - \frac{1}{2F}}. \quad (18)$$

Здесь F – коэффициент, подсчитываемый по формуле [11]:

$$F = 5 \left[\left(\frac{T}{H} \right) \frac{v_{\text{зад}}}{\sqrt{gH}} \right]^2 \quad (19)$$

Рассчитав значение действительной скорости судна относительно воды, определяют величину его динамической просадки при следовании на мелководных участках. Необходимость выполнения расчетов величин динамической просадки судов регламентируется требованиями нормативных документов [12].

Поскольку величина динамической просадки судна определяется его скоростью движения относительно воды, то можно считать, что наличие течения не влияет на значения динамической просадки.

Список литературы:

- [1] Управление судном и его техническая эксплуатация: Учебник для учащихся судоводит. спец. высш. инж. мор. училищ / Е.И. Жуков [и др.]; под ред. А. И. Щетиной. – М.: Транспорт, 1983. – 655 с.
- [2] Гофман А.Д. Теория и расчет поворотливости судов внутреннего плавания / А.Д. Гофман. – Л.: «Судостроение», 1971. – 256 с.
- [3] Шанчуров П.Н. Управление судами и составами: учебник для ин-тов водн. трансп. / П.Н. Шанчуров. М.: Транспорт, 1971. – 352 с.
- [4] Управление судами и составами: учебник для вузов / Н.Ф. Соларев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.
- [5] Ходкость и управляемость судов: учебник В.Ф. Бавин [и др.]; утв. Управл. Кадров и учеб. заведений МРФ РСФСР для студ. ин-тов водн. тр-га; под ред. В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1991. – 455 с.
- [6] Сухомел Г.И. Исследование движения судов по каналам и мелководью / Г.И. Сухомел. – Киев «Наукова думка», 1966. – 80 с.
- [7] Сухомел Г.И. Исследование движения судов по ограниченным фарватерам / Г.И. Сухомел, В.М. Засс, Л.И. Янковский. – Киев: Из-во АН Украинской ССР, 1956. – 163 с.
- [8] Чуринов М.Ю. Метод определения динамической просадки судов смешанного «река-море» плавания / М.Ю. Чуринов // Современные проблемы науки и образования. Выпуск 3, 2013. URL: www.science-education.ru/111-10228.
- [9] Тихонов В.И. Волнообразование и волновое сопротивление / В.И. Тихонов // Судовождение и безопасность плавания, водные пути, гидротехнические сооружения и экологическая безопасность судоходства: сб. науч. тр. / ВГАВТ. – Н.Новгород: ФГОУ ВПР ВГАВТ, 2006. – с. 28–33.
- [10] Brown's Nautical Almanac / Brown, Son and Ferguson. Ltd. – Glasgow, G41 2SD, 2011.
- [11] 13. Токарев П.Н. Расчет скорости и инерционных характеристик на мелководье и в канале / П.Н. Токарев // Вестник ВГАВТ. Выпуск 49 – Н.Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2016. – с. 242–248.
- [12] МРФ РСФСР. Наставление по штурманской службе на судах Минречфлота РСФСР, ч. III (НШСМ – 86). – Л.: Транспорт, Ленинградское отделение, 1987. – 144 с.

AMENDMENT OF THE DYNAMICAL SQUATS CALCULATION METHOD OF SHIPS IN SHALLOW WATER CONDITIONS ON CURRENTS

M.U. Churin

Keyword: method of calculation, dynamic squat, shallow water, ship's speed, current, amendment

In this article it's considered the question of squat of river fleet ships, when proceeding in shallow water on current. It's carry out analysis of existing method of dynamic squat's calculation and it's offered amendment for dynamic squat's calculation of river ships on current.

Статья поступила в редакцию 06.05.2017 г.

Раздел VIII

**Эксплуатация судового
энергетического оборудования**

Section VIII

Operation of ship power equipment

УДК 627.785:621.001.24

Н.Н. Арефьев, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ НАСОСА СИСТЕМЫ ГИДРОРЫХЛЕНИЯ ЗЕМСНАРЯДА

Ключевые слова: дноуглубление, гидромеханизация, земснаряд, грунтотприемник, гидравлическое рыхление, затопленная струя.

В статье приведены результаты теоретических исследований течения затопленной струи при рыхлении грунта. Даны рекомендации по выбору напора и подачи насоса для повышения эффективности работы системы гидрорыхления.

Подводное гидрорыхление грунтов на земснарядах осуществляется затопленной струей [1, 2]. Для того, чтобы струя внедрилась в грунт, т.е. вода струи проникла в поры между твердыми частицами, необходимо определенное силовое воздействие струи на грунт. Степень этого воздействия оценивается импульсом силы в заданном сечении струи, отнесенным к площади этого сечения (удельным импульсом струи, который принято обозначать i). В то же время i зависит от подачи Q и напора H насоса системы гидрорыхления. Поэтому для осуществления эффективного подводного рыхления грунта следует правильно подобрать параметры насоса. При одной и той же мощности рыхления, которая может быть условно оценена произведением $Q \cdot H$, соотношение этих параметров может быть разным. В статье решается задача определения оптимального соотношения этих параметров для получения максимального значения i , что снизит удельные энергетические затраты на гидрорыхление грунта.

При рыхлении грунта струя воды движется в грунте, поэтому она называется несвободной затопленной струей. Движение струи в среде с плотностью, отличной от плотности вещества струи, рассмотрено в [3]. Схема истечения затопленной струи из сопла показана на рис. 1, где d_0 – диаметр сопла на срезе, u_0 – скорость истечения струи на срезе сопла, u_x – средняя скорость по сечению струи на расстоянии x от среза сопла, d_x – диаметр струи на расстоянии x от среза сопла.

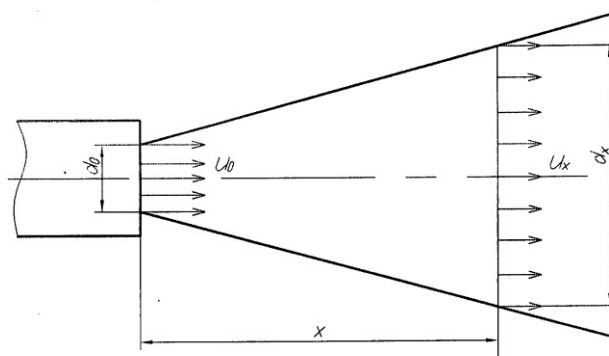


Рис.1. Схема истечения затопленной струи из сопла

При проектировании системы гидрорыхления земснаряда часто встает вопрос, что эффективнее – увеличение расхода воды на рыхление и снижение напора, или наоборот – увеличение напора и снижение расхода. В настоящее время обоснованного ответа на этот вопрос не представлено. По этому поводу проведем исследования. Рас-

смотрим два режима рыхления грунта: с параметрами H_1, Q_1, N_1 и H_2, Q_2, N_2 , где H, Q, N – соответственно напор, расход и мощность, расходуемые на рыхление грунта. При этом соблюдается условие равенства мощностей на рыхление в первом и втором режимах ($N_1 = N_2$) и выдерживаются соотношения:

$$H_2 = n \cdot H_1; Q_2 = Q_1/n; n \geq 1. \quad (1)$$

Скорости истечения воды на срезе сопл u_{01} и u_{02} можно определить по известной формуле [3]

$$u_{01} = \mu \sqrt{2gH_1}, u_{02} = \mu \sqrt{2gH_2}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент скорости.

С учетом соотношения (1) из (2) получим

$$u_{02} = \mu \sqrt{2gH_2} = \mu \sqrt{2gnH_1} = \sqrt{n} \cdot \mu \sqrt{2gH_1} = \sqrt{n} \cdot u_{01} \quad (3)$$

Расход воды через сопла можно определить по известной формуле [4], откуда с учетом преобразований получим

$$Q_1 = \varphi \frac{\pi}{4} d_{01}^2 \sqrt{2gH_1} = \frac{\pi}{4} \frac{\varphi}{\mu} d_{01}^2 \cdot \mu \sqrt{2gH_1} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\varphi}{\mu} \cdot d_{01}^2 \cdot u_{01}, \quad (4)$$

где φ – коэффициент расхода;

d_{01} – диаметр сопла на срезе в первом режиме течения.

Аналогично можно написать для Q_2

$$Q_2 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\varphi}{\mu} \cdot d_{02}^2 \cdot u_{02}. \quad (5)$$

где d_{02} – диаметр сопла на срезе во втором режиме течения.

Из (4) можно определить d_{01}

$$d_{01} = \sqrt{\frac{4\mu Q_1}{\varphi \pi u_{01}}}. \quad (6)$$

Из (5) с учетом (1), (3) и (6) получим

$$d_{02} = \sqrt{\frac{4\mu Q_2}{\varphi \pi u_{02}}} = \sqrt{\frac{4\mu Q_1}{\varphi \pi u_{01} n \sqrt{n}}} = \frac{d_{01}}{\sqrt{n \sqrt{n}}} = d_{01} \cdot n^{-0,75}. \quad (7)$$

Удельный импульс струи на расстоянии x от среза сопла можно определить как отношение силы струи $F = (\pi/4 \cdot d_0^2 \cdot u_0^2 \cdot \rho)$ к площади поперечного сечения струи $(\pi \cdot d_x^2/4)$ по формуле

$$i_x = \rho u_0^2 \left(\frac{d_0}{d_x} \right)^2, \quad (8)$$

где ρ – плотность вещества струи.

Диаметр сечения струи на расстоянии x от среза сопла можно определить по известной формуле [3]

$$d_x = d_0 \left(1 + c \frac{x}{d_0}\right), \quad (9)$$

где c – эмпирический коэффициент, значение которого зависит от угла конусности струи ($c = 0,25$ для связных песков; $c = 0,296$ для рыхлых песков; $c = 0,345$ при движении струи в воде [5]).

Подставляя (9) в (8), получим:

$$i_{x1} = \rho u_{01}^2 \left(\frac{1}{1 + c \frac{x}{d_{01}}} \right)^2, \quad (10)$$

$$i_{x2} = \rho u_{02}^2 \left(\frac{1}{1 + c \frac{x}{d_{02}}} \right)^2. \quad (11)$$

Подставляя (3) и (7) в (11), получим

$$i_{x2} = \rho n u_{01}^2 \left(\frac{1}{1 + c \frac{x}{d_{01}} n^{0,75}} \right)^2. \quad (12)$$

Поделив (12) на (10), получим

$$\frac{i_{x2}}{i_{x1}} = n \cdot \left(\frac{1 + c \frac{x}{d_{01}}}{1 + c \frac{x}{d_{01}} n^{0,75}} \right)^2. \quad (13)$$

На рис. 2 показана графическая зависимость $(i_{x2}/i_{x1}) = f(x/d_{01}, n)$ для $c = 0,296$ (рыхлые несвязные пески), рассчитанная по (13).

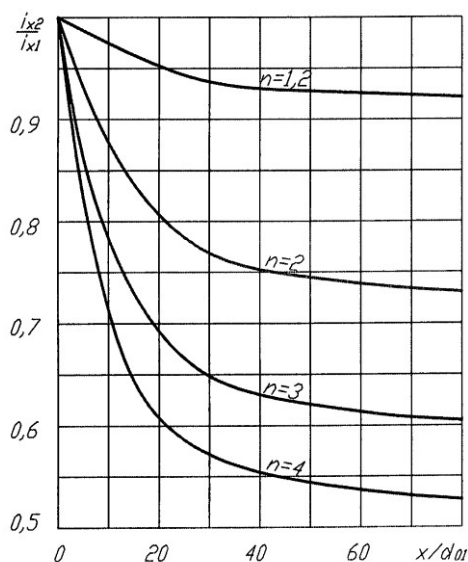


Рис. 2. Зависимость $(i_{x2}/i_{x1}) = f(x/d_{01}, n)$ для $c = 0,296$

Из анализа рис. 2 следует, что при увеличении напора воды, подаваемой на рыхление, и снижении расхода (при условии сохранения их произведения) удельный импульс струи снижается. Так, например, если увеличить напор в два раза ($n=2$), а расход снизить в два раза, то на расстоянии от среза сопла $x/d_{01} = 40$ удельный импульс струи снизится на 25%. Следовательно, снизится и эффективность рыхления грунта. Аналогичные соотношения были получены в расчетах [6]. Поэтому для повышения эффективности рыхления рекомендуется увеличивать расход воды Q_I на рыхление и снижать напор H_I . Минимально необходимое значение H_I должно быть рассчитано из условия обеспечения размыва грунта в зависимости от его гранулометрического состава и плотности. Рассмотрим методику такого расчета.

Из (2) можно написать

$$H_1 = \frac{u_{01}^2}{2g\mu^2}. \quad (14)$$

В [2] рекомендуется принимать

$$u_0 = 0,35\sqrt{i_s}, \quad (15)$$

где i_s – удельный импульс струи, обеспечивающий размыв грунта.

После подстановки (15) в (14) получим

$$H_1 = \frac{0,1225 i_s}{2g\mu^2}. \quad (16)$$

Значение i_s можно определить в соответствии с исследованиями [7] по выражению, Па

$$i_s = k(1,54d_{cp} - 1,3) \cdot 10^3, \quad (17)$$

где d_{cp} – средний диаметр частиц разрыхляемого грунта, мм;

k – коэффициент, учитывающий плотности сложения и однородности грунта (для грунтов средней плотности и однородности можно принять $k = 1$), значения k для других грунтов представлены в табл. 2 [7].

Расход воды на рыхление грунта можно определить по формуле [3]

$$Q_1 = mQ_{cp}, \quad (18)$$

где Q_{cp} – производительность по грунту,

m – коэффициент, зависящий от рода грунта ($m = 0,7 \div 1$ для песка, $m = 1$ для гравия).

По полученным значениям выполняется расчет параметров системы гидравлического рыхления в соответствии с [8].

Вывод. Если проектантом принимается насос системы гидрорыхления грунта с большей мощностью, чем получено расчетом, то, как показывают проведенные выше исследования, рекомендуется увеличивать расход воды Q_I , сохраняя расчетное значение напора H_I . Это позволит увеличить удельный импульс струи и эффективность рыхления.

Список литературы:

- [1] Краковский И.И. Суда технического флота. – Л.: Судостроение, 1968. – 505 с.
- [2] Лукин Н.В., Разживин С.Н., Стариков А.С. Суда технического флота: Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1992. – 335 с.

- [3] Арефьев Н.Н. Научное обоснование технических решений и разработка на их основе средств повышения эффективности судовых энергетических установок землесосных снарядов. / Дисс. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. – Н. Новгород, 2011. – 390 л.
- [4] Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы: Учебник для техникумов. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 328 с.
- [5] Сизов Г.Н. Работа затопленной гидромониторной струи. – М.: Водный транспорт, 1953. – 208 с.
- [6] Леванов Н.И. и др. Рабочие параметры грунтозаборных устройств плавучих землесосных снарядов и их конструктивные особенности / Под ред. И. М. Ялтанца. – М.: Изд. МГТУ, 2005. – 235 с.
- [7] Борисов Н.Н. Экспериментальное определение импульса силы давления водяной струи на грунт. // Научн. тр./ ГИИВТ, 1991, вып. 254, с. 23–32.
- [8] Арефьев Н.Н. Новый алгоритм расчета гидравлического рыхлителя земснаряда. // Вестник ВГАВТ, 2014, вып. 41, с. 353–355.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS CHOICE FOR THE DREDGING SYSTEM PUMP OF THE DREDGE

N.N. Arefyev

Key words: dredging, hydromechanization, dredger, soil acceptor, hydraulic loosening, flooded jet.

The article considers the results of theoretical studies of a flooded jet flowing in the loosening of soil. There are given recommendations for pump pressure and capacity choosing to increase the efficiency of hydro-loosening system.

Статья поступила в редакцию 24.04.2017 г.

УДК621.311.68

В.Г. Сугаков, д.т.н. профессор, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ю.С. Малышев, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

И.И. Ягжов, аспирант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ЦИФРОВОЕ ТРЕХКАНАЛЬНОЕ РЕЛЕ С ФУНКЦИЕЙ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Ключевые слова: цифровое реле, достоверность и коррекция выходной информации, реконструктивная диагностика.

В статье предложен трехканальный цифровой датчик частоты вращения, позволяющий повысить быстродействие и точность регулирования частоты генератора, а также достоверность выходной информации путем введения в схему функции реконструктивной диагностики. Приведены схемы цифрового реле частоты вращения и эюры сигналов на основных элементах схемы.

В последнее время с развитием микропроцессорной техники стало возможным построение различных реле и датчиков на микросхемах (микропроцессорах) среднего и высокого уровня интеграции, которые обрабатывают информацию в цифровых кодах и через электромеханические элементы передают управляющее воздействие на

исполнительный элемент. Характеристики этих реле заметно превосходят характеристики электромагнитных аппаратов за счет отсутствия инерционности.

Как показывает практика, для повышения надежности систем управления на базе микроконтроллеров требуется выполнение ими оценки и коррекции выходной информации или функции реконструктивной диагностики [1].

Рассмотрим работу трехканального датчика частоты вращения с функцией реконструктивной диагностики в сравнении с существующими цифровыми реле аналогичного назначения.

Например, цифровой измеритель скорости вращения, содержащий импульсный датчик, генератор эталонной частоты, счетчик импульсов, элемент задержки и электронные ключи, обеспечивает удовлетворительную точность [2]. Однако наличие лишь одного выходного канала приводит к невысокой достоверности выходной информации.

Существует реле частоты вращения (РЧВ) с трехканальным выходом по числу уставок, содержащий формирователь коротких импульсов, преобразователь частоты в постоянное напряжение, три пороговых устройства с задатчиками уставок, шесть индикаторов состояния и выходное устройство с тремя каскадами [3]. Наличие трех выходных каналов расширяет возможности РЧВ, однако, возможные сбои в измерительной части и в выходных каналах при отсутствии самодиагностики отражаются на достоверности выходной информации РЧВ и могут привести к сбою в работе системы управления.

С учетом перечисленных недостатков разработан трехканальный датчик частоты вращения с функцией реконструктивной диагностики (Рис. 1). Разработанный датчик позволяет устранить указанные недостатки существующих РЧВ и повысить достоверность выходной информации.

Датчик частоты вращения (ЧВ) содержит следующие блоки: 1 – измерительный блок, который выдает цифровую информацию о частоте вращения и содержит: генератор импульсов стабильной частоты, распределитель импульсов, первый и второй счетчики, первый и второй логические элементы И, первый и второй электронные ключи, элемент задержки, первые RS-триггер и регистр памяти; 2 – блок диагностики измерительного блока, контролирует работу измерительного блока и предотвращает прохождение недостоверной информации и содержит: третий, четвертый, пятый и десятый логические элементы И, второй и четвертый RS-триггеры, реверсивный счетчик, четвертые числовой компаратор и задающий регистр; 3 – блок диагностики каналов уставок, который контролирует исправность каналов уставок и корректирует выходную информацию при возникновении сбоев и содержит: дешифратор, второй регистр памяти, шестой, седьмой, восьмой и девятый логические элементы И, первый, второй, третий и четвертый логические элементы ИЛИ, первый и второй логические элементы НЕ и третий RS-триггер.

Датчик ЧВ работает следующим образом. На выходах задающих регистров 18, 19 и 20 соответственно устанавливают коды частоты вращения нижней X18, средней X19 и верхней X20 уставки. При этом выполняется соотношение кодов $X18 > X19 > X20$. На выходе задающего регистра 21 устанавливают код X21 предельно возможного приращения частоты вращения за время между импульсами на выходе формирователя 1. С началом вращения вала контролируемого объекта появляются импульсы X1 на выходе формирователя 1, интервал между которыми равен периоду вращения или фиксированной части этого периода.

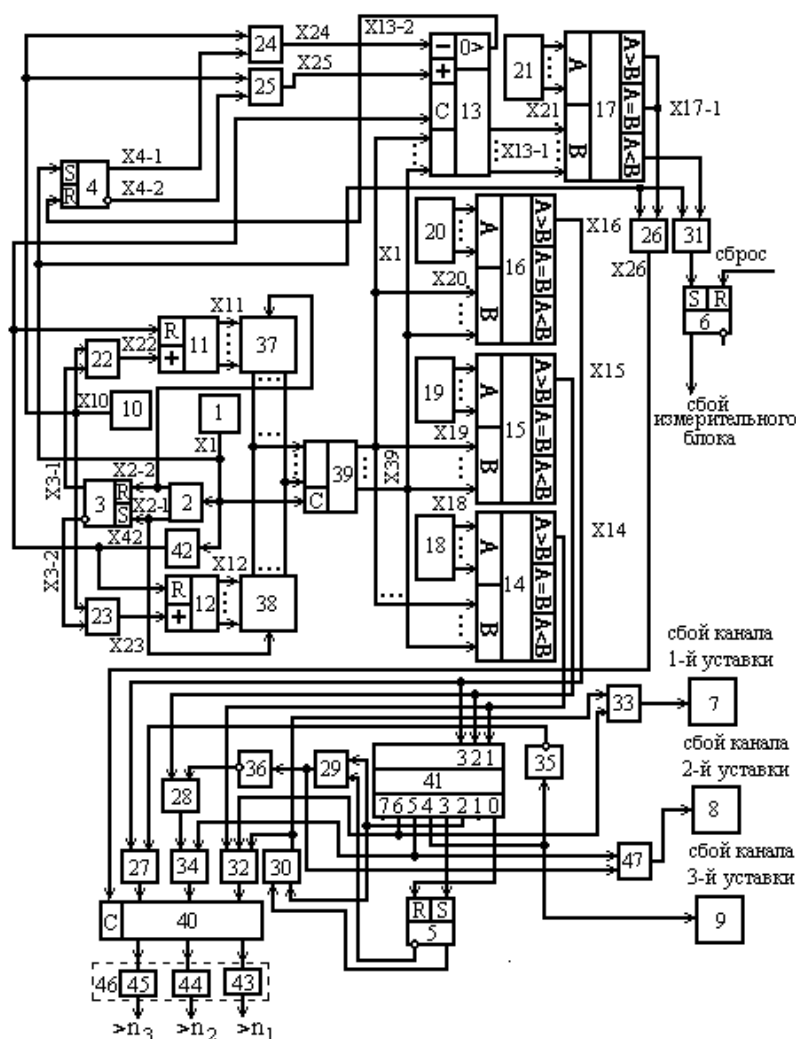


Рис. 1. Трехканальный датчик частоты вращения с функцией реконструктивной диагностики. 1 – формирователь коротких импульсов; 2 – распределитель импульсов; 3, 4, 5, 6 – RS-триггеры; 7, 8, 9 – индикаторы состояния; 10 – генератор импульсов стабильной частоты; 11, 12 – счетчики импульсов; 13 – реверсивный счетчик; 14, 15, 16, 17 – числовые компараторы; 18, 19, 20, 21 – задающие регистры; 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 – логические элементы И; 32, 33, 34, 47 – логические элементы ИЛИ; 35, 36 – логические элементы НЕ; 37, 38 – электронные ключи; 39, 40 – регистры памяти; 41 – дешифратор; 42 – элемент задержки; 43, 44, 45 – выходные каскады, которые образуют выходное устройство 46.

При появлении первого импульса X1 появляется импульс X2-1 на первом выходе распределителя 2, которым триггер 3 переводится в единичное состояние, и появляется сигнал X3-1 на его прямом выходе, подготавливающий элемент И 22 по второму входу. На счетный вход счетчика 11 через элемент И22 начинают поступать импульсы X10 с выхода 10 генератора импульсов. На выходе счетчика 11 начинает формироваться код X11 текущей частоты (периода) вращения.

С приходом второго импульса X1 с выхода формирователя 1 появляется импульс X2-2 на втором выходе распределителя 2, поступающий на сбросовый вход триггера

3, который меняя состояние подготавливает по второму входу элемент И 23 и закрывает элемент И 22, завершая формирование кода Х11 текущей частоты на выходе счетчика 11. Одновременно импульс Х2-2 со второго выхода распределителя 2 открывает электронный ключ 37, а импульс Х1 с выхода формирователя 1 записывает в регистр 39 код текущей частоты с выхода счетчика 11. После чего счетчик 11 обнуляется импульсом Х42 с выхода элемента задержки, подготавливаясь к очередному циклу формирования кода частоты.

Через элемент И 23, подготовленный по второму входу сигналом Х3-2 с инверсного выхода триггера 3, начинают поступать импульсы с выхода генератора 10 счетный вход счетчика 12, на выходе которого формируется очередной код Х12 частоты до появления следующего импульса Х1 на выходе формирователя 1. С его приходом импульсом Х2-1 с первого выхода распределителя 2 триггер 3 переходит в единичное состояние и элемент И 23 закрывается по второму входу. В тоже время открывается электронный ключ 38 и с выхода счетчика 12 в регистр 39 переписывается очередное значение кода текущей частоты. Далее процесс поочередного формирования кода на выходах счетчиков 11 и 12 повторяется. В результате измерительная часть реле обеспечивает на выходе регистра 39 постоянное присутствие кода Х39 текущей частоты вращения. Код Х39 с выхода регистра 39 поступает на вторые входы компараторов 14, 15 и 16, где сравнивается с кодами Х18, Х20 и Х21 уставок частоты поданными на первые входы компараторов с выходов регистров 18, 19 и 20 соответственно.

Результаты обработки кода частоты поступят на выход датчика и затем реле и далее в систему управления при условии исправности измерительной части, что оценивается по величине приращения кода частоты следующим образом.

Сформированный в предыдущем цикле измерения, на выходе счетчика 11, код частоты Х11 (Рис. 2), заносится в регистр 39 импульсом Х1 с выхода формирователя и далее в реверсивный счетчик 13 импульсом Х42 с выхода элемента задержки 42. Одновременно с приходом импульса Х1 с выхода формирователя 1 начинается формирование очередного кода частоты, а триггер 4 переводится в единичное состояние, подготавливая по второму входу элемент И 24. Через первый вход элемента И 24 с выхода генератора 10 на вычитающий вход счетчика 13 начинают поступать импульсы, и код Х13-1 на выходе счетчика 13 уменьшается. К концу (i+1)-го цикла измерения частоты на выходе счетчика 13 формируется код разности кодов частоты, сформированных при предыдущем Х39_i и последующем Х39_{i+1} измерении, $X13-i+1 = |X39_i - X39_{i+1}|$. Этот код характеризует приращение частоты. Он поступает на второй вход компаратора 17 и сравнивается с кодом Х21 (Рис. 2) допустимого приращения частоты (периода), поданным на первый вход компаратора 17 с выхода регистра 21.

Если в измерительной части реле произошел сбой и очередное измерение частоты имеет запредельное приращение, то к моменту завершения цикла измерения, когда появится импульс Х1, элемент И 31 будет подготовлен сигналом Х17-2 со второго выхода компаратора 17. Импульс Х1 с выхода формирователя 1 через элемент И 31 поступит на единичный вход триггера 6 который изменит свое состояние и выдаст сигнал «сбой измерительного блока» в систему управления. Одновременно компаратором 17 блокируется элемент И 26, препятствуя записи в регистр 40 недостоверной информации.

Если приращение частоты (периода) соответствует механической постоянной времени контролируемого объекта, то к моменту завершения цикла измерения появляется сигнал Х17-1 (Рис. 2) на первом выходе компаратора 17, который подготавливает по второму входу элемент И 26. С приходом импульса Х1 с выхода формирователя 1 элемент И 26 открывается и подает импульс Х26 на вход записи регистра 40 в который записывается новая информация.

Если контролируемая частота вращения снижается, то в процессе счета на информационном выходе счетчика 13 появляется нулевой код и далее появляется сигнал Х13-2 на выходе заема, который поступает на сбросовый вход триггера 4. Сигнал на

прямом выходе триггера 4 исчезает, закрывая элемент И 24, и появляется сигнал на инверсном выходе триггера 4, подготавливающий элемент И 25 по второму входу. Счетчик 13 меняет направления счета. Импульсы с выхода генератора 10 через элемент И 25 поступают на суммирующий вход счетчика 13 и к концу цикла измерения на его выходе формируется код приращения частоты. Далее он анализируется, как описано выше при возрастающей частоте.

Анализ исправности каналов уставок реле осуществляется по последовательности появления сигналов уставок.

При монотонном увеличении частоты вращения вала контролируемого объекта код Х39 частоты (периода) соответственно уменьшается. В начальный момент разгона вала на выходах компараторов 14, 15 и 16 сигналы Х14, Х15 и Х16 отсутствуют и на разрядах входа дешифратора 41 оказывается нулевой код (000₂). По мере разгона появляется сигнал Х14 на выходе компаратора 14, который поступает на младший разряд входа дешифратора 41 (код на входе дешифратора 001₂). Дальнейшее возрастание частоты приводит к появлению сигнала Х15 на выходе компаратора 15, а на входе дешифратора появляется код 011₂. При достижении третьей уставки частоты дополнительно появляется сигнал Х16 на выходе компаратора 16 и на вход дешифратора поступает код 111₂. Последовательность появления кодов 000₂, 001₂, 011₂ и 111₂ является естественной последовательностью кодов при разгоне и исправности каналов уставок. Они без коррекции записываются в регистр 40 и выдают сигналы на выходные каскады 43, 44 и 45 следующим образом.

При наличии кода 000₂ на входе дешифратора 41 появляется сигнал на его нулевом выходе, которым триггер 5 переводится в нулевое состояние. Элемент И 30 закрыт по первому входу. На входах элемента ИЛИ 32 сигналы отсутствуют, поэтому на первом разряде входа регистра 40 сигнал «0». Элемент И 28 закрыт по первому входу сигналом Х15 и сигнал на его выходе отсутствует. На входах элемента ИЛИ 34 сигналы отсутствуют, поэтому на втором разряде регистра 40 сигнал «0». Элемент И 27 закрыт сигналом Х16, поэтому на третьем разряде входа регистра 40 также присутствует «0». С приходом сигнала на вход записи в регистр 40 заносится код 000₂ и на выходные каскады 43, 44 и 45 сигналы не поступают.

При появлении на входе дешифратора 41 кода 001₂ сигнал перемещается на первый его выход. Сигнал Х14 с выхода компаратора 14 через элемент ИЛИ 32 поступает на первый разряд входа регистра 40. Уровень сигналов на втором и третьем разряде входа регистра 40 не изменяется и в него записывается 001₂. На выходной каскад 43 первой уставки поступает сигнал.

С появлением на входе дешифратора 41 кода 011₂ сигнал перемещается на третий его выход и переводит триггер 5 в единичное состояние. Элемент И 29 закрыт, сигнал на его выходе отсутствует. Появляется сигнал на выходе элемента НЕ 36, который подготавливает элемент И 28 по второму входу. Через элемент И 28 и элемент ИЛИ 34 с выхода компаратора 15 поступает сигнал на второй разряд входа регистра 40. На первом и третьем разряде входа регистра 40 сигналы не меняются. В регистр 40 заносится код 011₂, на выходные каскады 43 и 44 подаются сигналы.

При наличии кода 111₂ на входе дешифратора 41 появляется сигнал на его седьмом выходе. Сигнал на входе элемента НЕ 35 отсутствует и с его выхода сигнал подготавливает по второму входу элемент И 27. Через него на третий разряд входа регистра 40 поступает сигнал Х16 с выхода компаратора 16. На первом и втором разряде входа регистра 40 сигналы не меняются. В регистр 40 заносится код 111₂, с подачей сигналов на выходные каскады 43, 44 и 45.

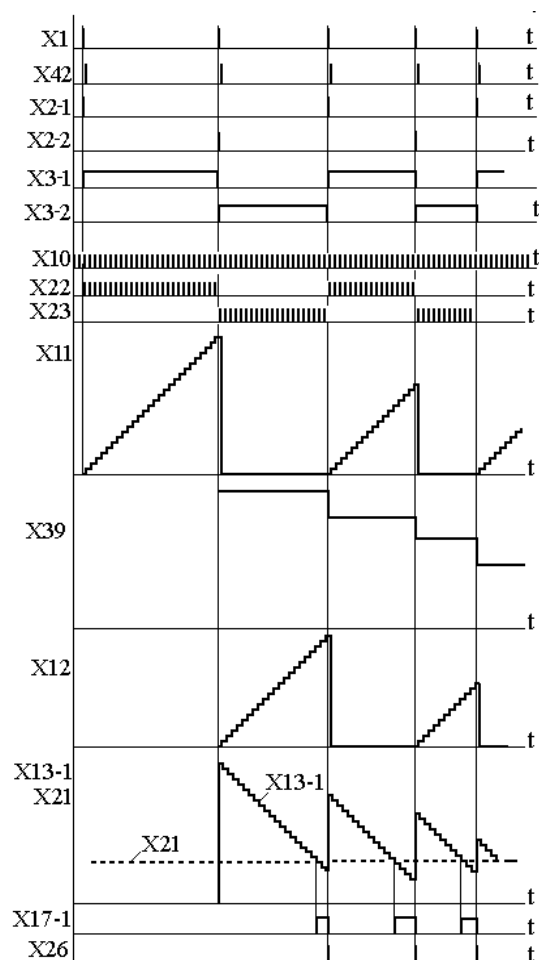


Рис. 2. Эпюры сигналов на основных элементах схемы

Появление на входе дешифратора 41 дефектных кодов (010_2 , 100_2 , 101_2 и 110_2) служит признаком выхода из строя канала определенной уставки. В этом случае до записи в регистр 40 код корректируется следующим образом.

Код 010_2 на входе дешифратора 41 возникает при сбое в канале второй или первой уставки. В обоих случаях появляется сигнал на втором выходе дешифратора 41, который подготавливает по вторым входам элементы И 29 и 30. Если коду 010_2 предшествовал код 000_2 , при котором триггер 5 переходит в сбросовое состояние, то появляется сигнал на выходе элемента И 29, который поступает через элемент ИЛИ 47 на индикатор 8, указывая причину неисправности «сбой канала 2-й уставки». В то же время становится равным нулю сигнал на выходе элемента НЕ 36, закрывая элемент И 28. На входах элемента ИЛИ 31 сигналы отсутствуют, поэтому на вход второго разряда регистра 41 подается «0» и в него записывается исправленный код 000_2 . Если коду 010_2 предшествовал код 011_2 , при котором триггер 5 переводится в единичное состояние, то появляется сигнал на выходе элемента И 30. Сигнал с выхода элемента И 30 через элемент ИЛИ 33 поступает на вход индикатора 7 для указания поврежденной части реле «сбой канала 1-й уставки», а через элемент ИЛИ 32 – на первый разряд входа регистра 40 для коррекции кода. В регистр 40 заносится исправленный код 011_2 .

Код 100₂ возникает на входе дешифратора 41 при сбое в канале третьей уставки. Сигнал появляется на четвертом выходе дешифратора 41 и поступает на вход индикатора состояния 9, указывая причину неисправности «сбой канала 3-й уставки». Одновременно поступает сигнал на вход элемента НЕ 35 и сигнал на его выходе исчезает, закрывая элемент И 27. В регистр 40 записывается откорректированный код 000₂.

Причиной установки кода 101₂ на входе дешифратора 41 является сбой в канале второй уставки. В этом случае появляется сигнал на пятом выходе дешифратора. Он поступает через элемент ИЛИ 47 на индикатор 8 для указания причины неисправности «сбой канала 2-й уставки» и через элемент ИЛИ 34 на второй разряд входа регистра 40, в который заносится исправленный код 111₂.

Код 110₂ поступает на вход дешифратора 41 при сбое в канале первой уставки. При этом сигнал с шестого выхода дешифратора 41 поступает через элемент ИЛИ 33 на индикатор 7 для указания причины неисправности «сбой канала 1-й уставки». Одновременно этот сигнал поступает через элемент ИЛИ 32 на первый разряд входа регистра 40 для коррекции кода. В регистр 40 записывается исправленный код 111₂.

В результате происходит коррекция каждого дефектного кода и выдача на выходное устройство 46 достоверной информации.

Таким образом, по предложенной методике возможно построение реле с расширенными функциональными возможностями, заключающимися в повышении достоверности выходной информации путем введения функций реконструктивной диагностики измерительной части и каналов уставок реле и коррекции информации при сбоях.

Список литературы:

- [1] Сугаков В.Г. Реконструктивная диагностика системы автоматического управления судовой электростанцией с математической коррекцией значений аргументов функций управления / В.Г.Сугаков, Ю.С. Малышев // «Эксплуатация морского транспорта». – №3 (65). – 2011.– с. 60–64.
- [2] Цифровой измеритель скорости вращения Описание изобретения к авторскому свидетельству RU 1075167, 1984.
- [3] Комплекс средств контроля дизеля КСКД 17.5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЗУ2.008.006 ТО. 1994. С. 35–37.

THREE-CHANNEL SENSOR WITH THE FUNCTION OF RECONSTRUCTIVE DIAGNOSTIC

V.G. Sugakov, Y.S. Malyshev, I.I. Yagzhov

Keywords: digital relay, integrity and correction of the output information, reconstructive diagnostic.

The article describes a three-channel speed transducer which permits to increase high-speed performance, generator frequency control accuracy and output information validity by including reconstructive diagnostic operations into a scheme. It also describes a digital sensor scheme and signals representations on the main scheme elements.

Статья поступила в редакцию 03.07.2017 г.

Раздел IX

***Актуальные проблемы права
и государства***

Section IX

Actual problems of law and state

УДК 343; 656

И.П. Кравец, заведующий кафедрой, доцент, кандидат юридических наук,
Институт экономики, управления и права. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МИГРАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

Ключевые слова: *миграционное законодательство, угроза национальной безопасности, незаконная миграция, проблемы государственной миграционной политики.*

В статье рассматриваются вопросы состояния национальной безопасности РФ в миграционной сфере, а также проблемы государственной миграционной политики и противодействия незаконной миграции.

В российском праве нет системного подхода к урегулированию миграционных отношений. Миграционное законодательство в сущности не регулирует миграционные потоки из государств - участников СНГ с безвизовым въездом или упрощенным порядком оформления въездных виз. В законах РФ отсутствует обязательная процедура дактилоскопирования иностранных мигрантов. На основании ст. 33 закона «Об иностранных гражданах» обязательная дактилоскопическая регистрация необходима двум категориям иностранных граждан: незаконно находящиеся в России и подлежащие приему (передаче) на основании международного договора о реадмиссии. В особенности текущие миграционные процессы в России прочно связаны с угрозами государственной безопасности РФ. Сейчас Россия в полной мере используется переселенцами из государств с внутривойсковыми и экономическими проблемами в качестве убежища, для оседания на постоянное жительство, а также ведения незаконной трудовой деятельности, в том числе торговлю оружием и наркотическими веществами, переправку рабочей силы в другие страны. Учитывая размеры рынка труда мигрантов в России и срастание национальных анклавов с криминальными структурами противозаконная трудовая деятельность приобрела важное значение для организованного преступного бизнеса. На основании увеличения численности этнических диаспор, восполняемых мигрантами, возникают предпосылки к формированию национальных и религиозных конфликтов. Бесконтрольный приток мигрантов отрицательно сказывается на криминальную обстановку в крупных административных и промышленных центрах, обстоятельно меняет межэтническую структуру населения некоторых субъектов государства и угрожает этнической, культурной и территориальной целостности России.

Ряд причин способствует воплощению угроз государственной безопасности в жизнь. К ним относятся:

- техническая необустроенность и недовершенность договорно-правового оформления обширных участков Государственной границы РФ со странами СНГ;
- наличие коррупции в субъектах государственной миграционной политики, которые способствуют незаконной миграции в РФ [1];
- более простой режим въезда на территорию РФ граждан некоторых иностранных государств;
- недостатки системы миграционного учета и контроля за перемещением и нахождением иностранцев и лиц без гражданства на территории РФ.

Положение государственной безопасности РФ в миграционной сфере в большинстве случаев определено работой российских законодателей в области миграционной политики, которая не дает возможности сопротивляться имеющимся угрозам [2]. Например, в работах Дамаскина О.В., Золотарева В.А., Антошкина С.А., Редкоуса

В.М., С.Г. Евтушенко, Фатеева К.В. дан анализ миграционных процессов и национальной безопасности России [3].

В работах Г.В. Антонова-Романовского, В.М. Баранова, И.С. Викторова, И.Н. Гавриловой, К.Д. Галиахметовой, О.В. Дамаскина, В.Е. Подшивалова, О.Н. Шерстобоева и др. раскрывается проблематика миграционной политики России и противодействия нелегальной миграции [4]. Также в своей работе Хабриева Т.Я. рассмотрела миграционное право в виде элемента системы российского права [5]. Конституционно-правовые основы урегулирования миграционных отношений, основные положения правового статуса переселенцев в РФ исследовали Н.Н. Анисимова, В.П. Басик, К.Д. Галиахметова, Р.Р. Искандеров, Т.В. Кочуков, М.Д. Оздоев, И.В. Плюгина, Б.С. Эбзеев и др.[6]. Область правового регулирования миграционных отношений не была предметом исследований ученых в виде обеспечения государственной безопасности России. На основании вышесказанного характеристика русского миграционного законодательства и исследование ее связи с положением национальной безопасности РФ являются актуальными.

В Концепции государственной миграционной политики РФ на период до 2025 года (далее – Концепция) говорится, что «миграционное законодательство РФ не в полной мере соответствует текущим и будущим потребностям экономического, социального и демографического развития, интересам работодателей и российского общества в целом. Оно ориентировано на привлечение временных иностранных работников и не содержит мер, способствующих переезду на постоянное место жительства, адаптации и интеграции мигрантов» [7]. Одним из недостатков системы правового регулирования миграционных процессов является большое количество нелегальных переселенцев. Например, каждый год в России от 3 до 5 млн. иностранцев работают нелегально. Действующие правовые механизмы не способны создать условия для нормальной адаптации и интеграции мигрантов, что в результате изолирует их от социума и влечет в преступную деятельность. На основании статистических данных ГИЦ МВД России можно сделать вывод о том, что за последние 10 лет происходит рост преступлений, совершенных иностранными гражданами и лицами без гражданства (апатридами) [8]. Около 80% преступлений совершается гражданами стран СНГ, но в то же время и пострадавшими от преступных посягательств по большей части являются граждане ближнего зарубежья [9]. В Концепции говорится, что «незаконная миграция, питающая рабочей силой теневой сектор экономики, является одной из главных причин усиления негативного отношения к мигрантам со стороны части населения Российской Федерации». На основании общепризнанных принципов и норм международного права происходит законное регулирование миграционных отношений для государственной безопасности страны. К примеру, в Декларации о правах человека в отношении лиц, не являющихся гражданами страны, в которой они проживают, 1985 года и Протоколе против незаконного ввоза мигрантов по суше, морю и воздуху к Конвенции ООН против транснациональной организованной преступности 2000 года признается право государств на принятие мер по противодействию нелегальной миграции, урегулированию въезда и выезда иностранных граждан и оснований их перемещения и пребывания внутри страны. Соглашение о сотрудничестве государств - участников Содружества Независимых Государств в борьбе с незаконной миграцией от 6 марта 1998 года – это первостепенный международный договор, предполагающий сотрудничество по борьбе с теневой миграцией в формате СНГ [10]. Нелегальные переселенцы, найденные в пределах границ одной из стран - участников вышесказанного Соглашения, депортируются в страну выезда на основании национального законодательства страны въезда в случаях, когда иное не предусмотрено международными договорами. Когда нелегальные мигранты появились на территории одной стороны Соглашения с территории другой стороны, они, на основании собранных доказательств, подлежат передаче последней. В тоже время передача «нелегалов» происходит на основании отдельных договоренностей.

Соглашения о реадмиссии и двусторонние договоры о партнерстве по вопросам пограничья есть важные элементы нормативно-правовой базы противодействия нелегальной миграции иностранных граждан в пользу государственной безопасности [11].

Миграционное законодательство России наравне с международно-правовой регламентацией включает комплекс правовых механизмов, регулирующих миграционные отношения для безопасности государства. Данные механизмы раскрываются:

- правовыми нормами, запрещающими въезд в РФ некоторых категорий иностранцев и апатридов (которые имеют неснятую или непогашенную судимость за совершение преступлений в РФ; подвергались депортации; были переданы другому государству на основании реадмиссии в период предыдущего пребывания в РФ; иностранных граждан, нежелательность нахождения которых на территории РФ подтверждена, и т.д.; наличие квот, установленных Правительством РФ, на выдачу иностранцам приглашений на въезд в РФ для трудовой деятельности; запрет на въезд в РФ определенных иностранцев и апатридов, установленный миграционным органом);

- правовыми нормами, которые определяют правосубъектность временно пребывающих в РФ иностранцев и апатридов (квоты на выдачу иностранцам разрешений на временное проживание в России, установленные Правительством РФ; запрет на выдачу или аннулирование разрешения на временное проживание; уменьшение Правительством РФ длительности временного пребывания; нежелательность нахождения иностранцев в РФ, решение о которых было принято);

- правовыми нормами, которые определяют правосубъектность постоянно проживающих в России иностранцев (запрет на выдачу или аннулирование вида на жительство; нежелательность нахождения иностранцев в РФ, решение о которых было принято);

- правовыми нормами, которые ограничивают перемещение иностранцев и апатридов на территории РФ (запрещенный режим въезда на определенные территории, организаций и объекты, список которых установлен Правительством РФ);

- правовыми нормами, которые регулируют работу иностранных трудящихся в РФ (запрет на замещение должностей и допуск иностранцев к работе на основании федерального закона; наличие квот на выдачу иностранцам разрешений для работы, установленных Правительством РФ; разрешенная доля иностранцев в определенных сферах экономики, установленная Правительством РФ; запрет на выдачу или аннулирование разрешения на осуществление трудовой деятельности);

- правовыми нормами, которые регулируют выезд из РФ иностранцев и апатридов (запрет на выезд иностранцев из РФ до принятия решения по уголовному делу; до вступления в законную силу приговора суда; до отбытия наказания или до освобождения от наказания; до исполнения обязательств; депортация иностранца из России; передача иностранца на основании Соглашения о реадмиссии; определение срока выезда из России при наличии решения об уменьшении длительности временного пребывания иностранцев на территории РФ, установленных Правительством РФ).

Правовые ограничения на въезд, нахождение на территории РФ, осуществление трудовой деятельности или транзитный проезд через территорию РФ определены для некоторых категорий граждан, а именно: иностранных граждан, поддерживающих насильственное изменение основ конституционного строя РФ; угрожающих национальной безопасности РФ; соучастники экстремистских группировок; иностранцев, депортированных за границы территории РФ; граждан, у которых есть неснятая или непогашенная судимость за совершение преступлений в России; граждан, которые были переданы иностранному государству на основании Соглашения о реадмиссии в период предыдущего пребывания в РФ; иностранных граждан, нахождение которых на территории России нежелательно; ни раз привлеченных к административной ответственности в России за нарушение режима пребывания иностранцев в РФ; совершавших административное правонарушение, которое было связано с незаконным оборотом наркотических средств или психотропных веществ; иностранцев, которые

предоставили поддельные или подложные документы либо сообщили о себе заведомо ложные сведения, и являются соответствующими норме, рациональными, подходящими и необходимыми для защиты конституционных ценностей [12]. Но действующая совокупность юридических норм осуществляется не очень результативно, невзирая на общую положительную динамику правового регламентирования миграционных отношений для обеспечения безопасности государства. Итак, чтобы дать реальную оценку состояния государственной безопасности РФ в миграционной области, усовершенствовать действующую систему миграционного контроля и модернизировать правовые механизмы осуществления национальной миграционной политики РФ, необходимо определить характеристики миграционного российского законодательства.

Проявление данных характеристик происходит в форме правового мониторинга нормативно-правовой базы и ее применения, а также при проверке Конституционным судом на соответствие нормативно-правовых актов Конституции РФ и рассмотрении жалоб о нарушении конституционных прав человека и гражданина в сфере миграции. Ключевые характеристики законодательства РФ в сфере миграции составляют:

- состояние разработанности понятийно-категориального аппарата;
- степень правовой регламентации режима въезда и выезда, транзитного проезда, а также нахождения на территории России иностранцев и апатридов;
- полнота организованности трудовой деятельности иностранцев и апатридов на территории РФ;
- уровень соответствия законодательных и подзаконных нормативно-правовых актов в области регулирования миграционных отношений;
- уровень регламентирования порядка привлечения к административной и уголовной ответственности при нарушении законодательства РФ в сфере миграции.

Единство понятийно-терминологической системы миграционного законодательства – одна из его характеристик. Не в полной мере описан понятийный аппарат в настоящем миграционном законодательстве РФ, что в результате получается неоднозначное толкование норм права. Например, в главе II ФЗ от 15.08.1996 № 114-ФЗ «О порядке выезда из РФ и въезда в РФ» (далее – Закон о выезде и въезде) отсутствует определение приглашающей стороны, не определены ее права и обязанности, а соответственно и ответственность в случаях приглашения иностранца, въезд которого не соответствует заявленной цели посещения страны.

Согласно положениям статьи 2 ФЗ от 25.07.2002 № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в РФ», (далее также – Закон об иностранных гражданах) понятие «иностранный работник», не включает категорию временно проживающих в России иностранцев, осуществляющих свою трудовую деятельность согласно трудовым или гражданско-правовым договорам. Размытое определение основных терминов и нехватка единой понятийно-терминологической системы миграционного законодательства дают возможность работодателям временно проживающих в РФ иностранцев использовать в своих целях и укрывать их от органов миграционного контроля. Основной характеристикой миграционного законодательства является уровень правовой регламентации общественных отношений, которые возникают при въезде, транзитном проезде, нахождения на территории РФ или же выезда из России иностранцев или апатридов. В ФЗ от 18.07.2006 № 109-ФЗ «О миграционном учете иностранных граждан и лиц без гражданства в РФ» (далее также – Закон о миграционном учете) у принимающей стороны отсутствует обязанность об уведомлении миграционных органов об отбытии иностранца из адреса, в результате чего мигранты свободно находятся на территории РФ и незаконно трудятся. В российском праве нет ограничений по количеству потенциальных регистраций по одному адресу. И в связи с этим, получается, что по одному адресу (их еще называют «резиновые адреса») может быть зарегистрировано неопределенное количество мигрантов. Таким образом, все пробелы в праве, а также наличие противоречий и недостатки на практике применения норма-

тивно-правовых актов в сфере миграции дают возможность организаторам незаконной миграции получать прибыль, неконтролируемую государственными органами, за осуществление нелегального въезда, проживания и транзитного проезда через территорию РФ. Степень правовой регламентации трудовой деятельности иностранцев и апатридов в России сказывается на безопасности государства в миграционной области.

На данный момент нет никаких специальных программ, контролирующих сезонную трудовую миграцию. Существующая система квотирования не дает в полной мере притока иностранной рабочей силы на основании заявленной потребности работодателей. Необходимо усовершенствование порядка использования физическими лицами иностранцев в личных и иных целях, основываясь на патентах на осуществление трудовой деятельности. Организация въезда и проживания иностранных работников на основании ходатайств подставных фирм, которые приглашают иностранцев в Россию и в последствии их легализуют – одна из первостепенных проблем правоприменения. Вышеназванные организации не осуществляют никакой хозяйственной деятельности, а их номинальные учредители и руководители весьма часто не в курсе о наличии этих фирм.

Значительно тормозит процесс борьбы с нелегальными мигрантами постановка иностранных граждан на миграционный учет через отделения почтовой связи с предъявлением копий документов, удостоверяющих личность. Такое положение привело к появлению в субъектах РФ коммерческих структур, которые оказывают иностранцам постановку их на учет с нарушениями имеющегося порядка за определенно материальное вознаграждение.

Список литературы:

- [1] В качестве незаконной миграции автор рассматривает незаконные въезд, выезд, пребывание (проживание) или транзитный проезд через территорию государства в целях оседания на постоянное жительство либо временного пребывания на территории той или иной страны.
- [2] Под миграционным законодательством Российской Федерации понимается совокупность общепризнанных принципов и норм международного права, законодательных и подзаконных нормативных правовых актов, регламентирующих общественные отношения, возникающие при осуществлении въезда, транзитного проезда, передвижения (пребывания) на территории Российской Федерации либо выезда из Российской Федерации иностранных граждан и лиц без гражданства.
- [3] Антошкин С.А. Этнополитические процессы в Дальневосточном регионе Российской Федерации и их влияние на пограничную безопасность: Дис. ... канд. полит. наук. М., 2010. – 195 с.; Гош Б. Суверенитет, безопасность и открытые границы // Миграции без границ / Под ред. А. Пеку, П. де Гюштенера. М., 2009. С. 159–163; Дамаскин О.В. Россия в современном мире: проблемы национальной безопасности. М., 2007. – 429 с.; Евтушенко С.Г. Правовое обеспечение военной безопасности России: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2000. – 199 с.; Золотарев В.А. Военная безопасность России: политико-правовые проблемы: Дис. ... д-ра юрид. наук. М., 1999. – 198 с.; Национальная безопасность и миграционная политика // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. М., 2005. – № 22; Редкоус В.М. Формирование законодательства в области миграции государств – участников СНГ и вопросы обеспечения национальной безопасности // Миграционное право. – 2007. – № 1. – С. 22–21; Фатеев К.В. Обеспечение военной безопасности Российской Федерации: теория и практика правового регулирования. М., 2005. – С. 51.
- [4] Прокуратура в системе обеспечения законности миграционного процесса в Российской Федерации / Под ред. О.В. Дамаскина. М., 2008; Баранов В.М. Незаконная миграция в современной России: понятие, виды, эффективность противодействия // Миграция, права человека и экономическая безопасность современной России: состояние, проблемы, эффективность защиты. Н. Новгород, 2004. – С. 49; Гаврилова И.Н. К проблеме государственной миграционной политики в Российской Федерации // Государственная власть и местное самоуправление. 2007. № 8; Подшивалов В.Е. Международно-правовые проблемы предупреждения и пресечения незаконной миграции: Дис. ... канд. юрид. наук. СПб., 2004. – С. 170; Шерстобоев О.Н. Принцип пропорциональности как необходимое условие высылки иностранных граждан за пределы гос-

ударства их пребывания: пределы правоограничения // Российский юридический журнал. – 2011. – № 6. – С. 10–11.

[5] Хабриева Т.Я. Миграционное право, как структурное российского право // Журнал российского права. – 2007. – № 11. – С. 31–32; Она же. Миграционное право России: теория и практика. М., 2008.

[6] Анисимова Н.Н. Правовой статус беженцев: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2002; Басик В.П. Правовое положение граждан Российской Федерации и иностранцев в России. М., 2004; Галияхметова К.Д. Конституционно-правовое регулирование положения мигрантов в Российской Федерации: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2006; Искандеров Р.Р. Правовой статус беженцев в Российской Федерации: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2006; Кочуков Т.В. Конституционно-правовой статус иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2004; Оздоев М.Д. Конституционно-правовой статус вынужденных переселенцев и беженцев в Российской Федерации: Дис. ... канд. юрид. наук. М., 2003; Плюгина И.В. Теоретические основы правового статуса мигрантов // Журнал российского права. 2009. №3; Эбзеев Б.С. Миграция населения – в теоретико-правовом аспекте // Журнал российского права. – 2008. – № 5. – С. 17–18.

[7] Конвенция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Президентом РФ 13 июня 2012 г.) // Ваше право. Миграция. – 2012. – № 13. – С. 18–20.

[8] URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2009/0363/analit04.php>.

[9] Бастрыкин А.И. Противодействие преступности мигрантов – один из основных факторов укрепления безопасности России // Право и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 27–58.

[10] Содружество. Информационный вестник Совета глав государств и Совета глав правительств СНГ. – 1998. – № 1.

[11] Правительством РФ заключены реадмиссионные Соглашения с Правительством Литовской Республики (2003), Европейским сообществом (2006), Кабинетом министров Украины (2006), Правительством Королевства Норвегия (2007), Правительством Республики Узбекистан (2007), Правительством Королевства Дания (2008), Правительством Исландии (2008), Правительством Социалистической Республики Вьетнам (2008), Федеральным Советом Швейцарской Конфедерации (2009), Правительством Республики Армения (2010), Правительством Турецкой Республики (2011) и Правительством Республики Казахстан (2012). Двусторонние договоры о сотрудничестве по пограничным вопросам заключены Российской Федерацией с Республикой Беларусь (1994), Республикой Болгария (1998), Республикой Молдова (1998), Киргизской Республикой (1999), Республикой Узбекистан (2011) и Социалистической Республикой Вьетнам (2008).

[12] О конституционности отдельных ограничений прав и свобод человека и гражданина см.: Зорькин В.Д. Угрозы международной и национальной безопасности и ограничения прав человека в практике конституционного правосудия // Российское правосудие. – 2006. – № 2. – С. 26–27; Эбзеев Б.С. Человек, народ, государство в конституционном строе Российской Федерации. М., 2005. – С. 232–234; Он же. Личность и государство в России: взаимная ответственность и конституционные обязанности. М., 2007. – С. 257–259.

LEGAL REGULATION OF THE STATE MIGRATION POLICY

I.P. Kravets

Key words: migration legislation, threat to national security, non-legal migration, problems of state migration policy.

The article examines the issues of the state of the national security of the Russian Federation in the migration sphere, as well as the problems of the state migration policy and the counteraction to illegal migration.

Статья поступила в редакцию 24.04.2017 г.

УДК 336.226.11

А.В. Телегус, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ДПО «Приволжский институт повышения квалификации ФНС России» 603950, г. Нижний Новгород, ул. Грузинская, 48.

В.Н. Бутченко, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «ВГУВТ» 606951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ ДОХОДОВ СУБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ПОЛУЧАЕМЫХ ОТ ПРОДАЖИ СУДОХОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: налог на доходы физических лиц, продажа судоходных транспортных средств

С 2016 г. в Российской Федерации существенно поменялись правила налогообложения налогом на доходы физических лиц доходов (далее – НДФЛ), получаемых собственниками недвижимости при её продаже. При этом в имеющихся в настоящее время разъяснениях официальных инстанций затрагиваются вопросы налогообложения НДФЛ только жилой недвижимостью либо земельных участков, но не речного или морского транспорта. Восполнить указанный правовой пробел призвано данное исследование.

На практике весьма распространены случаи, когда физические лица – субъекты транспортной инфраструктуры¹, получают доходы от продажи принадлежащих им на праве собственности судоходных транспортных средств.

С 01.01.2016 п. 17.1 ст. 217 Налогового кодекса РФ [1] (далее – НК РФ) действует в новой редакции², согласно абз. 2 которой освобождены от налогообложения НДФЛ доходы, получаемые физическими лицами, являющимися налоговыми резидентами России, за соответствующий налоговый период, в частности от продажи объектов недвижимого имущества с учетом особенностей, установленных ст. 217.1 НК РФ.

Одновременно введена в действие ст. 217.1 НК РФ определившая, в частности, что доходы, получаемые налогоплательщиком от продажи объекта недвижимого имущества, освобождаются от налогообложения при условии, что такой объект находился в собственности налогоплательщика в течение минимального предельного срока владения объектом недвижимого имущества и более, который, по общему правилу, составляет пять лет (п. 4 ст. 217 НК РФ). Исключения составляют случаи, если недвижимость получена в порядке наследования или дарения, в результате приватизации или в результате рентных отношения, когда минимальный период владения составляет три года (п. 3 ст. 217.1 НК РФ). При этом названные правила применяются в отношении объектов недвижимого имущества, приобретенных в собственность после 01.01.2016³, т.е. начиная со 02.01.2016.

Необходимо иметь в виду, что на основании п. 2 ст. 38 НК РФ под имуществом в налоговом законодательстве понимаются виды объектов гражданских прав (за исключением имущественных прав), относящихся к имуществу в соответствии с Гражданским кодексом РФ [2] (далее – ГК РФ), из которого, в свою очередь, следует, что под недвижимостью понимаются, помимо прочего, подлежащие государственной реги-

¹ Ст. 1 Федерального закона от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».

² П. 2 ст. 4 Федерального закона от 29.11.2014 № 382-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации».

³ П. 3 ст. 4 Федерального закона от 29.11.2014 № 382-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации».

страции морские суда и суда внутреннего плавания (п. 1 ст. 130 ГК РФ). Государственная регистрация судов производится в Государственном судовом реестре во исполнение требований ст. 33 Кодекса торгового мореплавания РФ и ст. 16 Кодекса внутреннего водного транспорта РФ.

Отметим, что налогоплательщик при налогообложении доходов, полученных от продажи принадлежавшего ему имущества, период владения которым составляет менее установленного в законодательстве минимального срока, имеет право на получение имущественного налогового вычета (пп. 1 п. 1 ст. 220 НК РФ), в размере полученных доходов, но не превышающем в целом 250 000 рублей (пп. 1 п. 2 ст. 220 НК РФ). Кроме того, вместо получения указанного налогоплательщик вправе уменьшить сумму своих облагаемых налогом доходов на сумму фактически произведенных им и документально подтвержденных расходов, связанных с приобретением этого имущества. (пп. 2 п. 2 ст. 220 НК РФ).

Названную нормы проиллюстрируем следующим примером.

Пример.

В январе 2017 г. налогоплательщик от своего отца по договору дарения получил моторное судно¹, право собственности на который в этом же зарегистрировано в ГИМС. В октябре 2017 г. налогоплательщик продал указанное судно за 1 млн 250 тыс. рублей. На основании пп. 1 п. 1, пп. 1 п. 2 ст. 220 НК РФ налогоплательщик имеет право на имущественный налоговый вычет, в сумме 250 000 рублей.

Сумма НДФЛ составит:

$$130\,000 \text{ руб. } ((1\,250\,000 \text{ руб.} - 250\,000 \text{ руб.}) \times 13\%).$$

Вместе с тем необходимо отметить, что законодатель отдельно не предусмотрел правил определения налоговой базы по НДФЛ в отношении операций по продаже недвижимости, права собственности на которую возникли до 02.01.2016. Это является одной из проблем налогообложения, требующей обсуждения: все-таки п. 17.1 ст. 217, ст. 220 НК РФ изложены в новой редакции, действующей с 01.01.2016, а специального указания на то, что по доходам от продажи недвижимости, права собственности на которую возникли до 02.01.2016, применяются ранее действовавшие правила, каких-либо оговорок в НК РФ не содержится, а старая редакция НК РФ, позволяющая полностью освобождать от налогообложения НДФЛ доходы, полученные от продажи недвижимости, находившейся в собственности налогоплательщика не менее трех лет, не действует фактически с 2016 г. Соответственно, текстуальный анализ норм действующей редакции НК РФ позволяет прийти к выводу о том, что при продаже указанного имущества законодательно не установлены какие-либо минимальные сроки владения, а соответствующие доходы можно уменьшить только на фиксированный размер имущественного налогового вычета (применительно к судоходному транспорту – 250 000 рублей), что само по себе означает фактическую отмену с 2016 г. налоговой льготы по НДФЛ для граждан, продающих имущество, приобретенное до 02.01.2016, и влечет за собой явное ухудшение положения налогоплательщика.

Однако названный юридический пробел не помешал Минфину России разъяснить, что новый порядок налогообложения, предусмотренный действующей редакцией НК РФ, не применяется к доходам, полученным от продажи имущества, приобретенного в собственность до 2016 г., а их налогообложение осуществляется в порядке, действующем до вступления в силу соответствующих изменений. При этом подчеркивается, что в соответствии с ранее применявшейся редакцией п. 17.1 ст. 217 НК РФ (которая, по мнению Минфина России, продолжает действовать в отношении имущества, при-

¹ Приказ МЧС России от 24.06.2016 № 340 «Об утверждении Правил государственной регистрации маломерных судов, поднадзорных Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

обретенного в собственность до 01.01.2016) не подлежат налогообложению НДФЛ доходы, получаемые физическими лицами, являющимися налоговыми резидентами РФ, от продажи объектов недвижимости, находившихся в собственности налогоплательщика три года и более¹. Аналогичную точку зрения занимает и ФНС России².

Справочно: обратим внимание на то, что в разъяснениях официальных учреждений содержится досадная техническая ошибка: как было указано выше, новый порядок применения налоговой льготы, вступивший в силу с 01.01.2016, действует в отношении имущества, приобретенного в собственность не до 01.01.2016, а до 02.01.2016 (см. сноски № 2, 3).

Тем не менее позиции официальных органов, по нашему мнению, должны базироваться на определенных методологических основаниях.

Согласимся с точкой зрения Г.А. Гаджиева³ о том, что в налоговой политике нельзя руководствоваться исключительно фискальными соображениями, что законодатель ограничен конституционными принципами, и прежде всего принципом равенства, предполагающим, что каждое нормативное решение должно носить конституционно-обоснованный характер. По его суждению, существует важная универсальная правовая позиция, состоящая в том, что и при отмене действия налоговых льгот законодатель должен привести конституционно-правовое обоснование. Тем самым законодатель не может исходить из презумпции «я установил льготу – я ее и отменяю»; он ограничен в своей дискреции принципами Конституции РФ и конституционно значимыми принципами, содержащимися в ст. 3 НК РФ, в том числе принципом экономической обоснованности налога.

Справедливо высказывание К.В. Арановского⁴, указывающего, что по смыслу ст. 1, 2, 6 (часть 2), 8, 17 (часть 1), 18, 19, 34, 35 и 55 (часть 3) Конституции РФ принципы правового государства, правового равенства и справедливости, право собственности, экономическая свобода обязывают к правовой определенности и предсказуемости законодательства о налогах при разумном согласовании между собой, в частности, интересов бюджета, стабильности оборота, поддержания доверия среди его участников и предполагают защиту от риска произвольных, необоснованных решений в налогообложении.

В силу п. 6 ст. 3 НК РФ акты законодательства о налогах и сборах должны быть сформулированы таким образом, чтобы каждый точно знал, какие налоги (сборы, страховые взносы), когда и в каком порядке он должен платить.

Согласно правовой позиции Конституционного Суда РФ, сформулированной в Определениях от 01.07.1999 № 111-О, от 07.02.2002 № 37-О, от 04.12.2003 № 445-О, новая норма налогового законодательства, ухудшающая положение налогоплательщика, не должна применяться к делящимся правоотношениям, возникшим до дня официального введения нового налогового регулирования⁵.

В соответствии с общеправовыми принципами налогового законодательства при введении в действие законов о налогах и сборах гражданам, которые до изменения правового регулирования имели право на пользование налоговой льготой и утрачивают его после вступления в силу соответствующего закона, должен быть предоставлен достаточный переходный период, в течение которого они могут адаптироваться к вносимым изменениям с тем, чтобы минимизировать неблагоприятные последствия⁶.

¹ Письмо Минфина России от 14.02.2017 № 03-04-05/8238, от 13.01.2017 № 03-04-05/955, от 09.09.2016 № 03-04-05/52891.

² Письмо ФНС России от 24.11.2016 № БС-3-11/5592@.

³ Особое мнение судьи Конституционного Суда РФ Г.А. Гаджиева по Постановлению Конституционного Суда РФ от 02.12.2013 № 26-П.

⁴ Мнение судьи Конституционного Суда РФ К.В. Арановского по Определению Конституционного Суда РФ от 03.07.2014 № 1555-О.

⁵ Определение Верховного Суда РФ от 20.04.2016 №310-КГ16-3020 по делу №А68-1415/2015.

⁶ Определение Верховного Суда РФ от 11.02.2015 № 38-АПГ14-3.

Таким образом, можно прийти к следующим выводам.

1. Режим налогообложения доходов граждан, полученных от продажи имущества, в т.ч. и судоходных транспортных средств, может дифференцироваться в зависимости от периода его приобретения в собственность. Однако такая дифференциация должна быть обоснованной и мотивированной, а её критерии – соответствовать конституционному требованию четкости, определенности и недвусмысленности налоговых норм.

2. Введение с 01.01.2016 нового правового регулирования в силу п. 2 ст. 5 НК РФ не могло отменять юридические гарантии стабильности ранее возникших правоотношений и ухудшить правовое положение налогоплательщиков, которые приобрели имущество в собственность до 02.01.2016.

3. Применение закона, устранившего с 01.01.2016 трехлетний минимальный период владения недвижимостью, не являющейся жилой (земельными участками), которая приобретена до 02.01.2016, фактически означает придание такому закону обратной силу, что приведет к нарушению общеправового принципа неухудшения положения налогоплательщика, закрепленного в п. 2 ст. 5 НК РФ.

Учитывая изложенное, для объектов недвижимого имущества, в т.ч. для подлежащих государственной регистрации морских судов и судов внутреннего плавания, приобретенных в собственность до 02.01.2016, в целях налогообложения НДФЛ доходов, полученных субъектами транспортной инфраструктуры – физическими лицами от их продажи с 2016 г., минимальный предельный период владения таким имуществом составляет три года.

Список литературы:

- [1] Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 03.04.2017).
[2] Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 28.03.2017).

TAXATION OF INCOMES OF SUBJECTS OF A TRANSPORT INFRASTRUCTURE, DERIVED FROM THE SALE OF SHIPPING VEHICLES

A.V. Telegus, V.N. Butchenko

Keywords: *the tax to incomes of physical persons, selling shipping vehicles*

From 2016 in the Russian Federation has substantially changed the rules for the taxation the tax to incomes of physical persons of the income (the personal income tax) received by the owners of the property when it is sold. Explanations official authorities dealt with the taxation of personal income tax only residential property or land, but not sea or river transport. To fill the specified legal gap designed the study.

Статья поступила в редакцию 03.07.2017 г.

УДК 347.411

Н.В. Чих, к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой,

Институт экономики, управления и права ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

А.Е. Ермаков, студент, *Институт экономики, управления и права*

ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФЕДЕРАЛЬНОГО КАЗНАЧЕЙСТВА

Ключевые слова: *Федеральное казначейство, правовое регулирование, проблемы.*

В статье затрагивается теоретическая и практическая проблематика, связанная с деятельностью Федерального казначейства, и непосредственно проблемы его правового регулирования.

Существенное место в государственном управлении финансами занимает Федеральное казначейство России. Являясь важным участником бюджетного процесса, Казначейство России обеспечивает исполнение федерального бюджета и осуществляет контрольную деятельность в отношении федеральных средств, поэтому эффективное осуществление им своих функций имеет особую значимость.

Федеральная служба уже подвела итоги своей работы в 2016 году и опубликовала их на своем сайте в сети «Интернет». Так, за прошлый год обеспечено кассовое обслуживание исполнения бюджетов всех субъектов России, государственных внебюджетных фондов РФ и территориальных государственных внебюджетных фондов; из федерального бюджета было направлено около 848, 3 млрд. рублей на предоставление бюджетных кредитов субъектам и муниципальным образованиям РФ, в ходе реализации которых в бюджет поступило 103 млн. рублей в качестве процентов; введено казначейское сопровождение средств бюджета, а также заработала с начала года Единая информационная система в сфере закупок, предназначенная для размещения информации о размещении заказов на поставки товаров и направленная на повышение прозрачности в сфере закупок [1].

За последние годы Федеральное казначейство стало мощной учетной и контрольной системой с высоким уровнем технической оснащенности и автоматизации работы в управлении финансами. Сегодня федеральная служба является одной из самых развитых в сфере IT-технологий и заслуженно считается новатором в этой сфере [2].

Несмотря на данные факты, Казначейство России также сталкивается с различными проблемами в ходе осуществления своих полномочий. Относительно этого нужно отметить, что структурой принята Стратегическая карта на 2016–2020 годы, в которой отражены направления развития системы казначейских органов [3]. Кроме того, на наличие проблем и необходимость их решения указывают и периодические научные публикации.

На сегодняшний день особую значимость приобретают вопросы, связанные с осуществлением контроля в финансовой сфере и внешнего контроля качества работы аудиторских организаций, определенных Федеральным законом от 30.12.2008 г. №307-ФЗ «Об аудиторской деятельности». Указанные функции были переданы федеральной службе только в феврале 2016 г. [4], но уже имеются результаты данной деятельности. Объем проверенных средств федерального бюджета в 2016 г. снизился и составил 3 442,7 млрд. рублей против 9 311,5 млрд. рублей в 2015 г., что связано с проведением организационно-штатных мероприятий по исполнению вышеуказанного Указа Президента РФ. При этом, необходимо отметить повышение количества проверенных средств государственных внебюджетных фондов и территориальных государ-

ственных внебюджетных фондов медицинского страхования на 1 171,9 млрд. рублей по сравнению с 2015 г., в котором было проверено лишь 202,2 млрд. Казначейством России были выявлены нарушения в части нецелевого и неэффективного использования бюджетных средств, составившие 15,4 % от всех нарушений в финансово-бюджетной сфере или 104,9 млрд. рублей, при этом больше половины приходится на последние нарушения [1]. Если в отношении нецелевого использования введена административная и уголовная (совершенное в крупном размере) ответственность, то в отношении неэффективности расходов мер ответственности не установлено. В связи с этим необходимо внести в Кодекс об административных правонарушениях РФ ответственность за неэффективное использование бюджетных средств, учитывая соразмерность штрафных санкций действиям получателя бюджетных средств.

Также требуется разработать новые методы и подходы к осуществлению контроля в финансово-бюджетной сфере, стандартизации и унификации проведения контрольных мероприятий с тем, чтобы обеспечить качество проведения контроля от санкционирования платежных операций клиентов до ревизии финансово-хозяйственной деятельности. Кроме того, перед Федеральным казначейством стоит задача по классификации видов нарушений, а также определению процедуры разрешения возникающих по результатам проверок споров и разногласий.

Необходимо уделить внимание также полномочиям по осуществлению внешнего контроля качества работы аудиторских организаций. В этой сфере отмечается снижение с 2012 г. проводимых плановых проверок. Это связано с уменьшением количества аудиторских организаций, осуществляющих аудит организаций, определенных п. 3 ст. 5 ФЗ «Об аудиторской деятельности», с 924 в 2014 г. до 743 в 2016 [1]. В данной сфере также сложилась практика перехода компаний из одной саморегулируемой организации (далее – СРО) [5] в другую, в результате чего организация избегает проведения контрольных мероприятий [1]. В отношении этого требуется внести на законодательном уровне обязательное прохождение внешнего контроля организаций до их выхода из СРО. Также следует отметить, что в настоящее время Министерством финансов РФ не были внесены изменения в административный регламент осуществления внешнего контроля качества работы аудиторских организаций в соответствии с действующими реалиями, поэтому необходимо провести работу в этом направлении.

Отдельное внимание заслуживает такой метод финансового контроля, как казначейское сопровождение контрактов. Данный механизм, в целом, схож с банковским сопровождением, когда всем участникам кооперации открываются счета в банке, который осуществляет мониторинг за осуществляемыми расчетами по контракту. Разница состоит в том, что при казначейском сопровождении подрядчики должны открыть счета в органах Казначейства России для проведения им выплат. Все выплаты осуществляются в соответствии с предоставленными документами и только на установленные цели, но до этого средства хранятся на счетах в структурах Банка России. Данный метод впервые был испробован в 2015 г [6] на объектах космодрома «Восточный» и распространился на проекты свыше 1 млрд. рублей или с авансом более 30%. Доказав свою эффективность [7], он был в последствии расширен на контракты свыше 100 млн. рублей и на строительство моста через Керченский пролив [8]. Несмотря на его действенность, законодательно казначейское сопровождение закреплено только на уровне Федерального закона «О бюджете». В связи с этим считаем необходимым внести соответствующие поправки в Бюджетный кодекс РФ, закрепляющие данный механизм финансового контроля, а также принять более устойчивые подзаконные нормативные правовые акты, регламентирующие осуществление данной деятельности.

Эффективное осуществление полномочий любым органом публичной власти осуществляется не только за счет более подробной детализации его полномочий и налаживания взаимодействия с другими органами власти, но и путем совершенствования системы управления внутри самого органа и развития своих информационных сетей. Это должно привести к повышению доверия при взаимодействии с органами

государственной власти страны и доверия со стороны граждан страны, повышению качества сервисов, предоставляемых Казначейством России.

Следует отметить работу в части совершенствования исполнения решений налоговых органов. Исполнение решений налоговых органов через казначейство позволяет сократить трудовые, временные и финансовые затраты. До 2016 г. взыскать недоимки по налогам можно было только путем обращения в суд, а это процесс весьма продолжительный и недешевый. Сейчас это возможно сделать во внесудебном порядке на основании решения налогового органа, что гораздо упрощает процедуру взыскания [9]. На данный момент отсутствует четкий порядок направления уведомлений в случае неисполнения решений о взыскании за счет средств, отраженных на счетах налогоплательщика. Разработка и утверждение этого документа позволит сократить обеспечить сокращение доставки уведомлений до налоговых органов, что также повлияет на эффективность данного механизма.

Для значительного взаимодействия и упрощения документооборота между клиентами и органами казначейства необходимо также минимизировать наличное денежное обращение [9], что позволит сократить трудозатраты и сэкономить транспортные расходы, так как взаимодействие осуществляется через систему электронного документооборота и клиенту не надо предоставлять денежный чек на бумажном носителе.

Для повышения качества работы Федерального казначейства как органа, осуществляющего валютные операции, считаем важным внедрить механизм проведения валютных операций его клиентов на федеральном уровне в рамках функционирования единого казначейского счета в иностранных валютах. Это позволит обеспечить исполнение платежных документов клиентов Казначейства России по денежным обязательствам в иностранной валюте.

В рамках совершенствования методологии кассового исполнения государственных программ целесообразно провести меры по полному отражению и учету влияния на целевые индикаторы при исполнении государственных программ всех инструментов политики государства, включая применение налоговых льгот, мер тарифного регулирования, нормативного регулирования, что должно отражаться в техническом задании на осуществление государственных услуг. Необходимо доработать методику оценки эффективности этих программ, используя данные лицевых счетов получателей бюджетных средств, открытых в органах Федерального казначейства, в рамках кодов бюджетной классификации обеспечения финансами целевых программ [10].

В целях интеграции процессов формирования бюджета [11] и государственных программ необходимо обеспечить одновременное представление в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации проекта федерального бюджета на очередной финансовый год и плановый период и проектов изменений в государственные программы.

Объем статьи не дает возможности проанализировать все проблемы в правовом регулировании деятельности Федерального казначейства, но даже на базе изложенного материала можно сделать вывод, что необходимо продолжить работу по совершенствованию нормативной правовой базы, регулирующей функционирование Казначейства России.

Список литературы:

- [1] Итоговый доклад о результатах деятельности Федерального казначейства за 2016 год и основных направлениях деятельности на среднесрочную перспективу, одобренный протоколом расширенного заседания Коллегии Федерального казначейства от 14 марта 2017 г. № 1 [Электронный ресурс] / Официальный сайт Федерального казначейства. – Электрон. – Режим доступа: <http://www.roskazna.ru/o-kaznachejstve/plany-i-otchety/o-rezultatakh-raboty-flk>. – 07.06.2017 г.;
- [2] Титова О.В. Казначейство России: настоящее и будущее / О.В. Титова // Молодой ученый. – 2013. – № 2. – С. 187–189;

- [3] Стратегическая карта Казначейства России на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] / Официальный сайт Федерального казначейства. – Электрон. – Режим доступа: <http://www.roskazna.ru/o-kaznachejstve/strategicheskie-celi-i-zadachi>. – 07.06.2017 г.
- [4] О некоторых вопросах государственного контроля и надзора в финансово-бюджетной сфере: Указ Президента РФ от 02.02.2016 г. N 41 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 6. – Ст. 831;
- [5] О саморегулируемых организациях: Федеральный закон от 01.12.2007 г. N 315-ФЗ (в ред. на 03.07.2016 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2007. – N 49. – Ст. 6076;
- [6] О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов: Федеральный закон от 01.12.2014 г. № 384-ФЗ (в ред. на 28.11.2015 г.) // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru. – 2014. – № 0001201412030001;
- [7] Александр Демидов: «На любые выплаты из федерального бюджета юридическим лицам должен распространяться госконтроль» [Электронный ресурс] / Экономика и жизнь. – Электрон. – Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/313683/>. – 07.06.2017 г.;
- [8] О федеральном бюджете на 2016 год: Федеральный закон от 14.12.2015 г. № 359-ФЗ (в ред. на 22.11.2016 г.) // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru. – 2015. – № 0001201512150048;
- [9] Чернышова О.Н. Основные направления совершенствования деятельности Федерального казначейства / Чернышова О.Н., Фёдорова А.Ю. // Социально-экономические явления и процессы. – 2016. – №7. – С. 63–68.
- [10] Официальное сообщение Минфина России от 10.07.2014 г. «Основные направления бюджетной политики на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» // КонсультантПлюс. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru>. – 06.06.2017 г.;
- [11] Богославцева, Л.В. К вопросу о роли федерального казначейства в повышении эффективности финансирования государственных (муниципальных) программ / Л.В. Богославцева // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1-2. – С. 260–264;

PROBLEMS OF LEGAL REGULATION OF ACTIVITY OF FEDERAL TREASURY

N.V. Chih, A.E. Ermakov

Key words: Federal Treasury, legal regulation, problems.

The article touches upon theoretical and practical problems associated with the activities of the Federal Treasury and the problems of its legal regulation.

Статья поступила в редакцию 28.06.2017 г.

Раздел X

Философия. Общество. Культура

Section X

Philosophy. Society. Culture



УДК 32.1

Ж.Г. Нгома Лухуоло, аспирант, ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
А.Е. Кошелева, аспирант, ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

ПОЛИТИКО-ФИЛОСОФСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ВНЕШНЕЙ ПОЛИТИКИ КНР В АФРИКЕ

Ключевые слова: политико-философское осмысление, внешняя политика, маоизм, КНР, «мягкая сила»

Статья посвящена политико-философским аспектам внешней политики Китая в Африке. Выявлены основные особенности политики «мягкой силы» Китая. Проанализирован ряд проявлений проникновения Китая на африканский континент.

Одним из наиболее влиятельных акторов международных отношений в современном мире является Китайская Народная Республика (КНР). Как и любая другая великая держава, КНР руководствуется в своей внешней политике не только сиюминутной выгодой, но политико-философской доктриной [1, С. 48], являющей своего рода связующим звеном между осознанием прошлого и настоящего страны, с одной стороны, и системным видением будущего, с другой (увы, не всегда элита России мыслила подобным образом [12, С. 15]).

Важно подчеркнуть, что свою активную внешнеполитическую экспансию (едва ли не в первую очередь идейную!) Китай начал ещё за несколько десятилетий до того, как его экономика стала одной из крупнейших в мире. Имеет смысл утверждать, что на Африканский континент китайское влияние проникло сразу после 1960-го года, названного, как известно, «годом Африки» (до этого социалистического влияния на большей части континента почти не было [9, С. 52.]). В КНР в тот период времени единственно верным учением являлся маоизм. Следует согласиться с тем, что «Мао Цзэдун в значительной мере трансформировал марксизм» [10, С. 77]. По сути маоизм был «левой» разновидностью марксизма, адаптированный к тому же в первую очередь для стран «третьего мира». Выглядит закономерным, что в Африке сразу же появилось большое число сторонников маоизма [2; 17; 21]. Уместно даже признать, что КНР в то время ничуть не устала в активности СССР и Кубе [4, С. 40], которые активно продвигали социализм на африканском континенте. Не случайно, например, что после своего свержения в 1963 году первый президент Республики Конго Фюльбер Юлу во всём обвинял КНР [20] (на самом деле, маоисты в РК не доминировали – едва ли не самым из известным из них был К.Э. Ндалла – один из видных конголезских политиков 1960–1970-х годов, главой государства так и не ставший).

Не вдаваясь в подробности истории маоизма на экспорт» отметим, что на рубеже XX–XXI веков философско-политическое видение внешнеполитического курса КНР стало совершенно иным [5, С. 22]. По нашему мнению, скорее имеет смысл утверждать о том, что КНР заимствовала у стран Запада арсенал «мягкой силы». Как известно, указанное понятие в последнее десятилетие во многих странах мира стало часто употребляемым применительно к вопросам внешней политики (хотя порой исследователи и признаёт неоднозначность данного термина [3, С. 136; 11; 22, С. 276]). Данный термин «мягкая сила» («soft power») был введён в оборот американским политологом Джозефом Наем в 1990 году. Автор определил «мягкую силу» как «способность добиваться желаемого на основе добровольного участия союзников, а не с помощью принуждения или подачек. <...> Соблазн всегда эффективнее принуждения,

а такие ценности, как демократия, права человека и индивидуальные возможности, глубоко соблазнительны» [7, с. 24].

«Мягкое» могущество подразумевает под собой применение в качестве ресурсов властного влияния привлекательные политические имиджи и культурные ценности, которые активно транслируются с помощью средств массовой информации. Мягкое могущество, отмечал Дж. Най, возникает в том случае, когда страна привлекает своей культурой (как элитарной, так и массовой!), политическими идеалами и программами. Таковое проявляется в привлечении других к сотрудничеству без применения каких-либо угроз и поощрений [13, с. 119].

Важно подчеркнуть, что «мягкую силу» в своей внешней политике применяют не только страны Запада и Российская Федерация, но также и Китайская Народная Республика. Едва ли не в первую очередь это касается китайской политики на африканском континенте. Причина тому очевидна и связана в первую очередь с экономическими реалиями. В самом деле, «Африка обладает богатейшими природными ресурсами (нефть, газ, уголь, руды, древесина, камень, кость и др.) и ёмким рынком (около 1 млрд человек) товаров, услуг и капиталов. Доступ к ним обеспечивает условия для экономического развития» [6, С. 59]. Выглядит естественным, что Китая считает африканский рынок «приоритетным направлением развития» экономических взаимоотношений и усматривает преимущества хозяйственных связей с континентом в его богатых природных и человеческих ресурсах, в более низкой по сравнению с КНР себестоимости произведенных в Африке товаров, а также в том, что на Черном континенте «инвестиционный климат год от года становится лучше» [15, С. 302]. Не случайно, что уже в 2007 году он стал вторым по объёму торговым партнером для африканских стран после Соединенных Штатов, обогнав традиционно сильных на этом материке Францию и Великобританию. Торговый оборот между Китаем и Африкой с 2000 по 2006 годы вырос в 5 раз (с 10 до 55,5 миллиардов долларов). В конце 2010 года Китай впервые обогнал США, став для государств Африки экономическим партнером № 1. [8, С. 150]. Мало того, в настоящее время общий объем китайских инвестиций в экономику континента превысил 40 млрд долл., включая 15,3 млрд долл. прямых инвестиций [14, С. 35]. Укажем также, что «повышенный интерес Китая к Африке можно рассматривать как часть более широкой стратегии «выхода», начатой руководством КНР в конце 1990-х гг., которая поощряет государственные и частные компании инвестировать за рубеж, особенно в странах, богатых природными ресурсами» [18, С. 123].

Применение «мягкой силы» КНР в Африке насчитывает уже более 10 лет. Так, большую роль в этом играет Фонд развития человеческих ресурсов Африки (ФРЧРА), созданный в 2000 году. На средства данной структуры выделяются правительственные стипендии африканским студентам для получения образования в вузах КНР, финансируются программы и курсы в учебных заведениях Китая и африканских государств, а также оплачиваются командировки направляемых в Африку педагогических кадров. Стипендии китайского правительства предоставляются студентам большинства стран Африки. В 2001–2003 гг. на африканском континенте китайскими представителями было организовано 300 учебных групп, в которых прошло обучение 7 тыс. специалистов. Уже на второй встрече министров Форума сотрудничества Китай-Африка (ФСКА) принято решение об увеличении на одну треть средств ФРЧРА. Дополнительные средства предназначались для подготовки в 2004–2006 гг. 10 тыс. специалистов. Означенные показатели были превышены. В 2004–2005 гг. китайская сторона подготовила 7,6 тыс. специалистов, в 2006 г. – ещё почти 3 тыс.». [6, С. 63–64]. И процесс этот активно продолжается по сей день.

Ещё один интересный пример, свидетельствующий об активном применении «мягкой силы» КНР в Африке – так, 3 ноября 2006 г. в Пекине выступал председатель КНР Ху Цзиньтао, который выдвинул «восемь мер» по развитию отношений «стратегического партнерства нового типа» применительно к сотрудничеству КНР с афри-

канскими странами. Речь шла о достижениях в том числе и таких показателей, как строительство 100 школ; увеличении ежегодных стипендий правительства с 2 до 4 тыс.; подготовки 15 тыс. специалистов» [6, С. 60].

Кроме того, нельзя не упомянуть о всё большем значении образовательных инициатив и программ центров Института Конфуция. По данным Госканцелярии КНР, для преподавания китайского языка за рубежом (сокращенно Ханьбань) были открыты 18 центров Института Конфуция в странах Африки [19, С. 81].

Необходимо также отметить, что в отличие от США, в Китае развитие «мягкой силы» напрямую связано с правительственными инициативами [19, С. 82]. В целом же все акции и высказывания КНР в духе «мягкой силы» направлены на нивелирование опасений некоторых африканских кругов относительно вероятных «неоколониалистских» устремлений КНР как «новой имперской» державы, приходящей-де на смену старым западным колонизаторам. Для опровержения этого тезиса Китай начал внедрять мысль, что его первые контакты с континентом начались задолго до того, как там ступила нога европейца. Китай даже выделил 2,4 млн долл. на проведение совместных археологических работ на кенийском побережье с целью доказать, что первые китайские мореплаватели достигли африканских берегов еще 600 лет назад [15, С. 307].

В целом сегодня руководство КНР отводит «третьему миру» роль важной силы в продвижении новейшей теоретической установки Пекина – строительства «гармоничного мира» [16, С. 119]. «Мягкая сила» как раз и призвана содействовать означенной «гармоничности». Таким образом, КНР наряду с США, Францией и Российской Федерацией стремится стать влиятельным «игроком» на поле африканской политики, применяя для этого подобно своим конкурентам ресурсы «мягкой силы».

Список литературы:

- [1] Гусев Е.А. Кризис современной философской мысли // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2014. № 39. С. 47–50.
- [2] Дейч Т.Л. Маоизм – угроза Африке. М.: «Международные отношения», 1972. 168 с.
- [3] Звягина Д.А. «Мягкая сила»: Структурный анализ // Инициативы XXI века. 2012. № 3. С. 135–137.
- [4] Корольков А.В. Военные и гуманитарные миссии Кубы за рубежом // Латинская Америка. 2009. № 1. С. 36–45.
- [5] Лычагин А.И. Китай: Реформы в интересах народа: Новейшая история реструктуризации гос. предприятий КНР / А.И. Лычагин; м-во образования Рос. Федерации, Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Ин-т стратег. исслед. Нижегород. ун-та. Н.Новгород, 2004. 246 с.
- [6] Мардашев А.А. Помощь КНР странам Африки // Вестник МГИМО Университета. 2012. № 2. С. 59–70.
- [7] Най-младший Дж. «Мягкая сила» и американо-европейские отношения // Свободная мысль – XXI. 2004. № 10. С. 33–35.
- [8] Немо В.А. Политика «мягкой силы» КНР в Африке // Актуальные проблемы современности. Материалы 7-й Всероссийской научно-практической конференции «Альтернативный мир» / отв. ред. Д.В. Буяров. Благовещенск, 2013. С. 149–153.
- [9] Никуличев С.Ю. Отношения объединенной Европы со странами Африки: опыт коллективного сотрудничества, 1957–2001 г. Дис. ... канд. ист. наук: 07.00.03. М., 2009. 328 с.
- [10] Новикова Е.Ю. Социально-философские взгляды Мао Цзэдуна // Вестник Академии. 2012. № 2. С. 77–79.
- [11] Паршин П.Б. Два понимания «мягкой силы»: Предпосылки, корреляты и следствия // Вестник МГИМО Университета. 2014. № 2 (35). С. 14–21.
- [12] Пахомова Е.А. Либералы против большинства: На примере отношения к «Пятидневной войне» // Научное мнение. 2014. № 10 (3). С. 14–20.
- [13] Русакова О.Ф. Дискурс softpower во внешней политике // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2012. № 32. С. 118–121.
- [14] Сафронова Е.И. КНР – страны Африки и Латинской Америки // Китайская Народная Республика: политика, экономика, культура. 2012–2013. М., 2013. С. 350–375.

- [15] Сафронова Е.И. Отношения КНР со странами Африки и Латинской Америки // Китайская Народная Республика: политика, экономика, культура К 65-летию КНР. Москва, 2014. С. 301–310.
- [16] Сафронова Е.И. Современная политико-экономическая стратегия КНР в отношении стран «третьего мира» (на примере Африки и Латинской Америки) // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. 2010. Т. 15. № 15. С. 116–139.
- [17] Фомичева М.В., Красильников А.С. Китай и Африка: Подрывная деятельность маоистов в Африке / Под ред. засл. деят. науки РСФСР, д-ра ист. наук Г.В. Астафьева; АН СССР, Ин-т Дальнего Востока. М.: Мысль, 1976. 263 с.
- [18] Хлопов О.А. Энергетическая политика и стратегия Китая // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: История и политические науки. 2015. №4. С. 118–128.
- [19] Ягья В.С., Ковалевская Н.В., Ли М. Стратегия «мягкой силы» во внешней политике КНР в Африке // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. №9. С. 77–84.
- [20] Youlou F. J'accuse la Chine Paris, La Table ronde, 1966. 253 p.
- [21] Hutchison A. China's African revolution. London: Hutchinson, 1975. 313 p.
- [22] Nasyrov I.R., Troynich Y.I., Piskorskaya S.Y., Shumakova N.A. Understanding of «soft power» by Joseph Nye // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2016. № 15. С. 275–277.

POLITICAL-PHILOSOPHICAL DIMENSION OF FOREIGN POLICY CHINA IN AFRICA

J.G. Ngoma-Lokhuolo, A.E. Kosheleva

Key words: political and philosophical understanding, foreign policy, Maoism, China, «soft power»

The article is devoted to political and philosophical aspects of China's foreign policy in Africa. Identified the main features of the policy of «soft power» of China. Analyzed a number of manifestations of the penetration of China into the African continent.

Статья поступила в редакцию 01.04.2017 г.

УДК 378

Е.А. Пахомова, канд. ист. наук, доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

О.Ю. Сильчук, преподаватель ГБПОУ «Нижегородское музыкальное училище

им. М.А. Балакирева»

Е.А. Фоменкова, преподаватель ГБПОУ «Нижегородское музыкальное училище

им. М.А. Балакирева»

603057, г. Нижний Новгород, ул. Бекетова, 5в

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В ГРУ ИМ. И.П. КУЛИБИНА (НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ХОРОВОГО КОЛЛЕКТИВА)

Ключевые слова: Л.Н. Морёнова, педагог, Горьковское речное училище им. И.П. Кулибина, хоровое дирижирование, патриотическое воспитание, эстетическое воспитание

Статья посвящена опыту организации внеучебной работы с курсантами в ГРУ им. И.П. Кулибина на примере деятельности хорового коллектива.

В советский период было сделано много положительного для подъёма культурного уровня населения. Этот тезис не оспаривают даже многие современные либералы! [3, С. 97–100; 4, С. 95; 19, Р. 250]. Высокий результат был достигнут за счёт организации в рамках внеучебной работы в образовательных учреждениях разного уровня (от начального до высшего) разнопрофильных коллективов эстетической направленности и спортивных секций. Несмотря на сложные реалии послевоенной жизни данная тенденция была практически повсеместной, и таким образом культурная жизнь провинциальных городов была порою сравнима по насыщенности событиями со столичной. И само население, включая молодёжь, активно участвовало в культурной жизни.

В полной мере, по нашему мнению, этот тезис применим и к реалиям города Горького. Не случайно, что в советские годы этот мегаполис являлся одним из признанных центров музыкальной культуры в общесоюзном масштабе [2; 10; 12; 13]. Яркое свидетельство тому – гастроль таких всемирно известных дирижёров, как Е.Ф. Светланов, Н.Г. Рахлин, К.К. Иванов, Ф.Ш. Мансуров, Г.Н. Рождественский, М.Л. Ростропович (он выступал неоднократно и как дирижёр, и как солист – ныне областная филармония носит его имя), пианистов С.Т. Рихтера, Э.Г. Гилельса, Т.П. Николаевой и многих других музыкантов.

Среди работавших в городе Горьком дирижёров заслуживают упоминания К.П. Кондрашин, И.Б. Гусман, Л.К. Сивухин, Г.П. Муратов [9; 11; 14; 15; 17]. Именно в г. Горьком 12 ноября 1962 года прошёл не имеющий аналогов концерт из произведений Д.Д. Шостаковича, первым отделением которого дирижировал сам автор (прозвучали Первый виолончельный концерт и Праздничная увертюра). «Это единственный случай в его жизни, когда он дирижировал оркестром после студенческих лет» – так отзывался об этом концерте солировавший на нём М.Л. Ростропович. [18, С. 417–418]. Именно здесь же, в Горьковской филармонии, 9 февраля 1974 года прошла мировая премьера Первой симфонии А.Г. Шнитке под управлением Г.Н. Рождественского.

Сложились в городе и богатые традиции воспитания дирижёров: на дирижёрско-хоровом отделении Горьковского музыкального училища – ныне Нижегородское музыкального училище (колледж) им. М.А. Балакирева, а также в созданной в 1946 году Горьковской государственной консерватории им. М.И. Глинки и открывшейся в том же году Горьковской хоровой капелле мальчиков (ныне – Нижегородский хоровой колледж им. Л.К. Сивухина) получили образование многие поколения молодых музыкантов [1]. Ведущее значение в подготовке дирижёров-хоровиков принадлежало таким выдающимся педагогам, как П.С. Скаковский, М.А. Саморукова, А.А. Лебединский, Е.Н. Гаркунов, А.И. Сытов, В.П. Малышев (первый руководитель Капеллы мальчиков).

Едва ли не самым известным горьковским педагогом, содействовавшим развитию хорового дирижирования и, шире, музыкальной культуры в городе являлась Лариса Николаевна Морёнова (урождённая Гоник). Свою педагогическую карьеру она начала в послевоенные годы в стенах Горьковского речного училища им. И.П. Кулибина, помогая руководителю хорового кружка Чернышову [7, Л. 16; 8, Л. 13]. Успехи этого подразделения неоднократно отмечались руководством училища в 1950-е годы [5, Л. 7об., 10; 6, Л. 13]. Хоровой коллектив ГРУ им. И.П. Кулибина ставил своей целью не только общее эстетическое воспитание курсантов, но и привитие интереса к традициям русской музыкальной культуры: репертуар хорового коллектива всегда включал в себя наряду с классикой хоровой литературы и современными массовыми песнями (в основном, посвященными Великой Отечественной войне) большое число фольклорных произведений [7, Л. 4]. Это позволяло адаптировать приехавшую из сельской глубинки молодёжь к реалиям новых социальных условий, способствовало сплочению коллектива.

Руководители хора всегда отмечали высокий уровень дисциплины курсантов, их уважение к дирижёрам, искренний интерес к музыке. Успехам курсантов на музыкальном поприще способствовало серьёзное отношение к организации работы хоро-

вого коллектива со стороны командного состава училища. Несмотря на напряженный учебный график, продолжительные плавательские практики на судах, расписание репетиций хорового коллектива всегда соблюдалось. Нет сомнений в том, что эти достижения в культурно-массовой работе в целом положительно сказались и на развитии воспитательной работы в горьковских вузах (в первую очередь в Горьковском государственном институте инженеров водного транспорта [16, С. 223]).

Впоследствии полученный в рамках Горьковского училища им. И.П. Кулибина опыт Л.Н. Морёнова творчески применяла в Горьковском (а затем и Нижегородском) музыкальном училище им. М.А. Балакирева, воспитав не одно поколение дирижёров, востребованных в том числе и за рубежом.

Таким образом, воспитательная работа эстетической направленности в учебных заведениях различного профиля, в том числе и транспортного, создавала благоприятные условия для развития культуры региона в целом. Данный положительный опыт безусловно следует перенимать и учитывать при организации воспитательной работы на современном этапе, ибо ценности национальной культуры являются, без преувеличения, вечными и способствовать формированию патриотизма.

Список литературы:

- [1] Батюк И.В. Современная хоровая музыка: теория и исполнение. СПб.: Лань, 2015. 216 с.
- [2] Беляков Б.Н., Блинова В.Г., Бордюг Н.Д. Оперная и концертная деятельность в Нижнем Новгороде – городе Горьком (1798–1980). Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1980. 336 с.
- [3] Быков Д. Думание мира: Рецензии, статьи, эссе. СПб.: Лимбус Пресс, 2009. 376 с.
- [4] Быков Д. Календарь-2. Споры о бесспорном. М.: Астрель, 2012. 446 с.
- [5] Государственный общественно-политический архив Нижегородской области (ГОПАНО). Ф. 1299. Оп. 1а. д. 15. Протоколы партсобраний, заседаний бюро, планы работы парторганизации.
- [6] ГОПАНО. Ф. 7331. Оп. 1. Д. 1. Протоколы заседаний комитета ВЛКСМ Горьковского речного училища им. И.П. Кулибина от 20 января 1950 г.
- [7] ГОПАНО. Ф. 7331. Оп. 1. Д. 2. Материалы IV комсомольской конференции от 30 октября 1955 г.
- [8] ГОПАНО. Ф. 7331. Оп. 1. Д. 4. Отчётный доклад на VII комсомольской конференции от 27 октября 1956 г.
- [9] Живов В.Л. Хоровое исполнительство: Теория. Методика. Практика: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. 272 с.
- [10] Казак С.В. Страницы из истории Нижегородской музыкальной культуры. Н.Новгород: б.и., 1994. 6 с.
- [11] Казак С.В., Лемберская С.М. Горьковскому музыкальному училищу 100 лет. 1873–1973 (Очерк). Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1972. 56 с.
- [12] Катц А. Воспоминания о встречах с А. Шнитке // Музыкант-Классик. 2015. №3–4. С. 40–45.
- [13] Коллар В.А. Музыкальная жизнь Нижнего Новгорода-Горького. Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1976. 176 с.
- [14] Музыка над Волгой = Music on the Volga: Нижегородская государственная академическая филармония имени Мстислава Ростроповича: [альбом] / [Я.И. Гройсман - сост. и др.]. Н. Новгород: ДЕКОМ, 2014. 206 с.
- [15] Нижегородская государственная консерватория (академия) имени М.И. Глинки. 1946–2011. Альбом. Н. Новгород: ДЕКОМ, 2013. 208 с.
- [16] Пахомова Е.А., Семенова А.С., Редозубова О.А. Патриотическое воспитание в транспортном вузе // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2013. № 36. С. 223–225
- [17] Терханов С. Покуда кровь моя бурлит... // Музыкальная академия. 2008. № 3. С. 127–129.
- [18] Уилсон Э. Жизнь Шостаковича, рассказанная современниками / пер. с англ. О. Манулкиной. СПб.: Композитор. – СПб.: Композитор, 2006. 536 с.
- [19] Fomenkov A.A., Pakhomova E.A. The problem of 'new' art perception in the USSR: case study of avant-garde // Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities. 2016. Т. 8. № 1. С. 245–252.

**THE EXPERIENCE OF THE ORGANIZATION
OF AESTHETIC EDUCATION
IN GRU I.P. KULIBINA (THE CHOIR)**

Е.А. Pakhomova, O.Y. Silchuk, E.P. Fomenkova

Key words: *L.N. Morenova, teacher, Gorky river College I.P. Kulibin, choral conducting, Patriotic education, aesthetic education.*

The article is devoted to experience of organization of extracurricular work with students in the GRU them. I. P. Kulibin, for example, the activities of the choir.

Статья поступила в редакцию 07.07.2017 г.

ВЕСТНИК
Волжской государственной академии
водного транспорта

Выпуск 52
2017

Формат бумаги 70х180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 15,63. Уч.-изд. л. 21,88.
Заказ 175. Тираж 500.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса ВГУВТ
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5