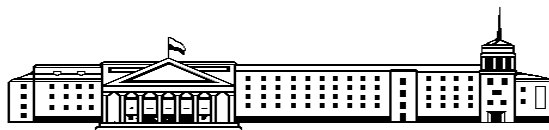


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ»



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 1 (9)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Барышников С. О.
(главный редактор)
Решняк В. И.
(ответственный
редактор)
Гладков Г. Л.
Гарибин П. А.
Колосов М. А.
Безюков О. К.
Иванченко А. А.
Веселков В. В.
Сикарев А. А.
Пантина Т. А.
Буянова Л. Н.

Скобелева И. П.
Каратаев О. Г.
Курошева Г. М.
Голоскоков Д. П.
Нырков А. П.
Зубрилов С. П.
Попов Б. Н.
Лиходей О. А.
Ушакова Г. В.
Некрасов С. Н.
Климов Е. Н.
Посашкова С. Е.
(ответственный
секретарь)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2011

Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2011. — 194 с. (Вып. 1).

ISSN 2073-6169

Журнал является научно-образовательным периодическим изданием, зарегистрированным Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации от 22 февраля 2008 г. ПИ № ФС77-312188).

В Журнале публикуются:

- результаты диссертационных работ, теоретических и экспериментальных исследований по направлениям научной деятельности отраслевых вузов и научно-исследовательских институтов;
- статьи методологического и методического характера по актуальным проблемам развития отечественного и зарубежного водного транспорта;
- обзорные материалы научных конференций, семинаров, совещаний по проблемам развития водного транспорта;
- материалы в области повышения эффективности образовательного процесса вуза;
- сообщения и статьи к юбилейным датам и знаменательным событиям университета и его ведущих ученых.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ.





II МЕЖВУЗОВСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ»**

12–13 мая 2011 года



**Санкт-Петербургский государственный университет
водных коммуникаций приглашает студентов и аспирантов
принять участие в работе II межвузовской научно-практической
конференции студентов и аспирантов**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ»**

**Конференция состоится 12–13 мая 2011 г.
в Санкт-Петербургском государственном университете
водных коммуникаций (г. Санкт-Петербург).**

Основные направления работы конференции:

- **Водные пути и гидротехнические сооружения.**
- **Портовая техника и электромеханика.**
- **Судостроение и судоремонт.**
- **Судовождение, навигация и связь на водном транспорте.**
- **Экология и охрана водных ресурсов.**
- **Информационные системы и технологии на водном транспорте.**
- **Экономика и финансы водного транспорта.**
- **Организация перевозок и управление на водном транспорте.**
- **Гуманитарные, социальные и правовые проблемы
водного транспорта.**

**Участие в работе конференции является бесплатным.
Статьи участников конференции будут опубликованы к началу конференции.**

**Более подробная информация о работе конференции размещена
на сайте www.spbuwc.ru**

**С уважением, председатель Организационного комитета
ректор СПГУВК С. О. Барышников**

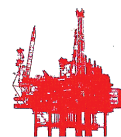
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

1. *ИСАЕВА Анна Андреевна* — заместитель директора Департамента государственной политики в области морского и речного транспорта Минтранса России, кандидат экономических наук, доцент.
 2. *ГУСМА Станислав* — ректор Морского университета (Щецин, Польша), доктор наук, профессор.
 3. *ЕГОРОВ Геннадий Вячеславович* — генеральный директор ЗАО «Морское инженерное бюро — СПб», доктор технических наук, профессор.
 4. *КАРМАЗИНОВ Феликс Владимирович* — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии России, почетный гражданин Санкт-Петербурга.
 5. *ЮСУПОВ Рафаэль Мидхатович* — директор Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ.
 6. *СМИРНОВ Николай Григорьевич* — вице-президент Ассоциации судоходных компаний, кандидат технических наук.
-
-



НЕВА 2011

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ 20-23 СЕНТЯБРЯ 2011



ОДИННАДЦАТАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПО СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ, ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций



Международная научно-практическая конференция Водный транспорт Европы: интеграция, инвестиции, инновации

20 сентября 2011 г. «Ленэкспо», пав. 7, зал 7

ИНТЕГРАЦИЯ

Возможности и перспективы интеграции внутренних водных путей Европы и России.
Развитие мультимодальных перевозок как фактор повышения конкурентоспособности водного транспорта.
Создание условий для переключения грузов с наземных видов транспорта на внутренний водный транспорт.
Экологическая безопасность - стратегическое преимущество водного транспорта.

Круглый стол: «Сотрудничество в области водного транспорта и туризма как фактор развития двусторонних отношений России с зарубежными странами».

ИННОВАЦИИ

Интеллектуальные транспортные системы: внедрение инфокоммуникационных технологий на речном транспорте.
Речное судостроение: приоритеты и инновации.
Энергоэффективность и энергосбережение на водном транспорте.

ИНВЕСТИЦИИ

Приоритетные проекты развития инфраструктуры внутренних водных путей в рамках ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010 – 2019 годы)».
Обновление флота судоходных компаний: задачи, проблемы, перспективы.
Государственно-частное партнерство – механизм повышения инвестиционной привлекательности речного транспорта.

Круглый стол: «Модернизация инфраструктуры внутреннего водного транспорта на основе инновационного развития».

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ8*Гапеев А. М., Моргунов К. П.* Гидротехническому факультету — 90 лет8*Данилюк В. А.* Расчет камеры судоходного шлюза методом граничных элементов14*Одеришев А. В., Сухоруков В. С.* Тренажерный комплекс интерактивного обучения оператора грузоподъемного крана20*Моргунов К. П., Кардаков А. А.* Оценка технического состояния камеры22**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА29***Приходько В. М., Бабенко Б. Б., Хассан Мелкави.* Факторный анализ отказов электродвигателей на водном транспорте29**СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ34***Барышников С. О., Лопарева Т. О., Чистов В. Б.* Устранение остаточного перегиба полным поперечным разрезом корпуса судна34*Щербакова О. В., Романченко М. К.* Исследование спектра собственных частот винтовой пружины41*Сухотерин М. В., Ломтева К. О.* Оценка действия сосредоточенной силы на обшивку судна43*Гаврилюк Р. Н.* Исследование нагружения подшипников судового валопровода48**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ55***Кузьмин А. А.* Новый вектор профессионального транспортного образования55*Юрин И. В., Глущенко Е. А.* Применение современных интернет-технологий на водном транспорте65*Зубарев Ю. Я., Гайнуллин А. С.* Вероятностная формализация процессов обработки каботажных судов на контейнерных терминалах70*Чертовской В. Д.* Задача замены ресурсов в управлении производством74*Голоскоков Д. П.* Математическое моделирование нестационарных температурных полей79*Сахаров В. В., Королев В. И.* Применение матрицы Крылова для апериодического управления динамическими объектами83**СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ88***Каретников В. В., Сикарев А. А., Андрюшечкин Ю. Н.* Влияние взаимных помех на дальность передачи корректирующих данных в информационном канале автоматизированных идентификационных систем88*Прохоренков А. А.* Применение ситуационного метода оценки навигационной безопасности при плавании по внутренним водным путям91*Рудых С. В.* Структурная схема и особенности автоматизированной системы управления техническим и вспомогательным флотом на внутренних водных путях95

<i>Нырков А. П., Викулин П. В.</i> Алгоритм управления движением судов, идущих пересекающимися курсами	100
<i>Некрасов С. Н., Прохоренков А. А.</i> Комбинированный метод оценки навигационной безопасности при плавании по внутренним водным путям	106
<i>Викулин П. В.</i> Алгоритм безопасного движения судна по контрольным точкам маршрута ...	109

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 114

<i>Зубрилов С. П., Гуриков Ю. В.</i> Улучшение качества питьевых вод кислородом малых концентраций методами физической активации	114
<i>Михеева Т. А.</i> Обоснование производительности и расчет основных узлов установки очистки воды в системе «Water table»	119
<i>Решняк К. В., Посашкова С. Е.</i> Технология внесудовой переработки судовых загрязнений ...	126
<i>Курников А. С., Мизгирев Д. С.</i> Вопросы проектирования систем газоочистки для судов комплексной переработки отходов	131

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ 136

<i>Малиновская О. В., Скобелева И. П.</i> Кластерный подход в управлении портовым хозяйством	136
<i>Ротко Л. А., Кочеганова И. А.</i> Оценка эффективности формирования и распределения прибыли морского порта	140
<i>Иванова М. Б.</i> Критерии и методы оценки привлекательности рынка транспортных услуг ..	149
<i>Грасс Е. Ю.</i> Методы антикризисного управления дебиторской и кредиторской задолженностью на предприятиях водного транспорта	157
<i>Корезин А. С., Поскочинова О. Г.</i> Альтернативные методы управления экономической безопасностью транспортного предприятия	161
<i>Санжиева Т. В.</i> Управление рисками судоходной компании на основе интеграции сбалансированной системы показателей и риск-менеджмента	169
<i>Иванова С. Е., Митрофанова Н. В.</i> Современные принципы формирования цены перевозки грузов в линейном судоходстве	175
<i>Панамарева О. Н.</i> Государственно-частное партнерство как основной инструмент технического, технологического прорыва в развитии транспорта России и повышения ее конкурентоспособности	180

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 627.4

А. М. Гапеев,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

К. П. Моргунов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМУ ФАКУЛЬТЕТУ — 90 ЛЕТ

HYDRAULIC ENGINEERING FACULTY — 90 YEARS

Приводятся краткие сведения о подготовке инженеров-строителей для водного транспорта в России, становлении и развитии гидротехнического факультета СПГУВК и его материальной базе.

The paper gives brief information about the training of engineers for water transport in Russia, formation and development of the hydraulic engineering faculty of SPSUWC and its material resources.

Ключевые слова: водные сообщения, шлюзованные водные пути, судоходные каналы, гидротехнические сооружения.

Key words: waterway communications, locked waterways, navigable canals, hydraulic engineering works.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ факультет — старейший технический факультет в составе Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, и его становление происходило в первом транспортном высшем учебном заведении России. Подготовка инженеров-строителей для водного транспорта начала осуществляться с 1809 года в Институте Корпуса инженеров водяных и сухопутных сообщений, преобразованного в 1864 году в Петербургский институт инженеров путей сообщения (ПИИПС).

Основными транспортными коммуникациями России в те времена были сухопутные дороги для гужевого транспорта и внутренние водные пути для судоходства. Особое внимание уделялось использованию естественных и шлюзованных водных путей, которые имели огромное значение для экономического развития страны.

Россия имеет густую сеть рек, которые своими истоками близко подходят друг к другу и соединяются с морями в южном и северо-западном направлениях. Кроме того, водные транспортные коммуникации России не требовали существенных затрат по их обу-

стройству, но обеспечивали доставку грузов на значительные расстояния как внутри страны, так и для торговли с зарубежными странами.

Первая «Книга о способах, творящих водохранилище рѣкъ свободное», посвященная гидротехническому строительству водных путей на реках Франции и Нидерландов, была напечатана на русском языке в 1708 году по повелению Петра I. Она имела огромное практическое значение для подготовки русских мастеров в школах, созданных при существующих шлюзованных водных системах России.

Первые шлюзованные водные системы — Вышневолоцкая (1708), Тихвинская (1810) и Мариинская (1811) — строились под руководством иностранных специалистов. С созданием института инженеров путей сообщения было положено начало транспортного образования в России: подготовка инженеров широкого профиля по проектированию, строительству и эксплуатации «всех дорожных и гидротехнических сооружений».

До начала железнодорожного строительства в России институт готовил инженеров в области гидротехнического строительства водных путей и портов и сухопутных дорог, а с

К Н И Г А
о способахъ,
творящихъ
водохождение
рѣкъ свободное.

Напечатана повелѣніемъ благочесті-
вѣйшаго великаго Государя Царя,
І великаго Князя

ПЕТРА АЛЕКСІЕВИЧА

Всея великія і малыя і оубоія росси
замодержца

При благороднѣйшемъ Государѣ царевичѣ,
і великомъ Князе

АЛЕКСІИ ПЕТРОВИЧѢ



Въ царствующемъ великомъ Граде Москвѣ,
Лета Господня, 1708. в Іуліи мѣсяцѣ.

Титульный лист первой в России
книги по гидротехнике, изданной в 1708 году
в Москве по распоряжению Петра I

1836 и до 1918 года выпускал инженеров путей сообщения по всем видам транспорта. Институт являлся кузницей инженерных кадров и ведущим научным центром в области строительства путей сообщения. Здесь сформировалась одна из лучших гидротехнических школ, была воспитана плеяда выдающихся русских ученых, педагогов и строителей-гидротехников, внесших огромный вклад в развитие и создание водных путей и портов в России. Среди них Е. В. Близняк, Н. А. Богуславский, Н. И. Вознесенский, Б. Е. Веденеев, Н. М. Герсевич, Г. О. Графтио, С. Я. Жук, Ф. Г. Зброжек, Б. Н. Кандиба, Б. Ю. Калинович, В. М. Лохтин, Н. С. Лелявский,

В. Е. Ляхницкий, В. М. Маккавеев, А. Г. Ньюберг, Н. Н. Павловский, Н. П. Пузыревский, В. Е. Тимонов и многие другие. Они определили основные направления отрасли, заложили научные основы гидротехники, и их имена широко известны не только в России, но и за рубежом. В тот период гидротехническая наука в России благодаря этим ученым находилась на достаточно высоком уровне и развивалась, опережая практику.

Коренное преобразование народного хозяйства страны после 1917 года внесло существенное изменение в направление деятельности института. С 1918 года в нем начала осуществляться подготовка специалистов по отдельным видам транспорта, а в 1920 году были открыты водный, сухопутный и воздушный факультеты.

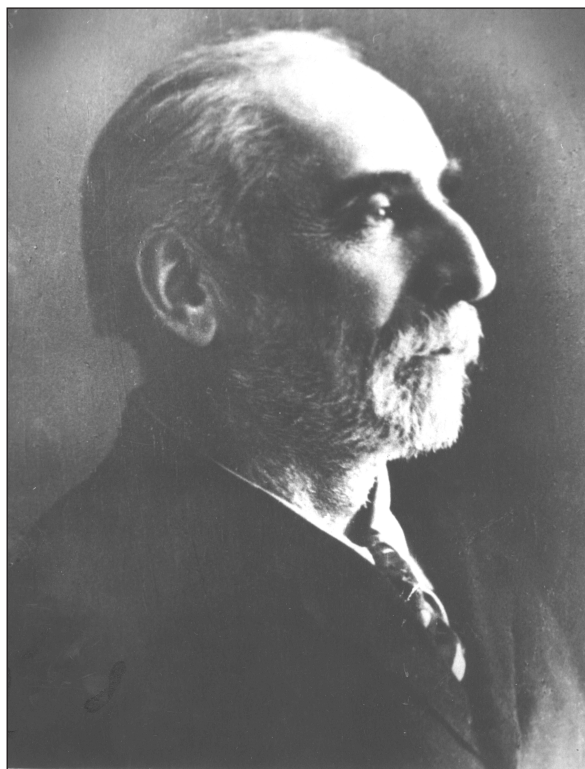
Профилирующие и общетеchnические кафедры водного факультета (и их заведующие):

- внутренних водных путей (профессор, д. т. н. Б. Ю. Калинович);
- приморских и портовых сооружений (профессор, д. т. н. В. Е. Тимонов);
- гидравлики (профессор, д. т. н. А. А. Саткевич);
- строительного искусства (профессор, д. т. н. Н. П. Пузыревский);
- сопротивления материалов (профессор, д. т. н. Н. М. Беляев);
- архитектуры (профессор, д. т. н. Л. П. Шишко);
- геодезии (профессор, д. т. н. П. В. Вадковский);
- теории сооружений и инженерных конструкций (профессор, д. т. н. М. Ф. Клочанов);
- водоснабжения и канализации (профессор, д. т. н. А. А. Сурин).

За водным факультетом были закреплены лаборатории: гидравлическая, гидротехническая, аэродинамическая, фотографическая и машинная, а также кабинеты: геодезический, строительных материалов, строительного

искусства, статике сооружений, санитарной гидротехники, минералогический, архитектуры и рисования, внутренних водных сообщений, гидротехнических сооружений, портов и морских сооружений.

Первым деканом водного факультета был избран Н. П. Пузыревский, д. т. н., профессор, крупный специалист в области гидротехнического строительства, именем которого в 1925 году был назван кабинет курсового и дипломного проектирования. На факультете в то время было два отделения: речное и морское. Выпуски инженеров первых лет были сравнительно небольшими из-за последствий Гражданской войны, но они постепенно увеличивались. С 1923 по 1930 год на факультете водных сообщений Ленинградского института инженеров путей сообщения (ЛИИПС) было подготовлено 570 инженеров-строителей для водного транспорта.



Нестор Платонович Пузыревский,
профессор, доктор технических наук,
заслуженный деятель науки и техники РФ

При разделении в 1929–1930 годы Института инженеров путей сообщения на самостоятельные профильные вузы водный факультет стал основой для создания первого в

стране высшего учебного заведения в области водного транспорта (ЛИИВТ).

Гидротехнический факультет Ленинградского института инженеров водного транспорта (с 1959 года — институт водного транспорта — ЛИВТ, а с 1993 года — университет водных коммуникаций — СПГУВК) имел уже сложившийся профиль подготовки инженеров-гидротехников по следующим направлениям: естественные водные пути; шлюзованные водные пути и речные гидротехнические сооружения; морские и речные порты, что отвечало требованиям проектирования, строительства и эксплуатации внутреннего водного транспорта.

На гидротехническом факультете ЛИИВТа почти полностью сохранился профессорско-преподавательский состав специализированных кафедр факультета водных сообщений ЛИИПС, часть преподавателей перешла с водного факультета Московского института инженеров транспорта.

В составе факультета насчитывалось десять кафедр:

- речных искусственных сооружений и свободных рек (профессор, д. т. н. Б. Ю. Калинин);
- портов (профессор, д. т. н. В. Е. Тимонов);
- гидравлики (профессор, д. т. н. В. Н. Евреинов);
- строительного искусства (доцент, к. т. н. И. В. Яропольский);
- сопротивления материалов (профессор, д. т. н. Н. М. Беляев);
- архитектуры и конструкций зданий (профессор, д. т. н. Л. П. Шишко);
- геодезии (профессор, д. т. н. П. В. Вадковский);
- статике железобетонных конструкций (профессор, д. т. н. Д. Я. Акимов-Перетц);
- статике металлических и деревянных конструкций (профессор, д. т. н. М. Ф. Клочанов);
- водоснабжения и канализации (профессор, д. т. н. А. А. Сурин).

Среди преподавательского состава были известные ученые — выпускники института инженеров путей сообщения: Н. П. Пузыревский, Н. Н. Павловский, В. Е. Ляхницкий,

В. М. Маккавеев, В. Е. Близняк, В. П. Петров, Н. А. Семанов, А. И. Чекренев, выпускники МИИТ — Н. В. Бобков, И. М. Коновалов, Н. А. Панчурин и др.

Первым деканом гидротехнического факультета был Борис Юлианович Калинович.

Гидротехнический факультет ЛИИВТа имел в своем составе высококвалифицированных преподавателей и необходимую учебную базу. Факультету была передана часть книг из учебного фонда библиотеки, отдельные установки в учебных кабинетах и оборудование лабораторий бывшего путейского института. В первые годы существования водного института в нем создавалась и собственная учебная база. С 1934 года учебные практики по геодезии и гидрологии стали проводиться на собственной базе в поселке Толмачево вблизи города Луги. До 1935 года был создан кабинет строительных работ, лаборатория строительных материалов и сопротивления материалов. В 1936 году были смонтированы основные стенды гидротехнической лаборатории, созданной в 1907 году по инициативе профессора В. Е. Тимонова. На ее открытии присутствовал Г. О. Графтио, в то время — начальник строительства Нижне-Свирского гидроузла, оказавший помощь в становлении лаборатории в новом институте.

Подготовка инженеров-гидротехников в ЛИИВТе осуществлялась в соответствии с этапами гидротехнического строительства в стране. Тридцатые годы XX столетия были наиболее успешными и значительными для речного судоходства и речной гидротехники в России. Выполнялось шлюзование многих рек: Шексны, Свири, Маныча, Волги. В 1933 году было завершено строительство Беломорско-Балтийского канала (ББК), а в 1937 году — канала имени Москвы (КиМ). Это потребовало значительного увеличения выпуска инженеров-гидротехников как для строительства объектов, так и для их эксплуатации. Наибольшее число выпускников — 236 и 199 человек — было направлено на ББК и КиМ.

Учитывая транспортную направленность гидротехнического строительства, факультет был переименован в 1933 году в факультет водных путей и портов.



Борис Юлианович Калинович,
профессор, доктор технических наук

Сложным временем в жизни факультета явился период Великой Отечественной войны. В 1941 году институт был эвакуирован в город Горький, возобновил свою работу в Ленинграде в конце 1943 года, а преподаватели и студенты вернулись только в 1945 году.

После войны основное внимание уделялось транспортно-энергетическому строительству. Гидроузлы строились как на малых, так и на крупных реках. В 1952 году завершилось строительство Волго-Донского судоходного канала, на эксплуатацию которого был направлен весь выпуск инженеров-гидротехников и другие специалисты — выпускники ЛИИВТа.

Были введены в эксплуатацию Цимлянский, Пермский, Волгоградский и другие гидроузлы. В связи с широким размахом транспортно-энергетического строительства в 1951 году факультет был переименован в гидротехнический.

Потребность в специалистах в послевоенный период была огромной. С 1951 года подготовка инженеров-гидротехников начала осуществляться в Новосибирском инсти-



Открытие гидротехнической лаборатории в новом помещении
(1936 год, в центре — Г. О. Графтио)

туте инженеров водного транспорта, основу которого составила группа преподавателей ЛИИВТа. Прием на гидротехнический факультет ЛИИВТа в 1953 году был увеличен до 150 человек. В дальнейшем подготовка инженеров-гидротехников велась в Киевском заочном факультете (с 1962 года) и с 1967 года — в Московском филиале ЛИВТа. С открытием этих центров прием на факультет сократился сначала до 100 человек, а затем и до 75 человек. Дальнейшее увеличение выпуска происходило за счет расширения заочного факультета: были открыты У КП в Петрозаводске, Архангельске, Котласе, Гомеле и других городах.

После объединения ЛИИВТа и ЦНИИРФ в 1959 году факультету вернули прежнее название — водных путей и портов, — поскольку учебная и научная деятельность ЛИВТа была направлена на повышение эффективности работы речного транспорта. По-прежнему внимание уделялось транспортно-энергетическому строительству, выполнялись работы по реконструкции отдельных шлюзованных водных систем. В 1964 году был сдан в эксплуатацию новый Волго-Балтийский канал (ВБК). С вводом в эксплуатацию ВБК и шлюзованием реки Камы было завершено создание Единой глубоководной системы Европейской части страны.

До 1990 года выпуск инженеров-гидротехников ЛИВТа был примерно одинаковыми

и составлял около 100 человек в год. Переход к рыночным отношениям в 1991 году и ухудшение экономического положения в стране усложнили финансовое положение отрасли, вузов и их материальной базы. Объемы перевозок грузов внутренним водным транспортом резко сократились, уменьшились и объемы гидротехнического строительства: отдельные гидроузлы энергетического назначения строились только на реках Сибири и Дальнего Востока.

Прием на факультет сократился до 50 человек, а после открытия в 1992 году новой специальности «комплексное

использование и охрана водных ресурсов» — до 25 человек.

В 1994 году факультет снова стал называться гидротехническим.

В начале XXI века вопросы развития внутренних водных путей вновь становятся актуальными. Особое внимание уделяется повышению пропускной способности водных путей и требований безопасности судоходства. В новых условиях стала заметно обновляться учебная база вузов водного транспорта и повысились требования к качеству подготовки инженерных кадров. С 2005 года прием на факультет увеличен до 50–60 человек. Кафедры факультета и его лаборатории оснащаются современной техникой и компьютерами. На факультете имеются два компьютерных класса и две учебные мультимедийные аудитории. Завершено строительство жилого дома для студентов на геобазе в поселке Толмачево.

Проведена полная реконструкция гидротехнической лаборатории имени профессора В. Е. Тимонова — основной учебно-научной базы факультета. В ней полностью обновлен состав стендов, которые позволяют выполнять широкие гидравлические исследования в области русловых процессов и работы различных гидротехнических сооружений. В лаборатории установлен крупномасштабный универсальный шлюзовой стенд, не имеющий на момент создания аналогов в России. Гидротехничес-



Универсальный шлюзово-вой центр

кая лаборатория имеет огромное значение для подготовки инженерных кадров для отрасли. В ней проводятся практические занятия по гидравлике и гидромеханике, водным путям, гидротехническим сооружениям и портам со студентами технических специальностей. На базе гидротехнической лаборатории имени профессора В. Е. Тимонова в 2003 году создан Учебно-научный центр безопасности судоходных гидротехнических сооружений.

Ныне в состав факультета входят шесть кафедр:

- водных путей и водных изысканий (профессор, д. т. н. Г. Л. Гладков);
- гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики (доцент, к. т. н. К. П. Моргунов);
- портов, строительного производства, оснований и фундаментов (доцент, к. т. н. В. Н. Смирнов);
- охраны водных ресурсов и безопасности жизнедеятельности (доцент, к. т. н. Н. В. Растрюгин);
- сопротивления материалов и механики (профессор, д. т. н. В. Б. Чистов);
- химии и экологии (профессор, д. т. н. В. И. Решняк).

Деканом гидротехнического факультета с 2007 года избран доцент, к. т. н. С. А. Головкин, выпускник гидротехнического факультета 1995 года.

Профессорско-преподавательский состав факультета включает 61 человека, среди которых 14 докторов и 29 кандидатов технических наук, 17 профессоров и 32 доцента.

Гидротехнический факультет СПГУВК как и в прежние годы продолжает вести подготовку высококвалифицированных инженерных кадров — гидротехников широкого профиля по проектированию, строительству и эксплуатации водных путей и гидротехнических сооружений, а также инженеров по комплексному использованию и охране водных ресурсов. С 1930 года по настоящее время в составе ЛИИВТа — ЛИВТа — СПГУВК подготовлено 7 314 инженеров-гидротехников и 458 инженеров по комплексному использованию и охране водных ресурсов.

Выпускники факультета работают как в системе внутреннего водного транспорта и гидротехнического строительства, так и в других отраслях народного хозяйства страны.

Список литературы

1. Гапеев А. М., Кононов В. В. История гидротехники и гидротехнического факультета СПГУВК: Учебное пособие. — СПб.: СПГУВК, 2006. — 232 с.
2. Гапеев А. М., Кононов В. В., Моргунов К. П. 200 лет подготовки инженеров в области гидротехнического строительства водных путей и портов // Сборник материалов. — СПб.: СПГУВК, 2009. — 224 с.

УДК 517.958:539.3

В. А. Данилюк,
аспирант,
СПГУВК**РАСЧЕТ КАМЕРЫ СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА
МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****CALCULATION OF THE CAMERA SHIPPING LOCK
BY BOUNDARY ELEMENT METHOD**

В статье рассматривается применение метода граничных элементов для прочностных расчетов гидротехнических сооружений, отыскиваются поправки на собственный вес и температуру.

The article considers the application of boundary element method for strength analysis of hydraulic structures, the amendments to its own weight and heat are found.

Ключевые слова: метод граничных элементов, деформации, напряжения, дифференциальные уравнения, частные решения, собственный вес, температура.

Key words: boundary element method, strain, stress, differential equations, particular solutions, its own weight, temperature.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным методом решения сложных задач теории упругости является метод конечных элементов (МКЭ). Однако у него есть серьезный недостаток — отсутствие возможности контролировать погрешность расчетов. Это вызвано тем, что при увеличении ранга дробления конечно-элементной сетки увеличивается число уравнений в системе, и поэтому обусловленность систем ухудшается: 1) при всяком отклонении формы элементов от классических (от правильных треугольников, правильных многоугольников, правильных многогранников); 2) при стыковке элементов с разными физическими свойствами (коэффициентами Пуассона, модулями Юнга); 3) при ансамблировании

сетки из разнородных элементов; 4) при применении МКЭ к системам дифференциальных уравнений более высоких порядков.

Таким образом, рационально будет рассмотреть альтернативу МКЭ — метод граничных элементов (МГЭ). Основные преимущества МГЭ по сравнению с МКЭ: 1) уменьшение погрешности при вычислении решения во внутренних точках области, так как процедура численного интегрирования более точная, чем численное дифференцирование; 2) снижение размерности задачи на единицу, связанное с тем, что дискретно разбивается только граница, а не вся область; 3) простота учета бесконечных областей; 4) сравнительная простота решения контактных задач (задачи о трещинах, межблочных швах); 5) возможность вычислять значения искомых величин

не только в узлах, но и в любой точке области, не прибегая к аппроксимациям.

ПОСТАНОВКА ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Плоская задача теории упругости описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + X = 0;$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + Y = 0.$$

Здесь X, Y — объемные силы.

Нормальные напряжения вдоль координатных осей выражаются через относительные деформации следующим образом:

$$\sigma_x = \frac{2G}{1-2\nu} \left[(1-\nu)e_x + \nu(e_y + e_z) \right];$$

$$\sigma_y = \frac{2G}{1-2\nu} \left[(1-\nu)e_y + \nu(e_x + e_z) \right].$$

Здесь: $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ — модуль сдвига; E — модуль Юнга; ν — коэффициент Пуассона; для плоской деформации относительная деформация $e_z = 0$.

Касательные напряжения записываются как $\tau_{xy} = 2Ge_{xy}$. Уравнения, связывающие деформации и перемещения:

$$e_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad e_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad e_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right).$$

С учетом указанных зависимостей система дифференциальных уравнений сводится к следующей:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -X \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)};$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = -Y \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}.$$

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ МГЭ

Многие практические задачи механики твердого тела касаются тел, содержащих узкие щелеподобные вырезы или трещины.

Трещина имеет две поверхности, или два берега, фактически совпадающие друг с другом. Для решения задач этого типа удобно использовать метод граничных элементов в форме метода разрывных смещений. Он основан на аналитическом решении задачи о бесконечной плоскости, смещения в которой терпят постоянный по величине разрыв в пределах конечного отрезка.

Физически разрыв смещений можно представить как линейную трещину, противоположные поверхности которой смещены друг относительно друга. В данном случае поверхности смещены на постоянную вдоль всей трещины величину. В общем случае, конечно, можно рассматривать произвольное распределение относительного смещения.

Метод разрывных смещений основан на представлении, что непрерывно распределенные вдоль трещины разрывы смещений можно заменить дискретной аппроксимацией. Мы разбиваем трещину на N граничных элементов и в пределах каждого элемента разрывы смещений полагаем постоянными. Зная аналитическое решение для одного постоянного разрыва смещений и суммируя влияние всех N элементов, находим численное решение задачи.

Наиболее интересные ситуации возникают, когда распределение разрывов смещений вдоль трещины неизвестно. В таких случаях, однако, для правильной постановки задачи нужно знать распределение усилий, приложенных на контуре трещины. Тогда мы отыскиваем значения элементарных разрывов смещений на каждый из элементов, которые необходимы, чтобы вызвать такие усилия. Это достигается путем решения системы, состоящей из $2N$ алгебраических уравнений:

$$B_s^i = \sum_{j=1}^N A_{ss}^{ij} D_s^j + \sum_{j=1}^N A_{sn}^{ij} D_n^j, \quad i = 1, \dots, N;$$

$$B_n^i = \sum_{j=1}^N A_{ns}^{ij} D_s^j + \sum_{j=1}^N A_{nn}^{ij} D_n^j, \quad i = 1, \dots, N.$$

Здесь: B_s^i, B_n^i — заданные касательные и нормальные граничные условия; D_s^j, D_n^j — элементарные касательные и нормальные разрывы смещений вдоль границы, которые отыскиваются посредством решения данной системы; $A_{ss}^{ij}, A_{sn}^{ij}, A_{ns}^{ij}, A_{nn}^{ij}$ — коэффициенты

влияния, которые вычисляются по специальным формулам [3]. Например, коэффициент A_{ns}^{ij} дает нормальное напряжение или перемещение в центре i -го элемента, вызванное постоянным единичным разрывом смещения в касательном направлении вдоль j -го элемента.

Смещения и напряжения в произвольной точке тела можно затем вычислить, суммируя влияния в этой точке разрывов смещений во всех N граничных элементах.

Метод разрывных смещений, как и другие методы граничных элементов, особенно эффективны для решения однородных уравнений:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = 0.$$

В расчетах гидротехнических сооружений часто бывает необходимым учитывать объемные силы — собственный вес и температурные напряжения. Система уравнений для плоской деформации, в которой учитываются температурный и гравитационный факторы, приведена, например, в [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= \frac{\alpha}{1-\nu} \frac{\partial T}{\partial x}; \\ \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} &= \end{aligned} \quad (2)$$

$$= \frac{\alpha}{1-\nu} \frac{\partial T}{\partial y} + \rho_b g \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}.$$

Здесь: ось x — горизонтальная, а y — вертикальная ось, вдоль которой действует сила тяжести; u , v — горизонтальные и вертикальные перемещения материала внутри сооружения соответственно; ρ_b — плотность материала.

Каждый из указанных факторов, в силу линейности задачи, можно учесть по отдельности. Система, учитывающая только температурные напряжения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{\alpha}{1-\nu} \frac{\partial T}{\partial x};$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \frac{\alpha}{1-\nu} \frac{\partial T}{\partial y}. \quad (3)$$

Система, учитывающая только собственный вес сооружения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= 0; \\ \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} &= \end{aligned} \quad (4)$$

$$= \rho_b g \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}.$$

УЧЕТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

Систему дифференциальных уравнений (4) можно свести к однородной с помощью замены переменной. Так, для устранения неоднородности

$\rho_b g \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}$, вызванной

собственным весом конструкции, наиболее удобной является следующая замена: $u_{pr} = 0$,

$$v_{pr} = \rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x^2.$$

Здесь u_{pr} , v_{pr} — частные неоднородные решения системы (4).

Как видно, они действительно сводят систему (4) к однородной системе (1). Сделав данную замену, нам необходимо скорректировать граничные условия исходной задачи с учетом данной замены. Получаем относительные

деформации: $e_{x(pr)} = \frac{\partial u_{pr}}{\partial x} = 0$, $e_{y(pr)} = \frac{\partial v_{pr}}{\partial y} = 0$ и

$$e_{xy(pr)} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_{pr}}{\partial y} + \frac{\partial v_{pr}}{\partial x} \right) = \rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x \quad \text{соответственно. Тогда напряжения:}$$

$$\sigma_{x(pr)} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)e_{x(pr)} + \nu e_{y(pr)}] = 0;$$

$$\sigma_{y(pr)} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)e_{y(pr)} + \nu e_{x(pr)}] = 0;$$

$$\tau_{xy(pr)} = \frac{E}{1+\nu} e_{xy(pr)} = \rho_b g x.$$

Соответственно, изменения граничных условий находим по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_{n(pr)} &= \sigma_{x(pr)} \cos^2 \beta + 2\tau_{xy(pr)} \sin \beta \cos \beta + \\ &+ \sigma_{y(pr)} \sin^2 \beta; \\ \sigma_{s(pr)} &= (\sigma_{x(pr)} - \sigma_{y(pr)}) \sin \beta \cos \beta - \\ &- \tau_{xy(pr)} (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta).\end{aligned}\quad (5)$$

Здесь $\sigma_{n(pr)}$, $\sigma_{s(pr)}$ — изменения нормальных и касательных напряжений, вызванные частными неоднородными решениями, а β — угол между нормалью к граничной поверхности и осью x .

Подставив найденные напряжения в систему (5), получим:

— для граничных условий в напряжениях:
 $\sigma_{n(pr)} = \rho_b g x \sin 2\beta$, $\sigma_{s(pr)} = -\rho_b g x \cos 2\beta$; (6)

— для граничных условий в перемещениях:

$$\begin{aligned}u_{n(pr)} &= u_{pr} \cos \beta + v_{pr} \sin \beta = \rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x^2 \sin \beta; \\ u_{s(pr)} &= u_{pr} \sin \beta - v_{pr} \cos \beta = -\rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x^2 \cos \beta.\end{aligned}\quad (6')$$

Таким образом, мы получаем новые граничные условия:

— для напряжений:

$$\sigma_n^* = \sigma_n - \sigma_{n(pr)} = \sigma_n - \rho_b g x \sin 2\beta,$$

$$\sigma_s^* = \sigma_s - \sigma_{s(pr)} = \sigma_s + \rho_b g x \cos 2\beta;$$

— для перемещений:

$$u_n^* = u_n - u_{n(pr)}, \quad u_s^* = u_s - u_{s(pr)}.$$

Здесь σ_n^* , σ_s^* — исходные граничные условия.

Решая с новыми граничными условиями систему уравнений (1), получаем для них решения u^* , v^* . Тогда решения задачи, учитывающие собственный вес сооружения, с исходными граничными условиями записываются как

$$u = u^* + u_{pr} = u^*; \quad v = v^* + v_{pr} = v^* + \rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x^2.$$

Эти две функции и есть решение задачи на плоскую деформацию с учетом гравитационного фактора. Зная их, мы легко можем вычислить как относительные деформации, так и напряжения в любой точке сооружения.

УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Система уравнений (3) позволяет учитывать в решении плоской задачи теории уп-

ругости температурные напряжения. Сложность учета температурных напряжений по сравнению с гравитационными заключается в том, что объемная сила, вызываемая весом, — величина постоянная во всех точках сооружения, а объемная сила, вызванная температурными напряжениями, не постоянна и зависит от функции распределения температур внутри сооружения.

При стационарном распределении температур данная функция распределения находится посредством решения тепловой задачи [2]. При этом она представима в виде полинома фиксированной степени, для которого не сложно подобрать частное неоднородное решение, превращающее дифференциальные уравнения системы (3) из неоднородных в однородные. Как уже было сказано в [2], в большинстве случаев функцию распределения температур можно аппроксимировать с помощью полинома второго порядка

$$T(x, y) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i y^j, \quad \text{для которого выполняется}$$

условие $i + j = 2$. Также этот полином можно записать в виде

$$T(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{11}xy + a_{20}x^2 + a_{02}y^2.$$

Но этот полином не всегда является решением однородного уравнения Лапласа — $\Delta T = 0$, так как коэффициенты a_{20} , a_{02} — линейно зависимы ($a_{20} = -a_{02}$). Поэтому решение стационарной тепловой задачи представимо в виде

$$T(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{11}xy + a_{20}(x^2 - y^2),$$

здесь a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{11} , a_{20} — свободно варьируемые коэффициенты.

Подставив это решение в систему (3), получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= \\ &= \frac{\alpha}{1-\nu} (a_{10} + a_{11}y + 2a_{20}x); \\ \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{2-2\nu} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{1-2\nu}{2-2\nu} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} &= \\ &= \frac{\alpha}{1-\nu} (a_{01} + a_{11}x - 2a_{20}y).\end{aligned}\quad (7)$$

Для этой системы подбираем пару частных неоднородных решений — наиболее

удобная пара:

$$\begin{aligned} u_{pr} &= \alpha \left(\frac{a_{10}}{1-2\nu} y^2 + \frac{a_{11}}{3-6\nu} y^3 + \frac{a_{20}}{3-3\nu} x^3 \right); \\ v_{pr} &= \alpha \left(\frac{a_{01}}{1-2\nu} x^2 + \frac{a_{11}}{3-6\nu} x^3 - \frac{a_{20}}{3-3\nu} y^3 \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Несложно убедиться, что данные функции являются частными решениями системы (7) и при подстановке в виде: $u = u^* + u_{pr}$; $v = v^* + v_{pr}$ (9) делают систему (7) однородной относительно функций u^* , v^* .

Для этих функций, в свою очередь, необходимо провести корректировку граничных условий с учетом частных неоднородных решений, которые вызывают относительные деформации:

$$e_{x(pr)} = \frac{\partial u_{pr}}{\partial x} = \alpha \frac{a_{20}}{1-\nu} x^2,$$

$$e_{y(pr)} = \frac{\partial v_{pr}}{\partial y} = -\alpha \frac{a_{20}}{1-\nu} y^2;$$

$$e_{xy(pr)} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_{pr}}{\partial y} + \frac{\partial v_{pr}}{\partial x} \right) =$$

$$= \frac{\alpha}{1-2\nu} (2a_{10}y + 3a_{11}y^2 + 2a_{01}x + 3a_{11}x^2);$$

и напряжения:

$$\sigma_{x(pr)} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)e_{x(pr)} + \nu e_{y(pr)}] =$$

$$= \frac{\alpha E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left(a_{20}x^2 - \frac{\nu a_{20}}{1-\nu} y^2 \right);$$

$$\sigma_{y(pr)} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)e_{y(pr)} + \nu e_{x(pr)}] =$$

$$= \frac{\alpha E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left(\frac{\nu a_{20}}{1-\nu} x^2 - a_{20}y^2 \right);$$

$$\tau_{xy(pr)} = \frac{E}{1+\nu} e_{xy(pr)} = \frac{\alpha E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \times$$

$$\times (2a_{10}y + 3a_{11}y^2 + 2a_{01}x + 3a_{11}x^2).$$

Соответственно, изменения граничных условий (в напряжениях) находим по формулам системы (5):

$$\begin{aligned} \sigma_{n(pr)} &= \frac{\alpha E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[\left(a_{20}x^2 - \frac{\nu a_{20}}{1-\nu} y^2 \right) \cos^2 \beta + \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{\nu a_{20}}{1-\nu} x^2 - a_{20}y^2 \right) \sin^2 \beta + \right. \end{aligned}$$

$$\left. + (2a_{10}y + 3a_{11}y^2 + 2a_{01}x + 3a_{11}x^2) \sin 2\beta \right];$$

$$\begin{aligned} \sigma_{s(pr)} &= \frac{\alpha E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[\frac{1}{2} \left(a_{20}x^2 \frac{1-2\nu}{1-\nu} + \right. \right. \\ &\quad \left. + a_{20}y^2 \frac{1-2\nu}{1-\nu} \right) \sin 2\beta - \\ &\quad \left. - (2a_{10}y + 3a_{11}y^2 + 2a_{01}x + 3a_{11}x^2) \cos 2\beta \right]. \end{aligned} \quad (10)$$

Изменения граничных условий (в перемещениях) находим как

$$u_{n(pr)} = u_{pr} \cos \beta + v_{pr} \sin \beta; \quad (10')$$

$$u_{s(pr)} = u_{pr} \sin \beta - v_{pr} \cos \beta.$$

Новые граничные условия находим как $\sigma_n^* = \sigma_n - \sigma_{n(pr)}$; $\sigma_s^* = \sigma_s - \sigma_{s(pr)}$; $u_n^* = u_n - u_{n(pr)}$; $u_s^* = u_s - u_{s(pr)}$; решая относительно них систему (1) методом разрывных смещений, находим функции перемещений u^* , v^* . Тогда действительные перемещения, вызванные заданными граничными условиями σ_n , σ_s , u_n , u_s и температурными напряжениями, находим по формулам (9).

Действительные напряжения и относительные деформации, происходящие в материале сооружения, легко находятся посредством подстановки функций u , v в выражения для напряжений и относительных деформаций.

Если в расчете требуется одновременно учесть и собственный вес сооружения, и температурные напряжения, то частным неоднородным решением будет являться сумма вышеуказанных частных неоднородных решений для собственного веса и температурных напряжений:

$$\begin{aligned} u_{pr} &= \alpha \left(\frac{a_{10}}{1-2\nu} y^2 + \frac{a_{11}}{3-6\nu} y^3 + \frac{a_{20}}{3-3\nu} x^3 \right); \\ v_{pr} &= \rho_b g \frac{(1+\nu)}{E} x^2 + \alpha \left(\frac{a_{01}}{1-2\nu} x^2 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{a_{11}}{3-6\nu} x^3 - \frac{a_{20}}{3-3\nu} y^3 \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Также суммируются относительные деформации, напряжения и граничные напряжения (нормальные и касательные), вызванные суммарным частным неоднородным решением u_{pr} , v_{pr} из (11). Скорректировав заданные граничные условия σ_n , σ_s , u_n , u_s посредством вычитания из них суммарных частных неоднородных граничных условий $\sigma_{n(pr)}$, $\sigma_{s(pr)}$, $u_{n(pr)}$,

$u_{s(pr)}$ решаем систему (1) методом граничных элементов. К найденным таким образом решениям u^* , v^* прибавляем частные неоднородные решения (11), получаем функции u , v — они и являются решениями задачи.

В том случае, если полином второго порядка недостаточно точно аппроксимирует функцию распределения температур в материале сооружения, можно увеличить порядок полинома в функции $T(x, y) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i y^j$ и решить тепловую задачу для нового многочлена. Однако полиномы высоких порядков обычно плохо аппроксимируют граничные условия. К тому же соответствующие им частные неоднородные решения, делающие систему (3) однородной, весьма громоздки, и процесс их отыскания может вызвать затруднения. Поэтому в том случае, когда надо найти более точную функцию распределения температур внутри сооружения, целесообразно использовать функцию вида

$$T = e^{kx} (a \sin ky + b \cos ky). \quad (12)$$

Здесь: a , b — коэффициенты, с помощью которых ведется аппроксимация граничных условий, k — числа.

Несложно убедиться подстановкой данной функции в однородное уравнение Ла-

пласа, что она является частным решением этого уравнения. Таким образом, подставляя различные значения k , мы аппроксимируем граничные условия по системе функций $T = e^{kx} (a \sin ky + b \cos ky)$ с помощью свободных коэффициентов a , b . Для каждого частного решения в форме (12) легко подбирается соответствующая пара частных неоднородных решений:

$$u_{pr} = \frac{2a\alpha}{k} e^{kx} \sin ky; v_{pr} = \frac{2b\alpha}{k} e^{kx} \sin ky. \quad (13)$$

Эта пара (13) также сводит систему (3) к однородной. Как видно, данная функция периодична по оси ординат и экспоненциальная по оси абсцисс. Также поможет улучшить сходимость ряд, общий член которого задается функцией $T = e^{ky} (a \sin kx + b \cos kx)$. Здесь, как видно, функция периодична уже по оси абсцисс. Соответствующая пара частных неоднородных решений:

$$u_{pr} = -\frac{2a\alpha}{k} e^{ky} \cos kx; v_{pr} = \frac{2b\alpha}{k} e^{ky} \cos kx. \quad (14)$$

В этом случае надо скорректировать правые части уравнений (7) с учетом добавленных членов ряда по форме (12) и граничные условия с учетом добавленных в формулы (8) членов (13) и (14) данного тригонометрически-экспоненциального ряда.

Список литературы

1. Лурье А. И. Теория упругости. — М.: Наука, 1970. — 940 с.
2. Данилюк В. А. Численное решение задач математической физики с помощью полиномов // Журнал университета водных коммуникаций. — 2009 — Вып. 3. — С. 193-196.
3. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. — М.: Мир, 1987. — 328 с.

ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ
ОПЕРАТОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНАA TRAINING COMPLEX FOR INTERACTIVE TRAINING
OF THE OPERATOR OF THE LOAD-LIFTING CRANE

В статье представлены основные принципы построения тренажера оператора перегрузочного крана и перспективы его использования.

The article presents the main principles of construction of a training complex for the operator of the load-lifting crane and prospect of its use.

Ключевые слова: тренажер, оператор грузоподъемного крана, интерактивное обучение.
Key words: a training complex, the operator of the load-lifting crane, interactive training.

СОВРЕМЕННОЕ развитие кадрового потенциала с целью увеличения эффективности и безопасности производства работ, по-видимому, невозможно без широкомасштабного применения информационных технологий.

При обучении студентов специальности 190602.65 «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов» и многих других специальностей, таких как 180105.65 «Техническая эксплуатация судов и судового оборудования», 180405.51 и 180405.52 «Монтаж и техническое обслуживание судовых машин и механизмов», 190205.65 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», 190605.51 и 190605.52 «Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования»; при подготовке крановщиков и их помощников; при переподготовке и повышении квалификации рабочих указанных специальностей, а также инженерно-технических работников, связанных с эксплуатацией перегрузочного оборудования; проведении научно-исследовательских работ по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» и ряде других с использованием разрабатываемого тренажерного комплекса, возможно

решение следующих задач: обучение рациональному управлению краном в процессе перегрузки; обучение безопасным и эффективным приемам работы на кране; обучение приемам совместной работы на кранах; обучение организации перегрузочных работ на нескольких кранах; обучение разработке оптимальной стратегии перегрузки; исследование взаимосвязей управления, нагрузок, возникающих в элементах конструкции крана, и производительности; моделирование работы кранов в различных, в том числе экстремальных режимах.

Тренажерный комплекс представляет собой совокупность центральной станции (ЦС), нескольких рабочих мест (РМ), объединенных в единую сеть, программного, аппаратного, а также методического обеспечения к нему.

В состав РМ входят: персональный компьютер с установленным программным обеспечением и оборудование, имитирующее командо-контроллерную аппаратуру управления краном.

Экран монитора разбит на несколько областей. Область 1 — окружающая обстановка, видимая из кабины крановщика, область 2 — показания приборов, положения рычагов управления и тумблеров, область 3 — под-

сказки, предупреждения, указания. Сигналы и предупреждения дублируются при необходимости звуковыми сигналами.

Программное обеспечение включает комплекс моделей, имитирующих работу крана. Математическая модель «Кран» имитирует перемещения основных узлов крана под действием внешних нагрузок и движущих сил механизмов самого крана. Модель «Окружающая среда» имитирует обстановку грузовой площадки с размещенными на ней грузами, транспортными средствами и прочим оборудованием, а также другими кранами, если предполагается совместная работа кранов. Модель «Обратная связь» отслеживает нарушения в управлении краном и сообщает о них. *Нарушениями в управлении краном* будем полагать неправильные действия оператора, которые угрожают безопасности перегрузочного процесса или прямо запрещены соответствующими нормативными документами. Такими, например, являются «волочение» и «подтаскивание» груза, неправильная реакция на «сигналы с земли», начало работы без предварительного выдерживания груза на весу на малой высоте, перемещения узлов машины, вызывающие экстремальные нагрузки, зацепление грузом за внешние объекты и т. п.

Целесообразны 4 режима работы РМ: тренинг, практика, исследование и тестирование.

Тренинг. Осуществляется первичное обучение на РМ. Все неправильные действия оператора блокируются и принудительно поясняются. Перед выполнением задания обучаемый получает список операций по его выполнению со всеми необходимыми пояснениями.

Практика. Проводится тренировка полученных навыков. Доступны любые подсказки и пояснения, вызываемые при необходимости. Неправильные действия также блокируются.

Исследование. Становятся доступны сведения о процессах, происходящих в элементах «крана» и их характеристики: скорости и положения основных элементов конструкции «крана», механизмов и грузозахватного устройства, нагрузки, возникающие в основных элементах, опорные давления, вес груза, характеристики управляющих воздействий.

Тестирование. Проводится проверка полученных навыков и умений. При этом предполагается испытание на скорость и эффективность работы, безопасность работы (отсутствие неправильных действий), а также знаний, установленных учебными программами, которые проверяются путем ответов на задаваемые вопросы.

Все основные значимые характеристики крана и окружающей среды на каждый момент времени, все нарушения действующих ограничений и допусков фиксируются на ЦС. при завершении тестирования на ЦС по записанным характеристикам и нарушениям формируется отчет, в котором отображаются результаты тестирования.

Результаты тестирования — файл отчета с указанием ФИО оператора, времени и даты тестирования, основных характеристик работы (нарушения, производительность), балла, определяемого по ним, и итога в виде зачет/незачет. Отдельные файлы отчетов сводятся в журнал, в котором отображается список операторов с указанием их баллов и итога. Сортировка осуществляется по набранному баллам, а при их совпадении — по алфавиту. Возможен вывод журнала на печать.

ЦС представляет собой РМ с дополнительными возможностями и функциями: фиксирование данных о работе каждого РМ, формирование задания для каждого РМ, организация совместной работы «кранов», обмен данными между РМ, управление каждым РМ, работа в режиме РМ при необходимости.

Задание — совокупность режима работы РМ, целей работы, характеристик технологической и природной среды, характеристик имитируемого крана, а также законов их изменения при необходимости в процессе выполнения. Например: режим работы — тестирование, цель — перегрузка контейнеров из контейнеровоза на складскую площадку, ветер, день, ясно, строения — контейнеры в два яруса, кран козловой, с соответствующими характеристиками.

Задание формируется перед началом работы лицом, имеющим соответствующий допуск (преподавателем, методистом или студентом в процессе обучения организации перегру-

зочных работ), из имеющегося набора моделей.

Использование комплекса повысит эффективность обучения и тренинга, уменьшит затраты труда преподавательского состава, сделает возможным оценку эффективности

технологических схем перегрузки, а также позволит проведение исследований кранов без создания моделей каждым исследователем.

В настоящее время тренажерный комплекс находится в стадии разработки.

УДК 626.4

К. П. Моргунов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

А. А. Кардаков,
соискатель,
СПГУВК

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ ШЛЮЗА ПО ТЕПЛОВОМУ СОСТОЯНИЮ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

THE ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE SLUICE BY THERMO CONDITION OF ITS ELEMENTS

Обсуждается возможность неразрушающего контроля технического состояния стен камеры судоходного шлюза с помощью тепловизионного обследования. Описано пробное тепловизионное обследование камеры шлюза в межнавигационный период, которое подтвердило действенность и результативность этого метода диагностирования.

This article presents the discussion of possibility of undestroying control of technical condition of sluice walls using thermovisional examination. There presented a trial thermovisional examination at the period between navigations. This examination approved the effectiveness of this diagnostic method.

Ключевые слова: судоходный шлюз, напряженно-деформированное состояние, тепловизор, термографирование, тепловизионное обследование, температурные аномалии.

Key words: sluice, tense-deformed condition, thermovision, thermographing, thermovisional examination, anomalies of temperature.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ состояния конструкций камер судоходных шлюзов является актуальной проблемой при оценке надежности и безопасности гидротехнического сооружения в целом. В настоящее время напряженно-деформированное состояние конструкций оценивается, как правило, путем проведения расчетов, использующих в качестве исходных данных проектную документацию сооружения (размеры конструкций, схемы армирования, конфигурацию грунтовой засыпки), а также данные многолетних натурных наблюдений. Данные наблюдений фиксируются с помощью установленного на шлюзах комплекта контрольно-из-

мерительной аппаратуры, в который входят, как правило:

- реперные марки, фиксирующие вертикальные перемещения конструкций;
- инварная проволока для измерения расстояния между противоположными стенками камеры;
- шелемеры для определения взаимного перемещения конструкций (секций и голов) камер;
- пьезометры, установленные на территории гидроузла вокруг шлюза.

Такой набор измерительных устройств используется для определения прежде всего следующих величин: вертикальных и гори-

горизонтальных перемещений верха стен камеры при наполнении и опорожнении камеры в процессе шлюзования, среднегодовых осадок, взаимных перемещений секций камеры шлюза, уровней грунтовых вод в основании камеры и в грунтовой засыпке внешних стен.

Однако ни проектная документация, ни данные натурных наблюдений не дают информации о возможных внутренних разрушениях, нарушениях целостности конструкций, произошедших в процессе эксплуатации. Это могут быть трещины в железобетонных конструкциях, разрушения шпонок в температурно-осадочных швах между отдельными частями конструкций. Такие дефекты могут возникать по разным причинам: из-за использования некачественных материалов в процессе строительства и монтажа, из-за неучтенных в проекте изменений со временем свойств материала конструкций или окружающего грунта и т. п. После возникновения таких нарушений целостности конструкций в них, с одной стороны, начинает проникать вода из камеры при судопропуске, с другой — грунтовые воды из обратной засыпки.

Практически единственная возможность обнаружить проявления таких нарушений на внутренней стороне камеры шлюза — визуальный осмотр поверхности. Очевидно, что в период навигации таким образом можно осмотреть поверхность стен, расположенную выше уровня опорожнения камеры — уровня нижнего бьефа гидроузла. Поверхность стен камеры, находящуюся ниже уровня нижнего бьефа, возможно осмотреть лишь при осушении

камеры в межнавигационный период. Такие осмотры на гидроузлах проводятся, их результаты собираются в архивах служб наблюдений и измерений эксплуатирующих организаций (как правило, государственных бассейновых управлений). Фрагмент листа визуального осмотра камеры шлюза № 6 Волго-Донского судоходного канала приведен на рис. 1.

При визуальных осмотрах фиксируются лишь внешние проявления возможных нарушений — наружные трещины, выщелачивания, мокрые пятна, подтеки. Их причины, состояние конструкций под поверхностью, в глубине можно определить только с использованием инструментальных методов: либо неразрушающих (ультразвуковое или георадарное обследование), либо нарушающих целостность конструкции (бурение).

Наличие разрушений конструкций на внешней стороне камеры, соприкасающейся с грунтами обратной засыпки, определить визуальными наблюдениями, очевидно, невозможно. Между тем при возникновении таких нарушений целостности в них начинают проникать грунтовые воды. Зачастую грунтовые воды являются агрессивными по отношению к материалу стенок — железобетону. При проникновении таких вод в трещины стенок процесс разрушения развивается, увеличиваются трещины и т. п.

И если такие трещины не приводят к внешним проявлениям (возникновение грифонов, потеки), то обнаружить их можно лишь проведением ультразвукового или георадарного обследования.

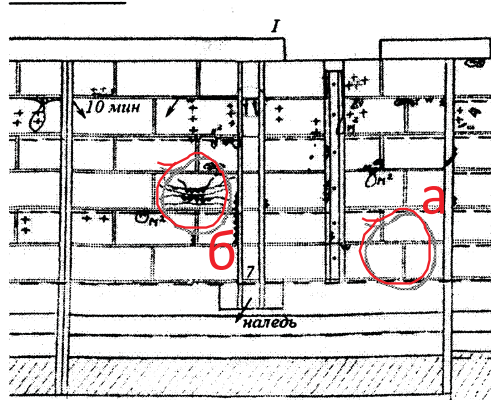
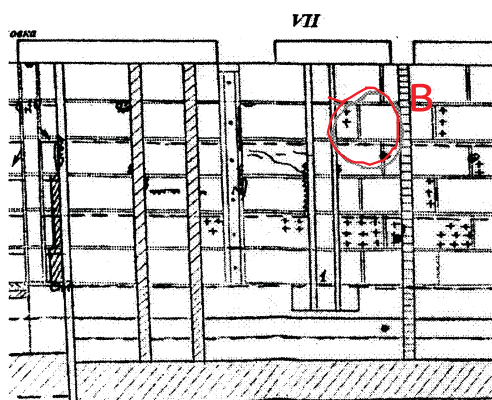


Рис. 1. Фрагмент листа визуального осмотра камеры шлюза № 6 ВДСК.

Правая сторона, секции I и VII

Как ультразвуковое, так и георадарное обследования являются методами объемного контроля, они действительно могут дать информацию о состоянии внутреннего объема конструкции. Однако аппаратура для таких обследований достаточно громоздка, стоят эти обследования недешево. Поэтому поиски возможности оперативного и недорогого контроля технического состояния конструкций судоходного шлюза весьма актуальны.

Специалистами ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций» исследовалась возможность использования для диагностирования состояния конструкций (прежде всего — камеры) судоходного шлюза технологий тепловизионного обследования.

Принцип тепловизионного обследования состоит в фиксации инфракрасного излучения, исходящего от любого тела, температура которого выше абсолютного нуля по шкале Кельвина (что, как известно, соответствует температуре $-273,15^{\circ}\text{C}$). С этой целью используются тепловизоры — цифровые оптико-электронные приборы бесконтактного (дистанционного) измерения и регистрации поверхностного распределения радиационной температуры объектов, находящихся в поле зрения прибора. При этом тепловизор формирует визуальную картинку распределения температурных полей по поверхности объекта. Температурные поля поверхности конструкции фиксируются на экране тепловизора в виде цветного изображения, градации цвета которого соответствуют различным температурам. При этом современные тепловизоры снабжены программным обеспечением, позволяющим хранить и анализировать полученные инфракрасные изображения, а также выводить их на внешние устройства (компьютеры, печать, флеш-память и т. п.). [1, 2]

Заметим, что термография (измерение температуры с помощью тепловизора) дает распределение температуры только на поверхности исследуемых конструкций. С помощью тепловизора нельзя заглянуть внутрь конструкции или увидеть ее насквозь. И тем не менее, наличие неоднородностей распределения температуры на поверхности конструкции является основой для анализа

технического состояния сооружения. Идея такого анализа состоит в следующем: температура внешней поверхности стенок камеры шлюза в опорожненном состоянии близка к температуре окружающего воздуха. Температура материала в глубине конструкции, а тем более — в грунте обратной засыпки камеры отличается от температуры наружного воздуха. В случае монолитности и целостности строительных железобетонных конструкций камеры температура внутренних объемов конструкции проявляется в виде однородного температурного потока на поверхности монолита. А при наличии трещин либо иных нарушений в конструкции, особенно в случае заполнения таких трещин водой (из камеры или грунтовой), однородная картина распределения теплового потока по поверхности будет нарушаться. И задача исследователя при обнаружении таких температурных неоднородностей на поверхности конструкций — правильно их интерпретировать, соотнести с конкретным проявлением разрушений.

При этом понятно, что наиболее благоприятное время для проведения термографических исследований в камерах судоходных шлюзов — зимний межнавигационный период. Во-первых, именно в это время возможно полное опорожнение шлюза и осушение внутренних стенок камеры на всю высоту. Во-вторых, разница температур наружного воздуха и внутренней температуры конструкции и грунта в это время наиболее оптимальна (около $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$) для термографирования и последующего анализа. Температуры наружного воздуха в это время отрицательны, а температуры на поверхности и в глубине конструкции выше, в грунте обратной засыпки они положительны. Чем ниже температура наружного воздуха и больше разница температур внутри и снаружи, тем более отчетливую картину тепловых неоднородностей на исследуемой поверхности можно получить.

Исходя из этого, в зимний межнавигационный период в феврале 2011 года было проведено тепловизионное обследование внутренней поверхности камеры шлюза № 6 Волго-Донского судоходного канала. При обследовании использовался тепловизор TESTO 881-3

(Германия) (рис. 2). Тепловизор имеет следующие характеристики:

- диапазон измеряемых температур — от -20 до $+200$ °C;
- угол (поле) зрения объектива (по горизонтали и вертикали) — 18° ;
- формат изображения (размер матрицы) — 160×120 элементов;
- допустимая погрешность измерений температуры — не более ± 2 °C;
- температурная чувствительность — не более $0,2$ °C;
- возможность проводить съемку без применения штатива (частота кадров 8 Гц);
- спектральный диапазон — 8–14 мкм;
- возможность фотофиксации изображения контролируемого объекта;
- возможность накапливать и проводить обработку полученной информации с помощью ПЭВМ.

Тепловизор TESTO 881-3 снабжен программным обеспечением, необходимым для хранения и анализа инфракрасных изображений и для создания профессиональных отчетов. Программное обеспечение тепловизора позволяет настраивать и изменять основные параметры сохраненного изображения (компенсацию отраженного тепла, цветовую па-

литру и т. д.); повышает удобство и достоверность тепловизионного обследования; избавляет от необходимости повторного сканирования оборудования.

Весьма важным при проведении тепловизионного обследования является соблюдение необходимых условий, основные из которых заключаются в следующем.

Обследуемые поверхности не должны подвергаться воздействию прямых солнечных лучей в течение предшествующих 12 часов. Такое воздействие нагревает поверхность, искажая их собственные температурные поля. А если солнечные лучи падают на поверхность во время проведения обследования, то тепловизор будет фиксировать не только собственное инфракрасное излучение поверхности, соответствующее ее температуре, но и отраженную солнечную радиацию, количество которой зависит от интенсивности освещения поверхности и ее отражательной способности, что вносит искажения в истинную картину распределения тепловых потоков по поверхности. В настоящее время существуют методы компенсации отраженной температуры, однако это усложняет процесс измерения и обработки результатов. [3]



Рис. 2. Тепловизор TESTO 881-3 (Германия)

Наилучшие условия проведения тепловизионной съемки — в облачную погоду в ранние утренние часы, когда тепловое влияние окружающей среды минимально. Тепловое обследование не рекомендуется проводить в дождь, туман, снегопад и при скорости ветра более 7 м/с.

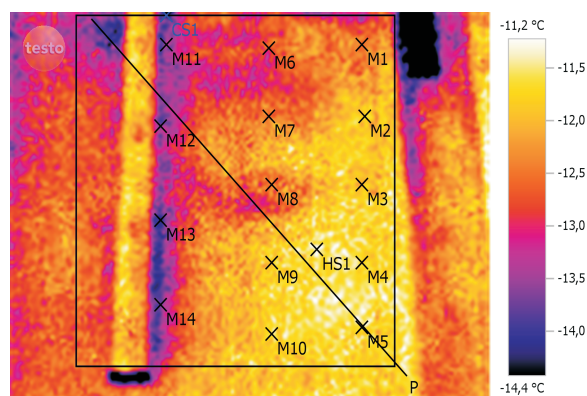
Термографическое обследование камеры шлюза № 6 проводилось в утренние часы. Температура наружного воздуха составляла -20°C , скорость ветра в камере 2,5 м/с. Поскольку облачность во время проведения работ отсутствовала, было проведено обследование только правой стенки шлюза, находившейся в тени без попадания на нее прямых солнечных лучей. При проведении обследования производилось одновременное фотографирование и термографирование участков стены для привязки термограмм к линейным размерам участков конструкций.



Фотография

Важный этап работ при проведении термографирования — обработка результатов и представление их в виде, удобном для последующего анализа. На рис. 3 приведен пример информации, полученной при обработке результатов термографирования секции I, правой стенки шлюза (рис. 1 — область а). По термограмме обнаружена область с существенным увеличением температуры на $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$ относительно соседних площадей, которая никак не проявляется на фотографии и визуальном осмотре стенки (правая, нижняя четверть термограммы).

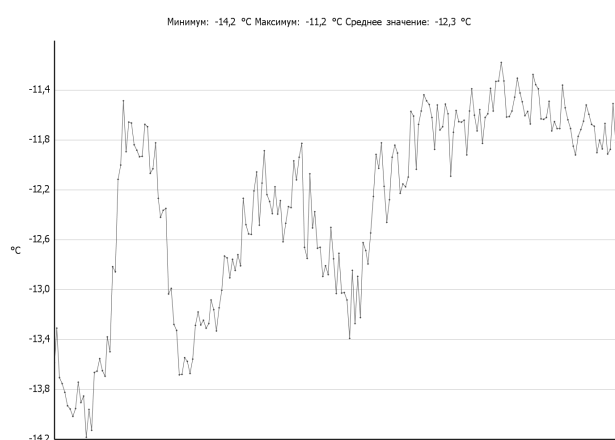
Таким образом, при представлении результатов возможен вывод на внешний носитель значений температуры в любых заданных точках, а также построение распределения температуры вдоль задаваемых профилей. Это делает результаты обследования более наглядными и удобными для анализа.



Термограмма

№:	Темп. [$^{\circ}\text{C}$]	Излуч.
M1	-12,5	0,95
M2	-11,7	0,95
M3	-12,0	0,95
M4	-11,8	0,95
M5	-11,6	0,95
M6	-12,9	0,95
M7	-12,6	0,95
M8	-12,5	0,95
M9	-11,8	0,95
M10	-11,6	0,95
M11	-13,4	0,95
M12	-13,6	0,95
M13	-14,2	0,95
M14	-13,8	0,95
CS1	-14,6	0,95
HS1	-11,0	0,95

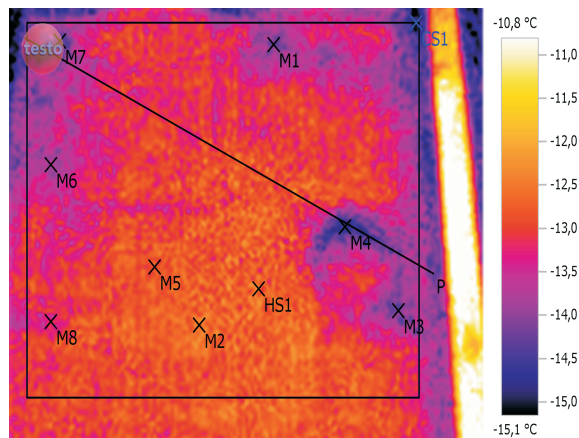
Значение температуры в выделенных точках



Распределение температуры по профилю Р



Фотография

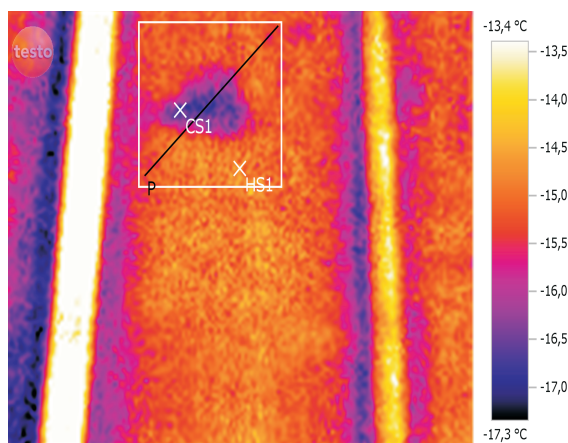


Термограмма

Рис. 4



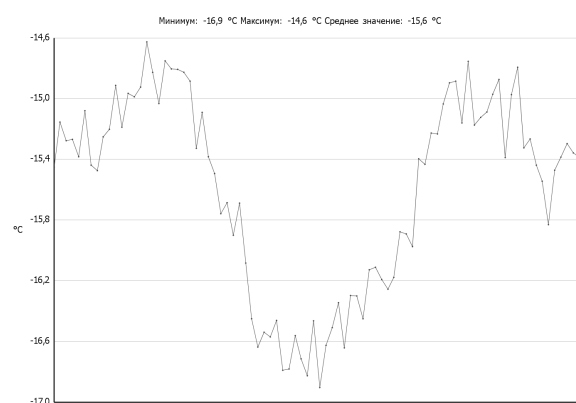
Фотография



Термограмма

№:	Темп. [°C]	Излуч.
CS1	-17,0	0,95
HS1	-14,4	0,95

Значение температуры в выделенных точках



Распределение температуры по профилю P

Рис. 5

Подчеркнем, что термографическое обследование стен камеры шлюза № 6 имело предварительный, испытательный характер, предполагалось определить самую возможность применения термографических методов

для обнаружения возможных внутренних дефектов конструкций.

На наш взгляд, такая возможность получила подтверждение. При анализе термограмм производилось их сопоставление с

листом визуального осмотра камеры шлюза. Практически все внешние нарушения, отмеченные на листе визуального осмотра, получили термографическое подтверждение. Например, в области рымовой ниши секции I правой стенки шлюза при визуальном осмотре обнаружены истирание плит и трещины с сухим выщелачиванием (рис. 4, рис. 1 — область б). По термограмме в этой области относительно соседних температура понижена на 2 °С, что свидетельствует о наличии в массиве стенки шлюза объекта с меньшим коэффициентом теплопроводности, предположительно воздушной полости, возникшей из-за отслоения облицовки либо образования продольной щели (трещины) в монолите и т. п.

Еще один пример — секция VII (рис. 5, рис. 1 — область в). Корреляция между визуальной и термографической картинками отсутствует.

В процессе термографического обследования стенки шлюза было обнаружено несколько областей с аномальными температурами, не коррелирующимися с данными визуального осмотра, что подтверждает высокий уровень информативности тепловизионных исследований.

Обнаруженные аномалии еще подлежат расшифровке и интерпретации.

Таким образом, при проведении пробного термографирования наружной поверхности стен камеры шлюза при его опорожнении в межнавигационный период подтверждена принципиальная возможность использования тепловизионных методов обследования для обнаружения скрытых дефектов конструкции. Интерпретация температурных аномалий, выявляемых при таком обследовании, установление их соответствия конкретным формам и видам дефектов является предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.619-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Приборы тепловизионные измерительные.
2. Тепловой неразрушающий контроль изделий// Будадин О. Н., Потапов А. И., Колганов В. И. и др. — М.: Наука, 2002. — 472 с.
3. *Gilbert Gaussorgues. La Thermographie Infrarouge. Principes-Technologie-Applications.* — Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), 1984. — 400 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

УДК 621.316.001

В. М. Приходько,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

Б. Б. Бабенко,
аспирант,
СПГУВК;

Хассан Мелкаун,
аспирант,
СПГУВК

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

THE FACTORIAL ANALYSIS OF FAILURES OF ELECTRIC MOTORS ON THE WATER TRANSPORT

На основе статистических данных по отказам электродвигателей серии АО и 4А определены факторы, влияющие в существенной степени на их надежность при эксплуатации на водном транспорте. Определено факторное уравнение, позволяющее рассчитать количественные показатели и характеристики надежности электродвигателей при воздействии каждого из факторов.

The factors influencing in an essential degree on their reliability in operation on Water transport are determined on the basis of the statistical data on refusals of electric motors of series AO and 4A. The factorial equation, allowing to calculate quantity indicators and characteristics of reliability of electric motors at influence of each of factors is determined.

Ключевые слова: факторный анализ, отказы, интенсивность отказов, влажность, вероятность.
Key words: the factorial analysis, refusals, failure rate, humidity, probability.

В ОТРАСЛИ водного транспорта на судах, гидротехнических сооружениях, плавкранах и в речных портах эксплуатируется большое количество асинхронных электродвигателей серий АО и 4А. Проблема рационального использования электрического и электронного оборудования имеет важное значение в отношении надежности и экономичности функционирования машин, механизмов, устройств и агрегатов, используемых на водном транспорте.

Выполненные исследования и статистические данные показывают, что к основным видам аварийных ситуаций на водном транспорте относятся технологические перегрузки асинхронных электродвигателей, заклинивание механизмов, несимметричные и неполноценные режимы электрической сети. Ориентировочное распределение причин аварий

следующее: перегрузка — 35–40 %, обрыв фазы — 30–35 %, заклинивание — 25–30 %, прочие, включая влажность, — 5–10 %.

Проводимые в отрасли водного транспорта научно-исследовательские работы в направлении повышения надежности новых коммутационных аппаратов, аппаратуры управления и асинхронных электродвигателей, систем их защиты, разработки новых схем управления технологическими процессами прогрева, подсушки, сушки, восстановления изоляции увлажненных обмоток статоров в эксплуатационных условиях на судах во многом способствуют решению этой проблемы [1–3].

В настоящее время выпускаемые электротехнической промышленностью асинхронные двигатели серии 4А, 4 АИР, 5А обладают достаточной надежностью.

Однако на водном транспорте температурные колебания, влажность и агрессивность среды, заклинивание механизмов и высокая вибрация, несоблюдение требований технической документации в процессе эксплуатации снижают срок службы двигателей по сравнению с нормативным.

Для изучения процесса старения и отказов электродвигателей обычно проводится анализ факторов, оказывающих разрушающее воздействие на изоляцию, обмотки, подшипники, корпус и др. Выявление и их классификация проводятся исследователями в за-

висимости от конечной цели анализа.

При факторном анализе необходимы три условия: четко сформулированная исходная гипотеза; создание такой модели, чтобы можно было свободно управлять всеми факторами; получение количественного результата, соответствующего природе отказов.

Для проведения анализа выполнялись наблюдения за 571 двигателями серии АО и 4А (табл. 1). Классификация отказов производилась методом экспертных оценок с разборкой машин.

Таблица 1

Статистические данные по отказам электродвигателей

Причины отказов по руководящим документам	Количество отказов
Старение изоляции	64
Обрыв схемы обмотки	8
Обрыв в линии	37
Недостаточная чувствительность защиты	19
Загрязнение смазки	8
Отсутствие смазки	10
Аварийные перегрузки	37
Воздействие влажности	5
Воздействие плесневых грибов	17
Недостаточный уровень квалификации обслуживающего персонала	79
Старение элементов конструкции	1
Воздействие агрессивных сред	1
Воздействие масел	1
Итого	287

По зафиксированным наработкам отказавших двигателей в зависимости от различных факторов строились гистограммы. Временной отрезок работы принимался равным 50 тыс. ч. Разбивка его производилась на 20 частей (интервалов).

Интервальная интенсивность отказов по m -й причине рассчитывалась по зависимости

$$\lambda_{mi} = \frac{N_m}{N_0} \cdot \frac{n_m(t)}{\frac{N_{mi} + N_{mi-1}}{2} \cdot \Delta t}, \quad (1)$$

где: N_0 — число всех взятых под наблюдение двигателей ($N_0 = 571$); N_m — число двигателей, отказавших по m -й причине; N_{mi-1} — число исправно работающих двигателей в начале интервала Δt ; N_{mi} — число исправно работающих двигателей в конце интервала Δt ; $n_m(t)$ — число отказавших двигателей в отрезке времени от $t - \frac{\Delta t}{2}$ до $t + \frac{\Delta t}{2}$; Δt — выбранная величина интервала времени, 5000 ч.

При помощи метода наименьших квадратов по интервальным значениям находи-

лись интенсивность отказов в зависимости от каждого фактора в виде уравнения

$$\lambda_m = \lambda_{0m} + A_m \cdot K_m \cdot t^{K_m-1} \quad (2)$$

и вероятность безотказной работы при условии воздействия на двигатели одного фактора

$$P_m = e^{-(A_m t^{K_m} + \lambda_{0m} t)}, \quad (3)$$

где λ_{0m} , A_m , K_m — постоянные коэффициенты распределения Вейбулла.

В результате математической обработки было получено следующее факторное урав-

нение интенсивности отказов асинхронных электродвигателей, используемых на водном транспорте:

$$\begin{aligned} \lambda(t) = & A_1 K_1 t^{K_1-1} + A_2 K_2 t^{K_2-1} + A_3 K_3 t^{K_3-1} + \lambda_{04} + \\ & + A_4 K_4 t^{K_4-1} + \lambda_{05} + \lambda_{06} + \lambda_{07} + \\ & + A_7 K_7 t^{K_7-1} + A_8 K_8 t^{K_8-1} + \lambda_{09} + A_9 K_9 t^{K_9-1} + \\ & + A_{10} K_{10} t^{K_{10}-1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Числовые коэффициенты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Числовые коэффициенты факторного уравнения

Причина отказа	Коэффициенты		
	λ_{0m}	A_m	$K_m - 1$
Старение изоляции (1)	—	$6,31 \cdot 10^{-15}$	2,09
Недостаточный уровень квалификации обслуживающего персонала (2)	—	$5,62 \cdot 10^{-4}$	−0,3649
Воздействие плесневых грибов (3)	—	$1,27 \cdot 10^{-12}$	1,56
Обрыв схемы обмотки (4)	$9 \cdot 10^{-7}$	$6,4 \cdot 10^{-25}$	4,0
Обрыв в линии (5)	$6,67 \cdot 10^{-8}$	—	—
Недостаточная чувствительность защиты (6)	$3,9 \cdot 10^{-6}$	—	—
Загрязнение смазки (7)	$5 \cdot 10^{-7}$	$1,27 \cdot 10^{-28}$	4,9
Отсутствие смазки (8)	—	$1,28 \cdot 10^{-10}$	1,0
Аварийные перегрузки (9)	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$5,08 \cdot 10^{-16}$	2,32
Воздействие влажности (10)	—	$1,87 \cdot 10^{-15}$	2,0

Используя полученное факторное уравнение, были рассчитаны вероятность безотказной работы

$$P = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i dt} \quad (5)$$

и интенсивность отказов с учетом всех факторов P_{1-10} и λ_{1-10} без учета недостаточного уровня квалификации обслуживающего персонала $P_{1,3-10}$ и $\lambda_{1,3-10}$, а также без учета факторов 2, 5, 6, 9 — $P_{1,3,4,7,8,10}$ и $\lambda_{1,3,4,7,8,10}$. Воздействие факторов 5, 6, 9 может быть существенно снижено путем использования чувствительной и надежной защиты. Графические зависимости рассчитанных величин приведены на рис. 1, 2.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

Интенсивность отказов электродвигателей в течение времени возрастает вследствие старения изоляции в степени 2,09, обрыва схемы обмотки — 4, загрязнения смазки — 4,9, отсутствия смазки — линейно, аварийных перегрузок — в степени 2,32, воздействия влажности — 2, воздействия плесневых грибов — 1,56.

Интенсивность отказов из-за обрывов в линии и недостаточной чувствительности защиты постоянна во времени.

Интенсивность отказов по причине обрывов схемы обмотки, загрязнения смазки и аварийных перегрузок кроме возрастающей составляющей имеет постоянную составляющую.

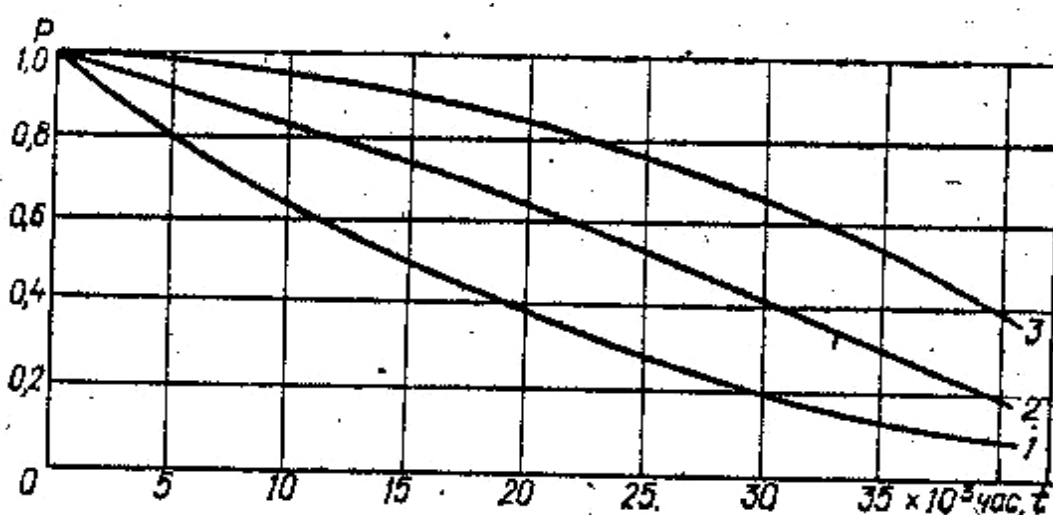


Рис. 1. Вероятность безотказной работы электродвигателей:

- 1 — с учетом всех факторов;
 2 — без учета низкого уровня квалификации обслуживающего персонала;
 3 — без учета факторов 2, 5, 6 и 9

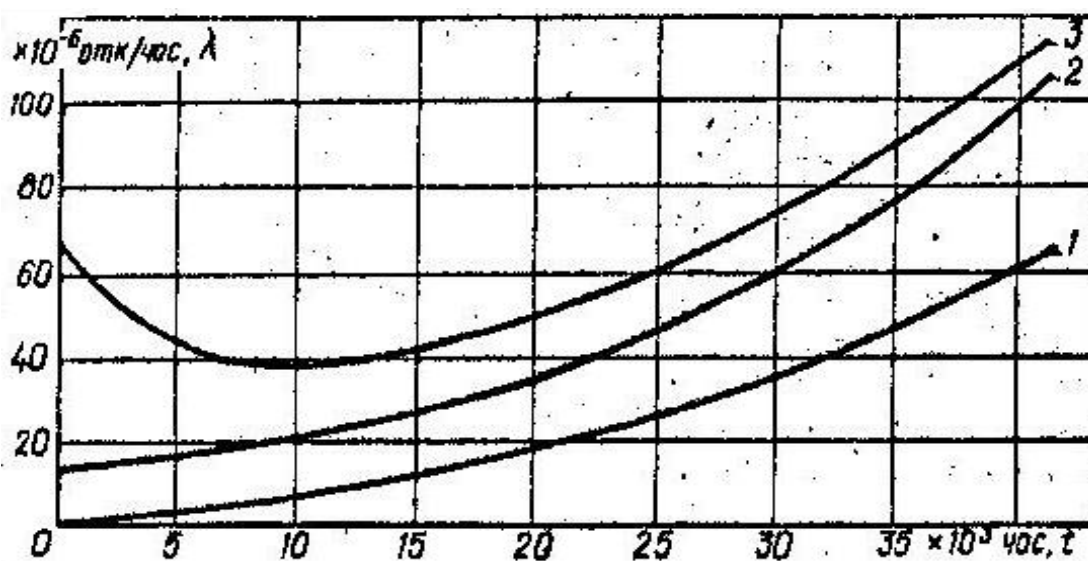


Рис. 2. Интенсивность отказов электродвигателей:

- 1 — без учета факторов 2, 5, 6 и 9;
 2 — без учета уровня квалификации обслуживающего персонала;
 3 — с учетом всех факторов

Интенсивность отказов вследствие недостаточного уровня квалификации обслуживающего персонала имеет убывающий харак-

тер, но достаточно большая в начале эксплуатации на судах.

При наличии квалифицированного пер-

сонала и чувствительной защиты электродвигатели серии 4А имеют вероятность безотказной работы в течение 10 000 ч не ниже 0,9 (без учета доверительной вероятности, расчет

которой не приведен). Это значит, что основным фактором в настоящее время является уровень эксплуатационной службы в отрасли водного транспорта.

Список литературы

1. Приходько В. М. Методы и технические средства комплексных испытаний элементов судовых электроэнергетических систем в судостроении и судоремонте: Научная монография. — СПб.: ИПЦ СПГУВК, 2005. — 348 с.
2. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Переносный универсальный тиристорный преобразователь с перестраиваемой структурой // Промышленная энергетика. — 1999. — № 4. — С. 30–35.
3. Приходько А. М., Приходько В. М., Кравченко В. И. Универсальный тиристорный преобразователь // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1999. — № 4. — С. 13–15.

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УДК 625.12:539.4

С. О. Барышников,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВК;

Т. О. Лопарева,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

В. Б. Чистов,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

УСТРАНЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО ПЕРЕГИБА
ПОЛНЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ РАЗРЕЗОМ КОРПУСА СУДНА

ELIMINATION OF SHIP'S HULL RESIDUAL BEND BY CROSS-SECTIONAL CUT

В процессе эксплуатации судов внутреннего плавания появляются повреждения в виде остаточного общего прогиба или перегиба корпуса. Это приводит к дополнительным напряжениям. В данной работе рассматривается один из способов ремонта таких судов, который заключается в том, что на корпусе установленного на стапеле судна делается поперечный разрез; судно разделяется на две части, каждая из которых перемещается таким образом, чтобы обе установились по одной линии и был исключен остаточный перегиб. Затем одна из частей устанавливается на стапельные тележки, выполняется причерчивание, прирезка и подгонка стыка.

In running of inland navigation ships there arise damages in the form of the hull residual bend or flexure. It results in additional stresses. The present paper examines one of the methods of repairs for these ships. This method includes making a cut in the hull of the ship placed on the slipway; the ship is divided into two parts, both parts are transferred in such a way that they are placed along one line, the residual bend being eliminated. Then one part is placed on the slipway cradle, the drawing, cutting and adjustment of the joint are carried out.

Ключевые слова: остаточный общий прогиб, перегиб корпуса, устранение остаточного перегиба корпуса.

Key words: residual total bend, hull bend, elimination of the hull bend.

ОДИН из способов устранения остаточного перегиба корпуса судна заключается в том, что на корпусе установленного на стапеле судна делается поперечный разрез; судно разделяется на две части, каждая из которых перемещается таким образом, чтобы обе установились по одной линии и был исключен остаточный перегиб. Затем одна из частей устанавливается на стапельные тележки, выполняется причерчивание, прирезка и подгонка стыка. Сварка стыка выполняется с соблюдением правил для соединения блоков корпуса судна.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие операции:

- определить величину максимальной остаточной стрелки перегиба;
- подготовить косяковые тележки к подъему судна с деформированным корпусом;
- поднять судно с деформированным корпусом на слип, пересадить на стапельные тележки и транспортировать к месту ремонта;
- установить судно на месте ремонта с сохранением остаточного перегиба;
- наметить линию разреза и установить в зоне разреза дополнительные тумбы;
- демонтировать трубопроводы систем и устройств в районе разреза;
- разрезать корпус судна;
- опустить и выровнять обе части корпуса по струне;

— причертить, прирезать и состыковать обе части корпуса;

— заварить швы в районе стыка;

— заделать технологические лазы.

Вопросы, связанные с выполнением первых четырех операций, являются общими для технологии ремонта судов с деформированными корпусами и подробно рассмотрены в [1]. В настоящей статье лишь отметим, что перед ремонтом судно устанавливается на стапеле с сохранением остаточного перегиба и поддерживается таким количеством опор, которое обеспечивает минимальный изгибающий момент в зоне предполагаемого разреза.

Разрез должен намечаться по стыку, ближайшему к зоне наметившегося перелома или максимального остаточного перегиба (если последний плавный).

В районе реза следует установить дополнительные ряды стапельных тумб, один ряд — посередине пролета, где намечен рез, а второй — в соседнем пролете (рис. 1).

Тумбы устанавливаются под пересечением продольного и поперечного рамного набора. Количество дополнительных тумб в ряду должно быть не менее половины количества тумб в основном ряду и не менее двух.

Все трубопроводы систем и устройств, пересекающие намеченный разрез, должны быть демонтированы на этом участке или перерезаны с учетом обеспечения минимального объема работ по их восстановлению после правки корпуса.

На настиле палубы, обшивке бортов и продольных переборок намечаются линии резов. Если устраняемая стрелка перегиба корпуса не превосходит 300 мм, то на настиле палубы или на полке комингса дополнитель-

ный рез намечается на расстоянии 50 мм от основного, идущего по монтажному стыку. Дополнительный рез на борту и продольных переборках проходит на расстоянии 50 мм от основного на палубе или стенке комингса до основного на днище.

Если стрелка перегиба превосходит 300 мм, намечается вторая линия реза — за основной. Расстояние между линиями реза v на палубе (полке комингса) определяется по формуле

$$v = f_{\text{ост}} \cdot \frac{HL}{L_2 L_3}, \quad (1)$$

где: H — высота борта или расстояние от днища до полки комингса;

L_2 и L_3 — расстояние от опор, вокруг которых будет выполняться поворот частей корпуса после выполнения реза.

Второй рез на бортах и продольных переборках намечается аналогично первому с учетом расстояния между ними в самой верхней части корпуса, равному v .

Форма реза может меняться, если не обеспечивается условие, что расстояние между старым и новым монтажным швом должно быть не менее 150 мм.

Новый монтажный шов на продольных переборках и продольном рамном наборе может не лежать в одной плоскости со швами на палубе, днище и бортах. В этом случае стыковые швы на продольных переборках и продольном рамном наборе располагаются не ближе чем 200 мм от упомянутой плоскости.

Намечается и вырезается необходимое количество технологических лазов на днище и настиле второго дна.

Разрезание корпуса выполняется в последовательности:

— удаляются участки продольных ребер жесткости длиной 800 мм по палубе и днищу (см. рис. 2);

— разрезается рамный набор и продольные переборки по намеченным линиям, и удаляются участки, примыкающие к обшивке и настилам (см. рис. 2);

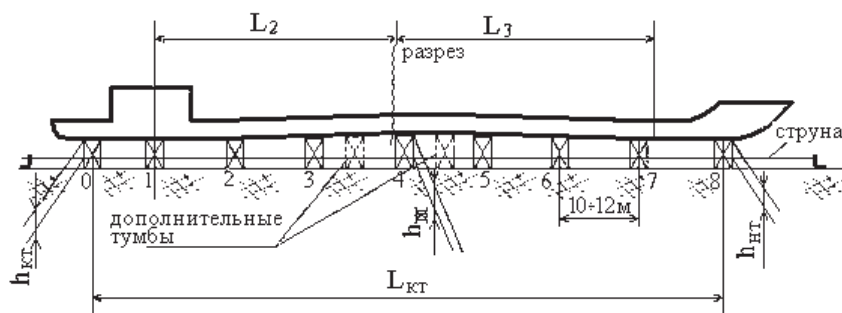


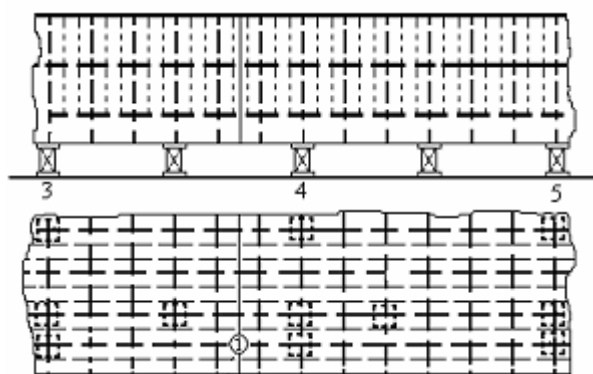
Рис. 1

— разрезается по стыковому шву обшивки днища, а затем обшивка бортов от днища к палубе;

— разрезается стыковой шов на настиле палубы;

— выполняется проверка разделения корпуса судна на две части;

— выполняются дополнительные разрезы по линиям разметки на днище, на палубе, на бортах, на продольных переборках и продольном рамном наборе.



① - вид на палубу

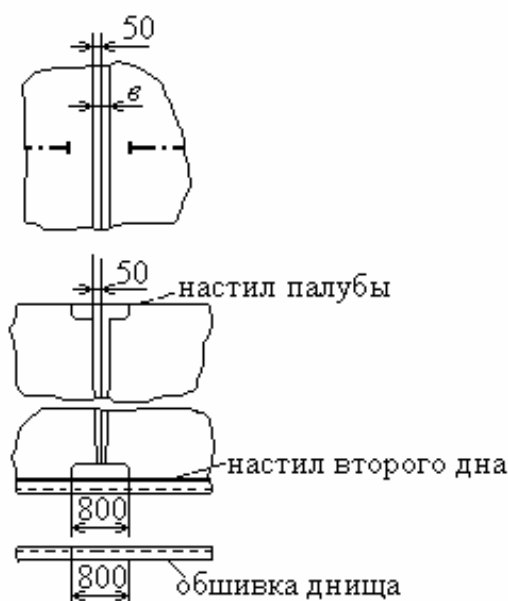


Рис. 2

Ширина реза на обшивке днища должна быть не менее 15 мм.

Кромки на настиле палубы, обшивке днища и бортов одной из частей разрезанного корпуса должны лежать в одной плоскости.

После разреза корпуса в районе 4-й опоры судно окажется разделенным на две части, стоящие с дифферентом. Нагрузки на опоры останутся практически неизменными, так как изгибающий момент в зоне разреза мал, а распределенная нагрузка от веса корпуса на образовавшейся консоли создает малый изгибающий момент, так как мала консоль. Далее потребуются переставлять стапельные тумбы, формирующие опоры, чтобы можно было поставить обе части корпуса на ровный киль. Расположение стапельных тумб и стапельных тележек при выравнивании корпуса показано на рис. 3.

Кормовую часть разрезанного корпуса перед выравниванием можно представить в виде балки. На рис. 4 представлены основная система и эпюры изгибающих моментов для раскрытия статической неопределимости балки, эпюра поперечной силы и эпюра изгибающего момента.

Статическая неопределимость балки раскрывается сравнением угла поворота на опоре 1 пролета 0–1 ($\theta_1^{лсв}$) с углом поворота на этой же опоре пролета 1–4 (θ_1^{np}). В результате получается значение изгибающего момента на опоре 1:

$$\theta_1^{лсв} = \frac{1}{EJ'} \left(\frac{q'\ell^2}{8} \cdot \frac{2}{3} \ell \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} M_o \ell \frac{1}{3} + \frac{1}{2} M_1 \ell \frac{2}{3} \right);$$

$$\theta_1^{np} = -\frac{1}{EJ'} \left(\frac{q'\ell^2}{8} \cdot \frac{2}{3} \ell \cdot \frac{5}{6} + \left(q' \frac{\ell^2}{3} + q'' \frac{2}{3} \ell^2 \right) \times \right.$$

$$\left. \times \frac{1}{2} \ell \frac{7}{9} + \frac{1}{2} M_1 \ell \frac{8}{9} + \frac{1}{2} \frac{2}{3} M_1 \ell \frac{7}{9} \right) -$$

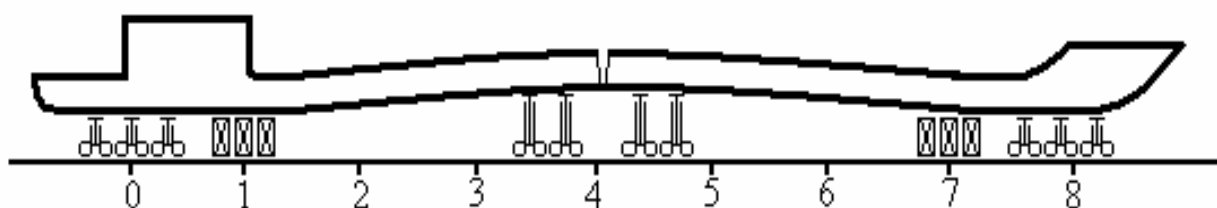


Рис. 3

$$-\frac{1}{EJ''} \left(\frac{q''(2\ell)^2}{8} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\ell \cdot \frac{1}{3} + \left(q' \frac{\ell^2}{3} + q'' \frac{2}{3} \ell^2 \right) \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{2} \cdot 2\ell \cdot \frac{4}{9} + \frac{1}{2} \frac{2}{3} M_1 2\ell \cdot \frac{4}{9} \right).$$

После приравнивания углов поворота $\theta_1^{\text{лев}} = \theta_1^{\text{пр}}$ и преобразований получим уравнение, связывающее моменты на опорах с нагрузкой и конструкцией балки:

$$\frac{M_0 \ell}{EJ'} \frac{1}{6} + \frac{28 M_1 \ell}{27 EJ'} + \frac{M_1 \ell}{EJ''} \cdot \frac{8}{27} = -\frac{1}{EJ'} \left(q' \ell^3 \frac{13}{54} + \right. \\ \left. + q'' \ell^3 \frac{7}{27} \right) - \frac{1}{EJ''} \left(q' \ell^3 \frac{4}{27} + q'' \ell^3 \frac{14}{27} \right). \quad (2)$$

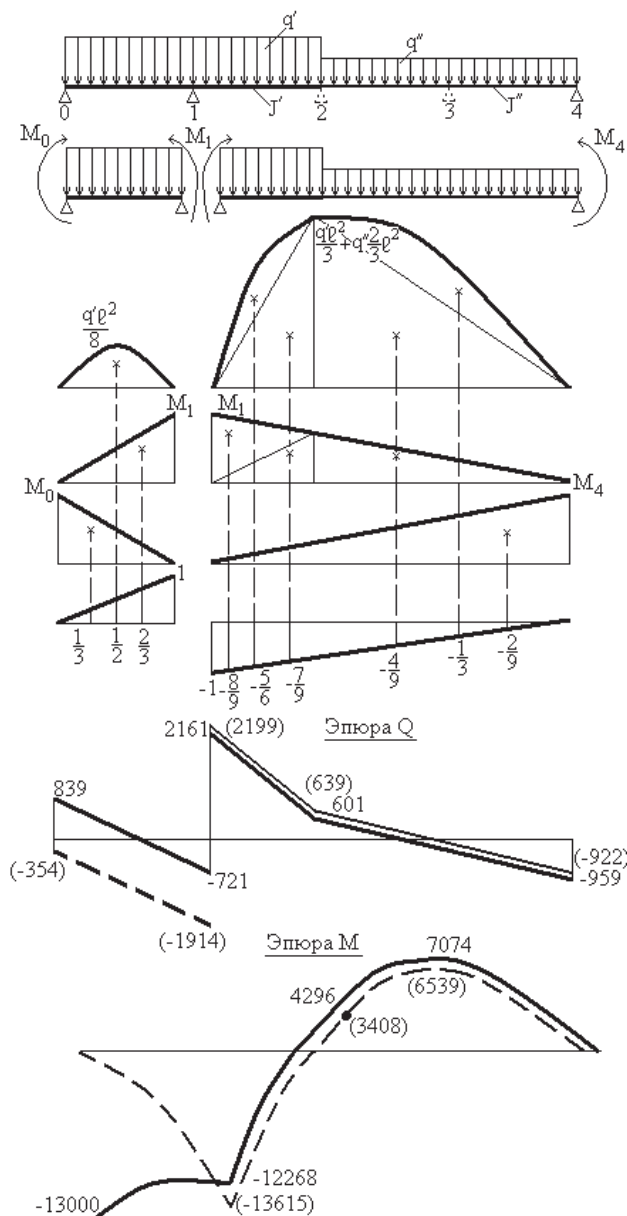


Рис. 4

Учитывая, что $J' = 2 J''$, а $q' = 2q''$, после преобразований получим:

$$M_1 = -\left(\frac{64}{44} q'' \ell^2 + \frac{9}{88} M_0 \right). \quad (3)$$

Для рассматриваемого судна было принято $q'' = 65 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $\ell = 12 \text{ м}$; $M_0 = -M^* = -13\,000 \text{ кН} \cdot \text{м}$, после подстановки получено:

$$M_1 = -13\,615 + 1330 = -12\,226 \text{ кН}.$$

По полученному значению изгибающего момента рассчитаны реакции опор $R_0 = 839 + 2080 = 2919 \text{ кН}$; $R_1 = 2882 \text{ кН}$; $R_4 = 259 \text{ кН}$ и построены эпюры поперечной силы и изгибающего момента, представленные на рис. 5. Выражения для определения реакций опор имеют вид:

$$R_0 = \frac{q' \ell}{2} - \frac{M_0}{\ell} + \frac{M_1}{\ell} + P^* \dots; \quad (4)$$

$$R_1 = q' \frac{4}{3} \ell + q'' \frac{2}{3} \ell + \frac{M_0}{\ell} - \frac{4}{3} \frac{M_1}{\ell} \dots; \quad (5)$$

$$R_4 = \frac{M_1}{3\ell} + \frac{q' \ell}{6} + \frac{q'' 4\ell}{3} \dots, \quad (6)$$

$P^* = 2080 \text{ кН}$ — вес свешивающейся части корпуса.

Расчет позволяет установить количество тумб в составе каждой из опор по формуле

$$n_i = \frac{R_i}{q} \dots, \quad (7)$$

где $q = 30 \text{ кН}$ — грузоподъемность стапельной тумбы.

Таким образом, чтобы подготовить судно к выравниванию, следует разместить в районе опор 0 и 1 по 10 стапельных тумб, а у опоры 4 установить только 3 стапельные тумбы.

Аналогично рассмотрим носовую половину корпуса. Схема носовой части показана на рис. 5.

Для раскрытия статической неопределимости используется уравнение трех моментов, которое для рассматриваемой балки имеет вид

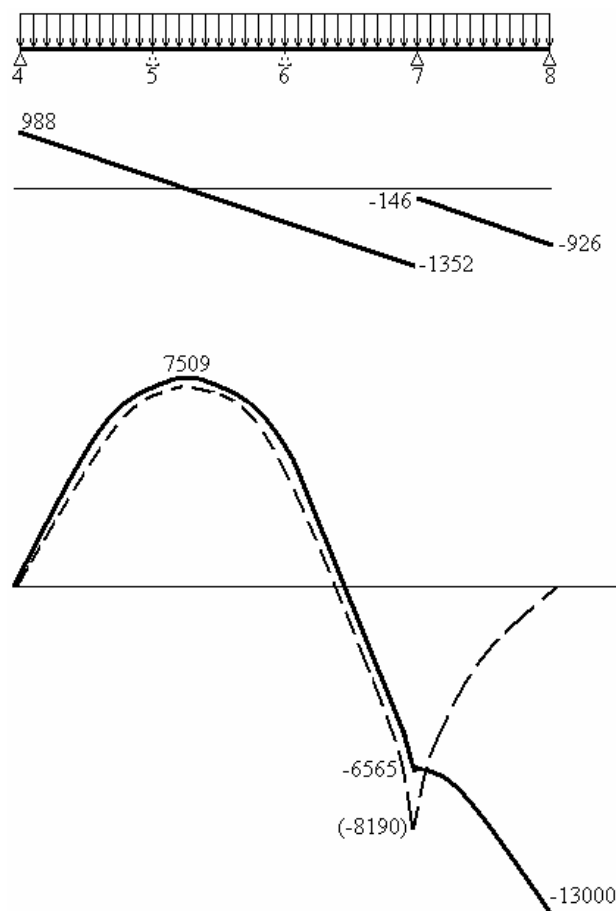


Рис. 5

$$M_4 \cdot 3\ell + 2M_7(3\ell + \ell) + M_8\ell = -6 \left(\frac{2}{3} \frac{q''(3\ell)^2}{8} \times \right. \\ \left. \times 3\ell \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \frac{q''\ell^2}{8} \ell \frac{1}{2} \right).$$

Учитывая, что $M_4 = 0$, после преобразования получим:

$$M_7 = -\frac{7}{8} q'' \ell^2 - \frac{M_8}{8}. \quad (8)$$

Для рассматриваемого судна было принято: $M_8 = -M^* = 13\,000$ кН, после подстановки в 4–7 получено:

$$M_7 = -8190 + 1625 = -6565 \text{ кН}.$$

По полученному значению изгибающего момента на 7-й опоре рассчитаны реакции опор $R_8 = 3006$ кН; $R_7 = 1206$ кН; $R_4 = 988$ кН и построены эпюры поперечной силы и изгибающего момента:

$$R_8 = \frac{q''\ell}{2} + \frac{M_7}{\ell} - \frac{M_8}{\ell} + P^{**}; \quad (9)$$

$$R_7 = 2q''\ell - \frac{4}{3} \frac{M_7}{\ell} - \frac{M_8}{\ell}; \quad (10)$$

$$R_4 = \frac{3}{2} q''\ell + \frac{M_7}{3\ell}. \quad (11)$$

По формуле (7) в районе 8-й опоры перед выравниванием носовой оконечности следует поместить 10 стапельных тумб, а в районе 7-й и 4-й — по 4 тумбы.

Для выравнивания носовой и кормовой частей корпуса следует осуществлять их поворот на 7-й и 1-й опорах соответственно. С этой целью устанавливаются стапельные тележки: за 0-й опорой и за 8-й опорой — по 6 тележек (по 3 пары) и около 4-й опоры — по 4 тележки для каждой половины. Перемещение каждой части корпуса осуществляется постепенно, чтобы сечение около 4-й опоры опускалось ступеньками не более чем по 50 мм. После установки тележек около 4-й опоры стапельные тумбы около этой опоры опускаются на 50 мм, а стапельные тумбы в районе 2-й, 3-й, 5-й и 6-й устанавливаются по струне на уровне 1-й и 7-й опор. Далее дается нагрузка на 6 стапельных тележек, расположенных за 0-й или 8-й опорами. Нагрузка на каждую стапельную тележку дается такой, чтобы она равнялась весу свешивающейся части корпуса, а момент, создаваемый ею на 8-й опоре, был равен моменту, создаваемому свешивающейся частью, но с противоположным знаком. В результате эпюры изгибающего момента и поперечной силы изменяются так, как показано на рис. 4 и 5.

Изгибающий момент на 1-й опоре определяется из уравнения

$$\frac{28}{27} \frac{M_1\ell}{EJ'} + \frac{M_1\ell}{EJ''} \frac{8}{27} = -\frac{1}{EJ'} \left(q'\ell^3 \frac{13}{54} + q''\ell^3 \frac{7}{27} \right) - \\ \frac{1}{EJ''} \left(q'\ell^3 \frac{4}{27} + q''\ell^3 \frac{14}{27} \right), \quad (12)$$

а реакции на опорах кормовой части — по формулам:

$$R_0 = \frac{q'\ell}{2} + \frac{M_1}{\ell}; \quad (13)$$

$$R_1 = q' \frac{4}{3} \ell + q'' \frac{2}{3} \ell - \frac{4}{3} M_1 \ell; \quad (14)$$

$$R_4^{\wedge} = \frac{M_1}{3\ell} + \frac{q'\ell}{6} + q'' \frac{4}{3} \ell. \quad (15)$$

Изгибающий момент на 7-й опоре определяется по формуле

$$M_7 = -\frac{7}{8} q'' \ell^2, \quad (16)$$

а реакции на опорах носовой части:

$$R_8 = \frac{M_7}{\ell} + \frac{q'' \ell}{2}, \quad (17)$$

$$R_7 = -\frac{4}{3} \frac{M_7}{\ell} + 2q'' \ell; \quad (18)$$

$$R_4 = \frac{M_7}{3\ell} + \frac{3}{2} q'' \ell. \quad (19)$$

После подстановки значений q' , q'' и ℓ получим величины изгибающих моментов на опорах $M_1 = -13\,615$ кН·м; $M_7 = -8190$ кН·м и опорных реакций $R_1 = 4113$ кН; $R_4^* = 992$ кН; $R_7 = 2470$ кН; $R_4^{np} = 943$ кН. Опорные реакции на крайних опорах получились отрицательными ($R_0 = -354$ кН и $R_8 = -293$ кН) и малыми по абсолютной величине. Это свидетельствует о том, что корпус судна будет отрываться от них. Так как конструкция опоры не предусматривает возможности сопротивляться этому, то произойдет некоторое увеличение нагрузки на стапельные тележки около 4-й опоры и уменьшение нагрузки на 1-й и 7-й опорах. Пренебрежение этим перераспределением не вызывает опасности.

Расчет показал, что до начала выравнивания носовой и кормовой частей корпуса (открытия перепускных клапанов на стапельных тележках около 4-й опоры) следует увеличить число стапельных тумб под 1-й и 7-й опорами до 15 единиц, установить по 4 стапельные тумбы на 50 мм ниже в районе тележек около 4-й опоры (они смогут принять нагрузку более 1000 кН), установить стапельные тумбы в районе 2-й, 3-й, 5-й и 6-й опор так, чтобы их подушки были на уровне 1-й и 7-й опор.

После открытия перепускных клапанов на стапельных тележках около 4-й опоры площадки тележек начнут опускаться до тех пор,

пока нагрузку не воспримут стапельные тумбы, расположенные около них. Нагрузка на тележках за крайними опорами начнет падать, если поддерживать ее на заданном уровне, то эпюра поперечных сил и изгибающих моментов изменяться не будет и сохранится такой, как показано пунктирной линией на рис. 4 и 5.

Если поддерживать нагрузку на тележках за опорами 0-й и 8-й не удастся, то эпюры поперечной силы и изгибающего момента перед тем, как корпус опустится на стапельные тумбы в районе 4-й опоры, примут вид, показанный на рис. 4 и 5 сплошной линией.

Опускание носовой и кормовой частей около 4-й опоры можно выполнять одновременно или по очереди, опуская каждую только на 50 мм.

Операция выравнивания заканчивается после того, как кормовая и носовая части корпуса окажутся на всех опорах, состоящих из стапельных тумб, подушки которых находятся на одном уровне с подушками стапельных тумб на 1-й и 7-й опорах.

Вызывает опасение прочность флора, на который передают нагрузку стапельные тележки, расположенные около 4-й опоры. Расчеты показывают, что при установке 4 тележек прочность флоров будет обеспечена.

После выравнивания следует установить носовую половину судна на стапельные тележки (рис. 6).

Порядок установки следующий:

- установить талрепы на палубе, днище и бортах корпуса судна;
- причертить и прирезать кромки на настилах обшивки и продольном рамном наборе;
- стянуть обе части корпуса талрепами, подогнать стыковые швы продольного рамного набора с зазором 0 мм и закрепить на прихватках; подогнать стыковые швы обшивки и настилов с зазором 0 мм и закрепить на эластичных прихватках (см. рис. 7);

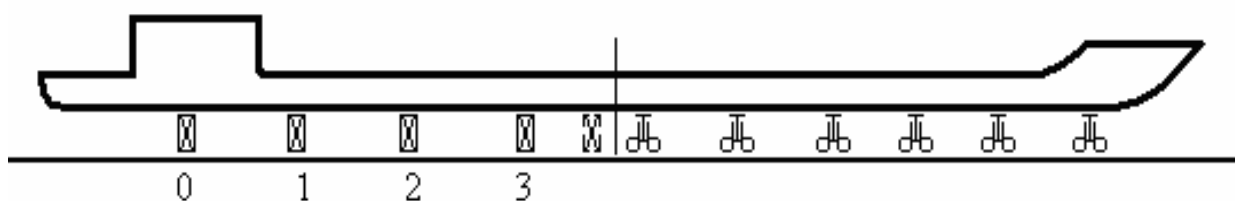


Рис. 6

— разметить по месту и вырезать новые части рамного набора и продольных переборок (см. рис. 2 и рис. 3 карты эскизов), подогнать кромки новых частей и стенок рамного набора встык (несовпадение толщины стенок менее 1 мм); закрепить на прихватках;

— разметить по месту и вырезать новые участки продольных ребер жесткости (см. рис. 2); подогнать кромки вновь устанавливаемых участков продольных ребер жесткости встык со старыми и закрепить на прихватках к ребрам жесткости и обшивке или настилу;

— заварить стыковые швы продольного рамного набора, стыковые швы вставок со стенками рамного набора и стыковые швы продольных ребер жесткости;

— заварить стыковые швы обшивки днища, настила второго дна и настила палубы;

— заварить стыковые швы обшивки бортов и продольных переборок;

— заварить швы приварки продольного рамного набора к настилам и обшивке, швы приварки продольных ребер жесткости к настилу палубы, второго дна и обшивке днища; заварить участки швов соединения настила второго дна с бортами, обшивки бортов и продольных переборок с палубой, продольных переборок с днищем и настилом второго дна.

В заключение следует отметить, что устранение остаточного перегиба рассмотренным способом не устраняет остаточных

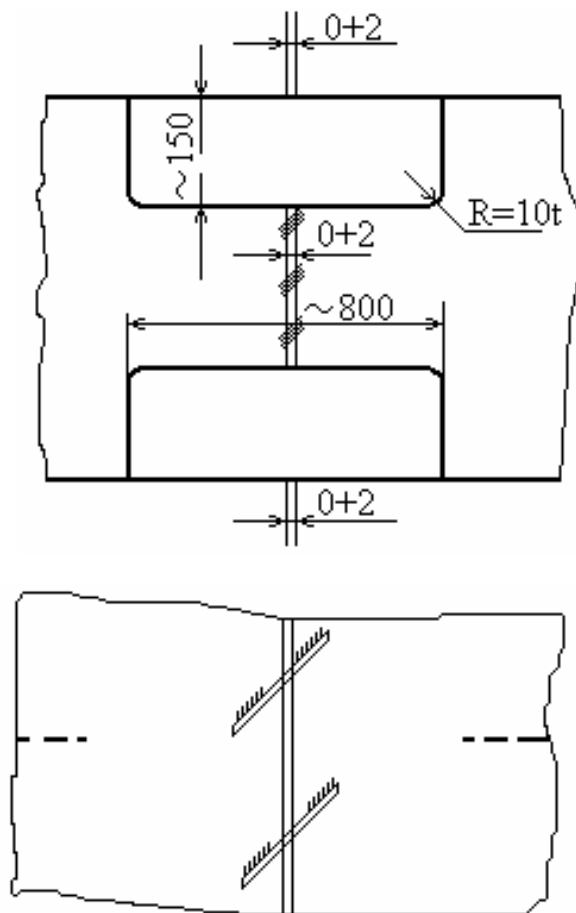


Рис. 7

напряжений в корпусе, поэтому коэффициент запаса общей прочности должен быть увеличен. Отмеченное требует проверки общей прочности корпуса и, при необходимости, подкрепления палубы и (или) днища накладными полосами, как это предложено в [2].

Список литературы

1. Барышников С. О., Лопарева Т. О., Чистов В. Б. Подъем и установка на слипе судов с деформированным корпусом // Труды IV международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», том II. — СПб.: Политехнический университет, 2007. — С. 292–300.
2. Барышников С. О. Ремонт корпусов речных судов подкреплением накладными полосами // Сб. научных трудов. — Л., ЛИВТ, 1982. — С. 178–181.

УДК 629.122.13-26

О. В. Щербакова,
Новосибирская государственная
академия водного транспорта;

М. К. Романченко,
канд. техн. наук,
Новосибирская государственная
академия водного транспорта

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ

RESEARCH OF THE SPECTRUM OF OWN FREQUENCIES HELICAL SPRING

Рассмотрены результаты исследований собственных частот цилиндрической пружины, работающей на растяжение. Модель пружины рассматривалась как модель эквивалентного бруса. Собственная частота первого тона определялась по методу Рэлея.

Results of researches of own frequencies of a cylindrical spring working on a stretching are considered. The spring model was considered as a model of an equivalent girder. Own frequency of the first tone was defined under the Rayleigh method.

Ключевые слова: собственная частота, жесткость, эквивалентный брус, метод Рэлея, цилиндрическая пружина.

Key words: own frequency, stiffness, equivalent girder, Rayleigh method, cylindrical spring.

ГЕОМЕТРИЯ винтовой пружины позволяет в широких пределах управлять параметрами жесткости, устойчивости и собственной частоты витков. Более подробно остановимся на вычислении собственных частот пружин.

Проблема вычисления собственной частоты пружин в подвеске актуальна в связи с возможной шумоизоляцией. Предположим, что спектр частот источника вибрации содержит такие составляющие, которые приводят к появлению колебаний внутри пружины. Это приводит к рассеиванию энергии за счет внешнего трения о воздух и внутреннего трения в материале упругого элемента [1, 2, 4].

Исследования проводились в лаборатории кафедры ТММ и ДМ Новосибирской государственной академии водного транспорта.

Оборудование включает вибростол, габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота): $180 \times 170 \times 170$. Для измерения амплитуды используется стробоскоп СБ-3 с диапазоном границ: от 0 до 600 мкм; от 0 до 3000 мкм. Для задания частоты колебаний применяется генератор синусоидальных колебаний с диапазоном изменяемых частот от $2_{-0,2}$ до 2000^{+200} . Для регистрации частоты колебаний используется

виброметр ВВВ-302 с диапазоном рабочих частот вибропреобразователя 20–2500 Гц с нормированной погрешностью, 1–10 000 Гц — с ненормированной погрешностью (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальное оборудование для определения собственных частот пружин

В качестве образцов для испытания использовались цилиндрические пружины, работающие на растяжение, с одинаковым внешним диаметром и диаметром проволоки, но с разным числом витков. Средний диаметр пружин — 7,88 мм, диаметр проволоки — 0,78 мм (рис. 2).

Пружина закреплялась концами к стойкам, с помощью генератора задавались синусоидальными колебаниями.

соидальные колебания и визуально определялись собственные частоты.

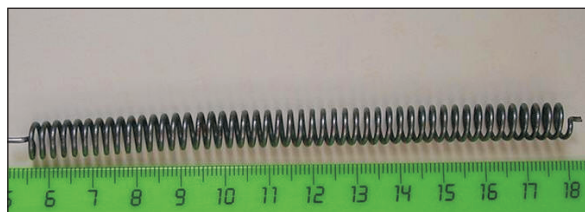


Рис. 2. Пружина для исследования собственной частоты

Было проведено три эксперимента с пружинами с разным числом витков: эксперимент № 1 — 113; эксперимент № 2 — 72; эксперимент № 3 — 55 витков. Результаты представлены в таблице ниже.

Таблица

Собственные частоты винтовых пружин

Пружина	№ 1	№ 2	№ 3
Число витков	113	72	55
Экспериментальные собственные частоты, Гц	20 49 72 88	47,8	44,8 48 53,2 69
Расчетные собственные частоты (первый тон), Гц	29,1	45,7	59,8
Расхождение между расчетом и экспериментом, %	31,3	4,6	25,1

Хотелось бы отметить, что у пружины № 1 при частоте колебаний 49 Гц наблюдалась двухузловая форма колебаний, при 88 Гц — три узла. При частоте колебаний 72 Гц появилось сильное горизонтальное биение, возможно, это объясняется совпадением частот со стойками вибростенда.

Модель пружины содержит эквивалентный брус, шарнирно закрепленный по концам. Заменим пружину однородным брусом. При изгибе ненагруженного продольной силой бруса его можно считать классической балкой [4].

В соответствии с методом Рэлея [3] собственная частота определяется по формуле

$$\lambda = \sqrt{\frac{EA\pi^2}{ml^2}}, \quad (1)$$

где: $C = EA$ — жесткость;

m — масса длины балки;

l — длина балки.

Эту частоту принято называть первой, или первым тоном. Первый тон самый низкий.

Параметры эквивалентного бруса винтовой пружины равного шага и диаметра витков определим как для однородного изотропного материала:

$$E = \frac{\delta}{\varepsilon}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{H}; \quad (2)$$

$$\delta = \frac{4 \cdot C \cdot \Delta}{\pi \cdot D^2},$$

где: $E = \frac{4C \cdot H}{\pi \cdot D^2}$ — модуль упругости эквивалентного бруса;

H — высота пружины;

δ — напряжение;

ε — упругая деформация;

Δ — критическая деформация;

D — средний диаметр пружины.

Жесткость пружины рассчитываем как

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8D^3 \cdot n}, \quad (3)$$

где: d — диаметр витка;

n — число витков;

G — модуль сдвига.

Определяем формулу для расчета собственной частоты:

$$\delta = \frac{F}{A}; \quad F = C \cdot \Delta; \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{l}. \quad (4)$$

Нормальное напряжение, учитывая (4):

$$\delta = \frac{C \cdot \Delta}{A} = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot l}{A}. \quad (5)$$

На основании формулы (2) модуль упругости:

$$E = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot l}{A \cdot \varepsilon} = \frac{C \cdot l}{A}. \quad (6)$$

Предположительно собственная частота пружины:

$$\lambda = \sqrt{\frac{C \cdot l \cdot A \cdot \pi^2}{A \cdot m \cdot l^2}} = \sqrt{\frac{C \cdot \pi^2}{m \cdot l}}. \quad (7)$$

Масса пружины:

$$m = \rho \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (8)$$

где ρ — плотность.

Учитывая значение жесткости (3), массы на один метр длины, получим:

$$\lambda = \sqrt{\frac{G \cdot d^4 \cdot \pi^2}{8D^3 \cdot m \cdot l}} = \sqrt{\frac{G \cdot d^2}{2D^4 \cdot \rho \cdot n^2}}. \quad (9)$$

Расчетные значения собственной частоты по формуле (9) представлены в таблице выше.

Расхождение между расчетом и экспериментом составит

$$\varepsilon = \frac{|c - c_{\text{эсп.}}|}{c} \times 100 \%; \quad (10)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{|29,1 - 20|}{29,1} \times 100 \% = 31,3 \%;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{|45,7 - 47,8|}{45,7} \times 100 \% = 4,6 \%;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{|59,8 - 44,8|}{59,8} \times 100 \% = 25,1 \%.$$

Наименьшая погрешность около 5 %, что в пределах допускаемого у пружины с числом витков 72.

Список литературы

1. Барановский А. М. Уравновешивание и виброзащита механизмов. — Новосибирск: НГАНТ, 2006.
2. Барановский А. М., Зувев А. К. Расчет винтовых пружин в опорах судовых двигателей // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт. Часть 1: Труды 2-й МНТК 8–11 сентября 2004, Тобольск.
3. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. — М.: Высшая школа, 1980.
4. Романченко М. К. Исследование собственных частот пружины // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2008. — № 2.

УДК 539.384

М. В. Сухотерин,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

К. О. Ломтева,
аспирант,
СПГУВК

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛЫ НА ОБШИВКУ СУДНА

ESTIMATION OF ACTION OF COCENTRATED FORCE ON A SHELL

В статье для решения задачи изгиба прямоугольной защемленной пластины предложен итерационный метод суперпозиции исправляющих функций. Сосредоточенная сила разлагается в двойной ряд Фурье. Частное решение и исправляющие функции в виде гиперболическо-тригонометрических рядов дают в пределах точное решение.

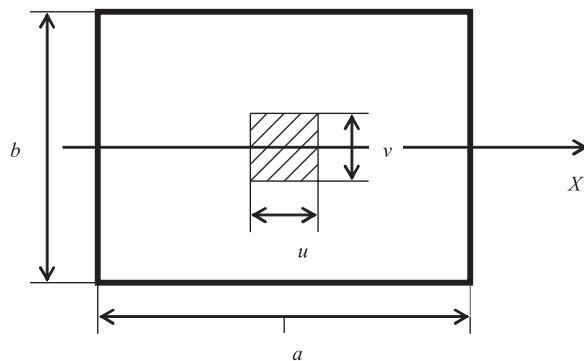
The paper proposes an iteration method of correction function superposition for solution problem of bending rectangular clamped plate. Concentrated force develops as double Fourier series. Quotient solution and correction function in the form of hyperbolic-trigonometric series bring exact solution.

Ключевые слова: сосредоточенная сила, защемленная пластина, обшивка судна, изгиб, итерационный метод, ряды Фурье, точное решение.

Key words: concentrated force, clamped plate, shell, bending, iteration method, Fourier series, exact solution.

С ИЛОВОЙ набор корпуса судна, плоских затворов ГТС и других гидросооружений разделяет обшивку на прямоугольные элементы, которые можно считать пластинами, защемленными по контуру. Наряду с гидростатической нагрузкой на обшивку могут действовать и сосредоточенные силы, например при швартовке, ударах бревен, навалы льдин и других предметов. Наиболее опасен с точки зрения прочности случай, когда сила действует в середине пластины.

Рассмотрим прямоугольную пластину (панель обшивки) с размерами $a \times b$ в плане и постоянной толщиной h (см. рисунок).



Защемленная пластина
под действием сосредоточенной силы

Поместим начало системы координат XOY в центр пластины. Будем считать, что сила P приложена в центре в виде равномерно распределенной нагрузки на малом прямоугольном участке с размерами $u \times v$.

Изогнутая срединная поверхность пластины, защемленной по всем граням, определяется [1] дифференциальным уравнением изгиба

$$D \nabla^2 \nabla^2 W(X, Y) = -q(X, Y) \quad (1)$$

и граничными условиями:

$$W = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial X} = 0 \quad \text{при } X = \pm \frac{a}{2}; \quad (2)$$

$$W = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial Y} = 0 \quad \text{при } Y = \pm \frac{b}{2}. \quad (3)$$

Здесь: W — прогиб срединной поверхности пластины; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ — цилиндрическая жесткость; E — модуль Юнга; ν — коэффициент Пуассона; ∇^2 — двумерный оператор

Лапласа; $q(X, Y)$ — поперечная нагрузка.

Поперечную симметричную нагрузку, следуя Навье [1], представим двойным рядом Фурье:

$$q(X, Y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} q_{ks} \cos \frac{\pi s X}{a} \cos \frac{\pi k Y}{b}, \quad (4)$$

где

$$q_{ks} = \frac{4}{ab} \iint_{\frac{a}{2} \frac{b}{2}}^{\frac{a}{2} \frac{b}{2}} q(X, Y) \cos \frac{\pi s X}{a} \cos \frac{\pi k Y}{b} dX dY.$$

Так как нагрузка интенсивностью $\frac{P}{uv}$ в нашем случае задана на малом прямоугольном участке в центре пластины, то предыдущая формула дает:

$$\begin{aligned} q_{ks} &= \frac{4P}{abuv} \iint_{\frac{u}{2} \frac{v}{2}}^{\frac{u}{2} \frac{v}{2}} \cos \frac{\pi s X}{a} \cos \frac{\pi k Y}{b} dXdY = \\ &= \frac{4P}{ab} \frac{\sin \frac{\pi su}{2a}}{\frac{\pi su}{2a}} \frac{\sin \frac{\pi kv}{2b}}{\frac{\pi kv}{2b}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для сосредоточенной силы $u, v \rightarrow 0$, тогда $q_{ks} = \frac{4P}{ab}$, и формула (4) примет вид:

$$q(X, Y) = \frac{4P}{ab} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \cos \frac{\pi s X}{a} \cos \frac{\pi k Y}{b}. \quad (6)$$

Отметим, что двойной ряд в правой части является расходящимся, моделируя сосредоточенную силу. В центре пластины поэтому будут бесконечны изгибающие моменты, перерезывающие силы и напряжения.

Перейдем к безразмерным величинам

$$x = \frac{X}{b}, \quad y = \frac{Y}{b}, \quad w = \frac{W}{q_0 b^4/D}. \quad (7)$$

Здесь $q_0 = \frac{P}{\gamma}$.

Тогда относительные размеры пластины будут такими:

$$-\frac{\gamma}{2} \leq x \leq \frac{\gamma}{2}; \quad -\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2},$$

где параметр $\gamma = \frac{a}{b}$.

Уравнения задачи (1)–(3) примут вид:

$$\nabla^2 \nabla^2 w(x, y) = -4 \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \cos \mu_s x \cos \lambda_k y; \quad (8)$$

$$w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x = \pm \frac{\gamma}{2}; \quad (9)$$

$$w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \quad \text{при} \quad y = \pm \frac{1}{2}, \quad (10)$$

где $\mu_s = \pi s / \gamma$, $\lambda_k = k\pi$.

Частное решение уравнения (8)

$$w_0(x, y) = -4 \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\cos \mu_s x \cos \lambda_k y}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} \quad (11)$$

удовлетворяет условиям отсутствия прогибов на контуре пластины, но нарушает условия отсутствия углов поворота заделанных сечений, т. е. порождает невязки во вторых граничных условиях (9), (10):

$$\theta_{x0} \left(\frac{\gamma}{2}, y \right) = \frac{\partial w_0}{\partial x} \Big|_{x=\frac{\gamma}{2}} = - \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} a_{k0} \cos \lambda_k y; \quad (12)$$

$$\theta_{y0} \left(x, \frac{1}{2} \right) = \frac{\partial w_0}{\partial y} \Big|_{y=\frac{1}{2}} = - \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} b_{s0} \cos \mu_s x, \quad (13)$$

здесь

$$a_{k0} = 4 \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{s}} \mu_s}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2}; \quad b_{s0} = 4 \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{k}} \lambda_k}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2};$$

$$\tilde{s} = \frac{s+1}{2}; \quad \tilde{k} = \frac{k+1}{2}. \quad (14)$$

Заметим, что при $x = -\gamma/2$, $y = -1/2$ правые части (12), (13) меняют знак.

Далее задачу будем решать методом суперпозиции исправляющих функций [2]. Суть метода состоит в том, что бигармонические исправляющие функции, компенсируя невязки на двух параллельных кромках, в свою очередь, сами порождают невязки в граничных условиях на двух смежных кромках. Бесконечный итерационный процесс взаимного исправления невязок дает точное решение. Решение с заданной точностью позволяет ограничиться конечным числом итераций.

Для компенсации невязки (12) привлечем первую исправляющую функцию 1-го вида

$$w_{11}(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (A_{k1} ch \lambda_k x + B_{k1} x sh \lambda_k x) \cos \lambda_k y \quad (15)$$

с неопределенными коэффициентами A_{k1} , B_{k1} , которые определяются при удовлетворении условиям (9). Это дает систему уравнений:

$$\begin{cases} A_{k1} ch \frac{\lambda_k \gamma}{2} + B_{k1} \frac{\gamma}{2} sh \frac{\lambda_k \gamma}{2} = 0 \\ A_{k1} \lambda_k sh \frac{\lambda_k \gamma}{2} + B_{k1} \left(sh \frac{\lambda_k \gamma}{2} + \frac{\lambda_k \gamma}{2} ch \frac{\lambda_k \gamma}{2} \right) = a_{k0} \end{cases},$$

из которой находим:

$$A_{k1} = -\frac{\gamma}{22} th \frac{\lambda_k \gamma}{2} \frac{a_{k0}}{\eta_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}; \quad B_{k1} = \frac{a_{k0}}{\eta_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}, \quad (16)$$

где

$$\eta_k = th \frac{\lambda_k \gamma}{2} + \frac{\lambda_k \gamma}{2 ch^2 \frac{\lambda_k \gamma}{2}}. \quad (17)$$

Коэффициенты A_{k1} можно выразить из этих формул через B_{k1} :

$$A_{k1} = -\frac{\gamma}{22} th \frac{\lambda_k \gamma}{2} \cdot B_{k1}. \quad (18)$$

Первая исправляющая функция (15) нарушает условие (10) по углу поворота сечения, т. е. дает невязку, которую мы разложим в ряд Фурье:

$$\begin{aligned} \theta_{y1} \left(x, \frac{1}{2} \right) &= \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} \lambda_k (A_{k1} ch \lambda_k x + B_{k1} x sh \lambda_k x) = \\ &= - \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} b_{s1} \cos \mu_s x; \end{aligned}$$

$$b_{s1} = -\frac{8}{\gamma} \mu_s \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{k}} \lambda_k^2 B_{k1}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}. \quad (19)$$

Здесь использовались формула (18) и формулы разложения в ряд Фурье:

$$ch \lambda_k x = -\frac{4}{\gamma} ch \frac{\lambda_k \gamma}{2} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \frac{\mu_s}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \cos \mu_s x;$$

$$\begin{aligned} x sh \lambda_k x &= \frac{2}{\gamma} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \frac{\mu_s}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \times \\ &\times \left(-\gamma sh \frac{\lambda_k \gamma}{2} + 4 \frac{\lambda_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \right) \cos \mu_s x. \end{aligned} \quad (20)$$

Заметим, что из этих формул при $x = 0$ получаются известные суммы числовых рядов:

$$\begin{aligned} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{s}} \mu_s}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} &= -\frac{\gamma}{4} \frac{1}{ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}, \\ \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{s}} \mu_s}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} &= -\frac{\gamma^2}{16} \frac{th \frac{\lambda_k \gamma}{2}}{\lambda_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}. \end{aligned} \quad (21)$$

Тогда первая формула (14) примет вид

$$a_{k0} = -\frac{\gamma^2}{4} \frac{th \frac{\lambda_k \gamma}{2}}{\lambda_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}}. \quad (22)$$

Сложим невязки выполнения граничных условий на кромках $y = \pm 1/2$ по углу поворота θ_y от компонентов w_0 и w_{11} :

$$\theta_{y1}^* = \theta_{y0} + \theta_{y1}.$$

Будем компенсировать эти невязки первой исправляющей функцией 2-го вида, которую возьмем в виде ряда, аналогичного (15):

$$w_{21}(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (C_{s1} ch \mu_s y + D_{s1} y sh \mu_s y) \cos \mu_s x, \quad (23)$$

коэффициенты которого найдутся при удовлетворении условиям (10), что дает

$$C_{s1} = -\frac{1}{22} th \frac{\mu_s}{2} \frac{b_{s0} + (-1)^s b_{s1}}{\xi_s ch \frac{\mu_s}{2}};$$

$$D_{s1} = \frac{b_{s0} + (-1)^s b_{s1}}{\xi_s ch \frac{\mu_s}{2}}, \quad (24)$$

где

$$\xi_s = th \frac{\mu_s}{2} + \frac{\mu_s}{2 ch^2 \frac{\mu_s}{2}}. \quad (25)$$

Коэффициенты C_{s1} можно выразить через коэффициенты D_{s1} :

$$C_{s1} = -\frac{1}{2} th \frac{\mu_s}{2} \cdot D_{s1}. \quad (26)$$

Аналогично невязки от w_{21} , в свою очередь, разлагаются в ряд Фурье по косинусам:

$$\theta_{x1} \left(\frac{\gamma}{2}, y \right) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^s \mu_s (C_{s1} ch \mu_s y + D_{s1} y sh \mu_s y) =$$

$$= - \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} a_{k1} \cos \lambda_k y;$$

$$a_{k1} = -8 \lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^s \mu_s^2 D_{s1}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} ch \frac{\mu_s}{2}. \quad (27)$$

Здесь использовались формула (26) и формулы разложения:

$$ch \mu_s y = -4 ch \frac{\mu_s}{2} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} \frac{\lambda_k}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \cos \lambda_k y;$$

$$ysh \mu_s y = 2 \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} \frac{\lambda_k}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \times$$

$$\times \left(-sh \frac{\mu_s}{2} + 4 \frac{\mu_s ch \frac{\mu_s}{2}}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} \right) \cos \lambda_k y. \quad (28)$$

При $y = 0$ получаем формулы, аналогичные (21):

$$\sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{k}} \lambda_k}{\lambda_k^2 + \mu_s^2} = -\frac{1}{4 ch \frac{\mu_s}{2}};$$

$$\sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{k}} \lambda_k}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} = -\frac{1}{16} \frac{th \frac{\mu_s}{2}}{\mu_s ch \frac{\mu_s}{2}}. \quad (29)$$

Тогда вторая формула (14) примет вид

$$b_{s0} = -\frac{1}{4} \frac{th \frac{\mu_s}{2}}{\mu_s ch \frac{\mu_s}{2}}. \quad (30)$$

Невязки (27) компенсируются следующей исправляющей функцией w_{12} .

Далее описанный выше процесс повторяется. Вторая пара исправляющих функций будет иметь вид:

$$w_{12}(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} (A_{k2} ch \lambda_k x +$$

$$+ B_{k2} x sh \lambda_k x) \cos \lambda_k y; \quad (31)$$

$$w_{22}(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^s (C_{s2} ch \mu_s y +$$

$$+ D_{s2} y sh \mu_s y) \cos \mu_s x. \quad (32)$$

Невязки от (31):

$$\theta_{y2} \left(x, \frac{1}{2} \right) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \lambda_k (A_{k2} ch \lambda_k x + B_{k2} x sh \lambda_k x) =$$

$$= - \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} b_{s2} \cos \mu_s x;$$

$$b_{s2} = -\frac{8}{\gamma} \mu_s \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\lambda_k^2 B_{k2}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}. \quad (33)$$

Невязки от (32):

$$\theta_{x2} \left(\frac{\gamma}{2}, y \right) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \mu_s (C_{s2} ch \mu_s y + D_{s2} y sh \mu_s y) =$$

$$= - \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} a_{k2} \cos \lambda_k y;$$

$$a_{k2} = -8\lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^2 D_{s2}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2} ch \frac{\mu_s}{2}. \quad (34)$$

Последующие формулы аналогичны.

Приведем сводку формул для организации итерационного вычислительного процесса:

$$w(x, y) = w_0(x, y) + \sum_{n=1,2,\dots} w_{1n}(x, y) + w_{2n}(x, y);$$

$$w_0(x, y) = -4 \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\cos \mu_s x \cos \lambda_k y}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2};$$

$$w_{1n}(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} i \left(\tilde{A}_{kn} ch \lambda_k x + \right.$$

$$\left. + \tilde{B}_{kn} x sh \lambda_k x \right) \frac{\cos \lambda_k y}{ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}};$$

$$w_{2n}(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} j \left(\tilde{C}_{sn} ch \mu_s y + \right.$$

$$\left. + \tilde{D}_{sn} y sh \mu_s y \right) \frac{\cos \mu_s x}{ch \frac{\mu_s}{2}};$$

$$i, j = 1 \text{ при } n = 1; \quad i = (-1)^{\tilde{k}}, \quad j = (-1)^{\tilde{s}} \text{ при } n \geq 2;$$

$$\mu_s = \pi s / \gamma; \quad \lambda_k = k\pi;$$

$$\tilde{s} = (s+1)/2; \quad \tilde{k} = (k+1)/2;$$

$$\tilde{a}_{k0} = -\frac{\gamma^2}{4} \frac{th \frac{\lambda_k \gamma}{2}}{\lambda_k ch \frac{\lambda_k \gamma}{2}} \quad (k = 1, 3, \dots);$$

$$\tilde{b}_{s0} = -\frac{1}{4} \frac{th \frac{\mu_s}{2}}{\mu_s ch \frac{\mu_s}{2}} \quad (s = 1, 3, \dots);$$

$$\tilde{B}_{kn} = \frac{\tilde{a}_{k(n-1)}}{\eta_k}; \quad \tilde{A}_{kn} = -\frac{\gamma}{2} th \frac{\lambda_k \gamma}{2} \cdot \tilde{B}_{kn};$$

$$\eta_k = th \frac{\lambda_k \gamma}{2} + \frac{\lambda_k \gamma}{2 ch^2 \frac{\lambda_k \gamma}{2}};$$

$$\tilde{b}_{sn} = -\frac{8}{\gamma} \mu_s \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{I \lambda_k^2 \tilde{B}_{kn}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2};$$

$$\tilde{C}_{s1} = -\frac{1}{2} th \frac{\mu_s}{2} \frac{\tilde{b}_{s0} + (-1)^{\tilde{s}} \tilde{b}_{s1}}{\xi_s};$$

$$\tilde{D}_{s1} = \frac{\tilde{b}_{s0} + (-1)^{\tilde{s}} \tilde{b}_{s1}}{\xi_s};$$

$$\xi_s = th \frac{\mu_s}{2} + \frac{\mu_s}{2 ch^2 \frac{\mu_s}{2}};$$

$$\tilde{D}_{sn} = \frac{\tilde{b}_{sn}}{\xi_s}, \quad (n = 2, 3, \dots), \quad \tilde{C}_{sn} = -\frac{1}{2} th \frac{\mu_s}{2} \cdot \tilde{D}_{sn};$$

$$\tilde{a}_{kn} = -8\lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{j \mu_s^2 \tilde{D}_{sn}}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2}.$$

Зная функцию прогибов, нетрудно найти изгибающие моменты, перерезывающие силы, и вычислить напряжения в любой точке пластины.

Список литературы

1. Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. — М., 1963.
2. Сухотерин М. В. О расчете на изгиб обшивки двустворчатых ворот шлюзов и затворов ГТС // Гидротехническое строительство. — 2009. — № 7. — С. 47–49.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ
СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА

THE RESEARCH OF LOADING OF SHIP'S SHAFTING BEARINGS

В работе произведено исследование нагружения подшипников судового валопровода для определения нагрузок на них. Определены основные факторы, влияющие на перераспределение нагрузок на опорах валопровода, и на примере судна выполнен соответствующий расчет.

The article represents the research of loading of ship's shafting bearings for the bearing loading calculation. The main factors influencing the load transfer between shaft bearings are revealed and the appropriate calculation is made on a vessel's example.

Ключевые слова: судовой валопровод, подшипник, нагрузка.
Key words: ship's shafting, the bearing, the loading.

ПРОБЛЕМА повышения эффективности работы транспорта, в том числе и водного, является актуальной.

Эффективность работы судов зависит от надежности функционирования устройств, систем, энергетических установок. Одним из важнейших элементов конструкции судна является валопровод.

С увеличением водоизмещения, скорости хода судов, мощности энергетических установок возрастают нагрузки на валопроводы, что приводит к увеличению их размеров. С увеличением размеров повышается жесткость валопроводов и возрастают требования по качеству их монтажа и центровки [1].

Валопровод представляет собой сложную систему, от которой зависит живучесть судна или корабля, он соединяет главный дви-

гатель с двигателем (гребным винтом). Валопроводы характеризуются разнообразием геометрических характеристик и конструктивных элементов: количеством, длиной, диаметром отдельных валов и конструкциями их соединений; количеством, типом и расстановкой подшипников, наличием встроенных механизмов. Валопроводы одновинтовых судов размещаются в диаметральной плоскости. У многовинтовых судов при четном числе винтов они располагаются по бортам, при нечетном валопроводы состоят из диаметральной и бортовой линий [2]. На рис. 1 показана типичная конструкция валопровода крупнотоннажного танкера.

Подшипники устанавливают на судовой фундамент, встраивают в дейдвудные устройства и кронштейны. Главный упорный

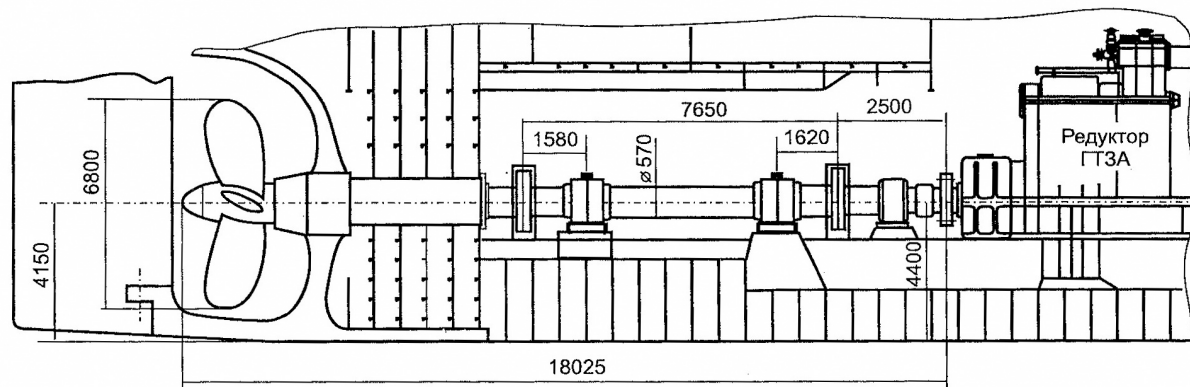


Рис. 1. Валопровод крупнотоннажного танкера

подшипник служит для восприятия передаваемого валами упора и передачи его корпусу судна. Опорные подшипники являются промежуточными опорами валопровода. Опоры валопровода крепятся к корпусу судна и, следовательно, испытывают разного рода смещения во время эксплуатации судна. Кроме того, подшипники опор изнашиваются, что приводит к дополнительным перемещениям валов, изменению реакций опор и напряженно-деформированному состоянию (НДС) валопровода.

От других судовых механизмов валопроводы отличаются большой протяженностью в корпусе судна, которая делает их гибкими. Корпус судна для устанавливаемого на нем оборудования представляет собой нестационарное упругое основание, которое в зависимости от места нахождения судна — на стапеле или на плаву, условий его загрузки и плавания (на тихой воде или при волнении) — меняет свою жесткость [2].

Рассмотрим нагрузки, действующие на судовой валопровод, которые необходимо учитывать при подготовке валопровода для расчета. Они делятся на внешние и внутренние, активные и реактивные [3]. Основными активными внешними нагрузками являются силы веса элементов валопровода и его устройств и действие сил инерции, которое возникает при качке судна из-за динамической неуравновешенности масс. Реактивные силы — это реакции опор, которые распределены по местам контакта судового валопровода с подшипниками. От действия внешних нагрузок валопровод испытывает деформации

изгиба, и в его поперечных сечениях возникают нормальные и касательные напряжения, результирующими которых являются внутренние усилия — изгибающие моменты и поперечные силы.

Из-за поперечных нагрузок на подшипниках валопровода возникают опорные реакции R . Они уравнивают нагрузку и поэтому должны удовлетворять уравнениям статического равновесия, согласно которым их алгебраическая сумма с распределенными q и сосредоточенными силами веса G равна нулю и нулю равна сумма моментов всех этих сил, т. е.

$$\begin{cases} \sum (q; G; R) = 0 \\ \sum M(q; G; R) = 0 \end{cases},$$

где: q, G, R — распределенные и сосредоточенные поперечные силы;

$M(q, G, R)$ — моменты этих сил.

Это обязательное требование, предъявляемое к опорным реакциям валопровода [2].

Продольный общий и местный изгиб корпуса судна через фундаменты подшипников (рис. 2) приводит к их соответствующим радиальным перемещениям, т. е. состояние центровки валопровода находится в зависимости от упругой линии корпуса.

Количественная оценка взаимодействия корпуса судна с валопроводом может быть получена из рассмотрения корпуса и валопровода как двух балок с одинаковым искривлением. У таких балок изгибные напряжения обратно пропорциональны наиболее удаленным волокнам от нейтральной оси:

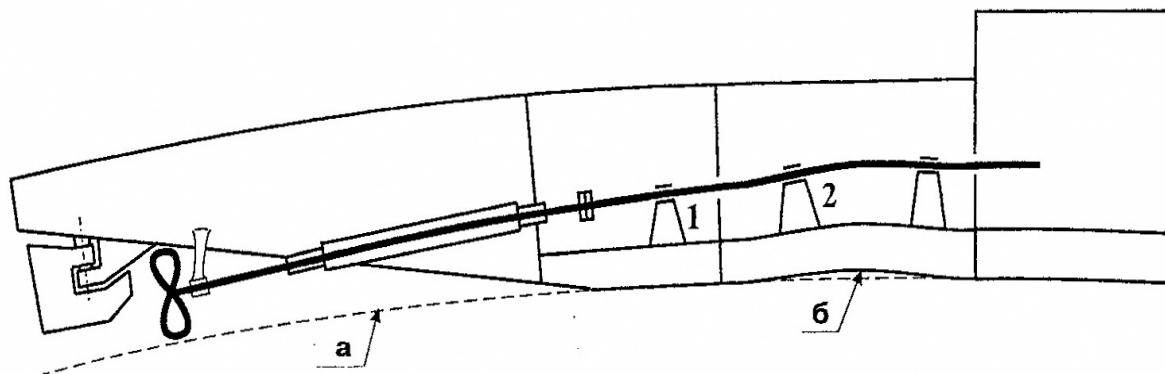


Рис. 2. Влияние изгиба корпуса на опоры валопровода:
а — от общего продольного изгиба, б — от местных деформаций

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_c} = \frac{d}{2h_n},$$

где: σ_B, σ_c — изгибные напряжения в вале и в корпусе судна;

d — диаметр вала;

h_n — расстояние от нейтральной оси до наиболее удаленного волокна корпусной конструкции.

Подстановка в формулу величины h_n для эквивалентного бруса корпуса судна дает соотношение изгибных напряжений в валу к изгибным напряжениям в корпусе судна от его общего изгиба. Однако формула справедлива только при строго одинаковой упругой линии сопоставляемых балок. На рис. 2 видно, что деформации днищевое перекрытия в кормовом трюме не оказывают никакого влияния на валопровод, так как фундамент подшипника № 1 находится у переборки, где стрелка прогиба днища близка к нулю. Деформация носового трюма полностью передается на подшипник № 2, так как его фундамент находится на гребне этой деформации. Таким образом, для оценки влияния на валопровод местного изгиба в формулу нужно подставлять то напряжение, которое испытывает днище в районе расположения фундамента подшипника.

Опорные реакции — это та реактивная нагрузка, которую испытывают подшипники и которая обуславливает условия их эксплуатации. Опорные реакции контролируют изгибающие моменты по длине валопровода от кормовой опоры гребного вала до крайней носовой опоры машинного вала. Любое радиальное перемещение подшипника приводит к перераспределению опорных реакций и полной перестройке эпюры изгибающих момен-

тов. Если к балке приложить некоторую систему сосредоточенных сил P_i (рис. 3), то она получит определенное пространственное искривление со стрелками прогиба v_i под силами. Если в точках приложения сил установить опоры, а силы убрать, то на опорах возникнут реакции, равные силам P_i с противоположным знаком.

Для решения вопросов, связанных с жесткостью и деформацией корпуса судна при общем и местном изгибе, что приводит к изменению пространственного положения подшипников и увеличению действующих на него нагрузок, было произведено исследование конструкций валопроводов различных типов и классов судов; на примере военного торпедного катера проекта 206М произведен соответствующий расчет.

Военный торпедный катер проекта 206М имеет водоизмещение 250 т и развивает скорость 44 узла. Судно имеет трехвальную систему валов и оснащено тремя дизельными установками М-504 общей мощностью 11 000 кВт.

Расчет валопровода произведен с помощью программы «Вал-Оптим» — «Расчет оптимального расположения опор валопровода и главного двигателя», разработанной в ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ЦТСС). Программа предназначена для выполнения расчетов технологических параметров центровки валопроводов при разработке технологических процессов монтажа валопроводов и главных двигателей водоизмещающих судов всех типов и классов, а также может использоваться при проектировании судовых валопроводов. Программа позволяет определять деформации и напряжения изгиба

в сечениях валопровода, нагрузки на опоры и характер распределения нагрузок в протяженных подшипниках. Расчет производился с учетом деформаций корпуса судна от внешних факторов:

— жесткость и деформация корпуса судна при общем и местном изгибе;

— остаточная деформация корпуса в результате

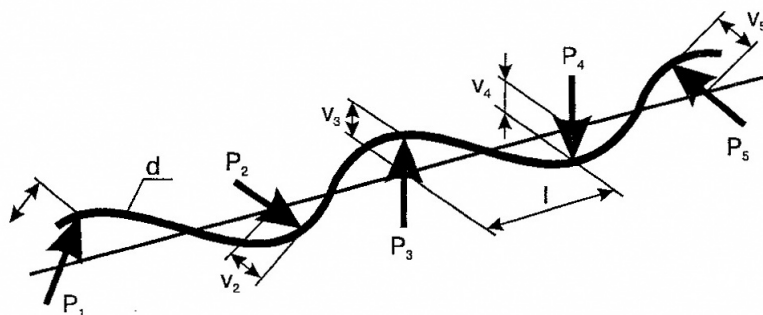


Рис. 3. Связь между изгибом валопровода и опорными реакциями

перераспределения сварочных напряжений;

— температурные расширения фундаментной рамы двигателя;

— действие гидродинамического момента на винт;

— влияние возможных расцентровок в соединении валопровода и главного двигателя.

Основные исходные данные: количество элементов, их длина, наружный и внутренний диаметры элементов, а также сосредоточенная сила, действующая на узел, — представлены в табл. 1–3. Для каждого из используемых материалов задаются соответствующий модуль упругости и сдвига в МПа, а также плотность материала в кг/куб. м.

Таблица 1

Характеристики валопровода

Параметр	Значение
Количество элементов	26
Число точечных опор валопровода	2
Количество типов дейдвудных подшипников	1
Количество изгибающих моментов	1
Количество сосредоточенных сил	2
Количество типов материала	1
Модуль упругости материала № 1, МПа	205938,60
Модуль сдвига материала № 1, МПа	78452,80
Плотность материала № 1, кг/м ³	7800,00
Модуль упругости дейдвудного подшипника типа 1, МПа	47071,70

Примечание. Дейдвудным подшипником условно считается всякий подшипник, не рассматриваемый в качестве точечной опоры.

Таблица 2

Параметры подшипников

Параметр	Значение
Количество дейдвудных подшипников	1
Количество элементов с учетом дейдвудных подшипников	31
Количество участков на дейдвудном подшипнике 1	5
Признак материала вкладыша на дейдвудном подшипнике 1	0
Номер элемента дейдвудного подшипника 1	5
Длина дейдвудного подшипника 1, мм	770,00
Угол наклона дейдвудного подшипника 1 относительно теоретической оси валопровода, рад	0,00015
Смещение кормового торца дейдвудного подшипника 1 относительно теоретической оси валопровода, мм	0,15
Диаметральный зазор в дейдвудном подшипнике 1, мм	0,90
Толщина вкладыша дейдвудных подшипников, мм	25,00

Таблица 3

Смещения и реакции опорных подшипников

Параметр	Значение
Расстояние от кормового торца дейдвудного подшипника 1 до точки приложения суммарной реакции, мм	344,05
Суммарная реакция на дейдвудный подшипник 1, кН	51,76
Смещение точечной опоры в узле номер 20 (25), мм	0,00
Смещение точечной опоры в узле номер 24 (29), мм	0,00
Реакция точечной опоры в узле номер 20 (25), кН	82,96
Реакция точечной опоры в узле номер 24 (29), кН	14,11

Учет деформаций корпуса судна от внешних факторов, приводящих к изменению положения опорных подшипников, задается в соответствии с полученными данными другого расчета, выполненного с использованием программы PS04.0 «Расчет общей прочности корпуса по Правилам Российского Морского Регистра», имеющей допуск № 7 от 08.04.97 г.

Результаты расчета.

На рис. 4 представлена упругая линия валопровода.

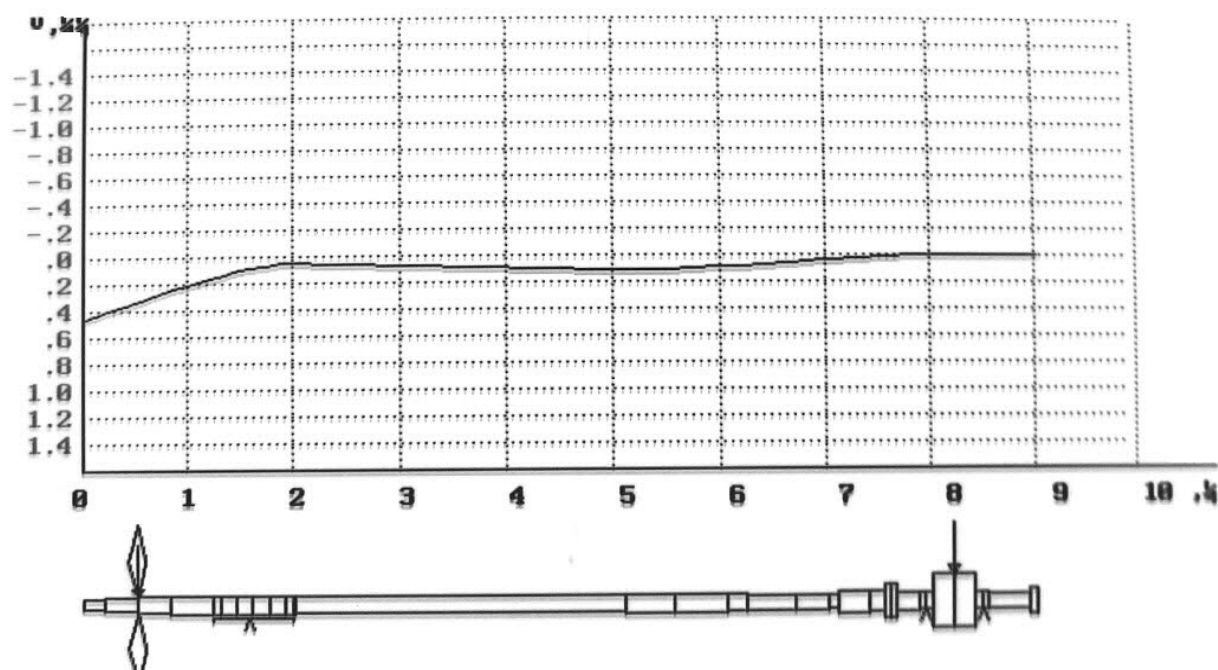


Рис. 4. Упругая линия валопровода пр. 206М

На рис. 5 — изменение изгибающего момента по длине валопровода. Из графика видно, что максимальный изгибающий момент находится на всем протяжении дейдвудного подшипника, также он имеет высокое значение на первом опорном подшипнике — узел 25.

На рис. 6 показано распределение поперечной силы по длине валопровода.

Из графика видно, что поперечная сила максимальна на первом опорном подшипнике

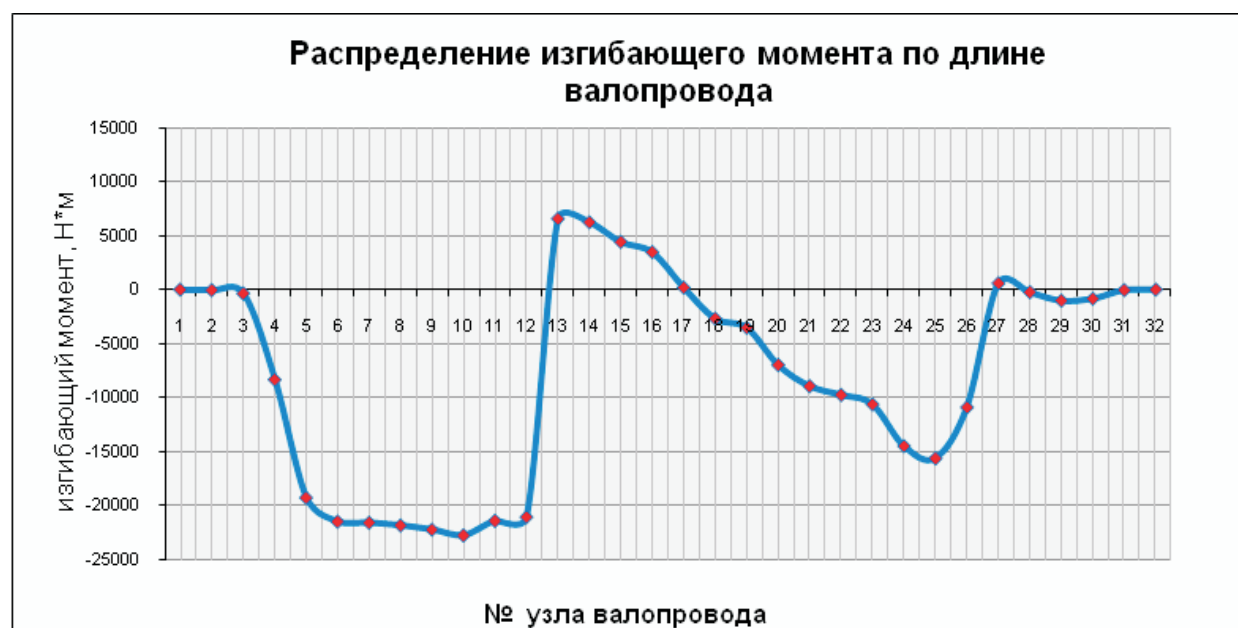


Рис. 5. Распределение изгибающего момента по длине валопровода



Рис. 6. Распределение поперечной силы по длине валопровода



Рис. 7. Распределение напряжений по длине валопровода

и составляет 82 кН, по сравнению со вторым: 14 кН — узел 29.

На рис. 7 представлено распределение максимальных напряжений по длине валопровода.

Было определено, что максимальные напряжения возникают на всем протяжении дейдвудного подшипника и на первом опорном подшипнике.

Сравнивая полученные результаты, можно сделать следующие выводы.

1. На всем протяжении дейдвудного подшипника гребной вал имеет максимальный изгибающий момент и напряжения.

2. Относительно распределения максимальных напряжений можно отметить, что характер их распределения в зоне опорных подшипников для рассмотренного случая не

является оптимальным, так как один подшипник значительно перегружен по сравнению с другим.

3. Хотя подшипник способен выдержать возникающие дополнительные нагрузки от внешних факторов, можно сделать вывод, что принятое взаимное осевое расположение опор рассмотренного судового валопровода не является оптимальным в оценке по его НДС и ресурсу. Для того случая, если по различным причинам недопустимо смещать опору, можно

рекомендовать упругое крепление этой опоры на специальные компенсаторы.

4. Опорные реакции определяют нагружение подшипников, и при известных реакциях становятся известными изгибающие моменты и изгибные напряжения в сечениях валопровода. Опорные реакции на подшипниках являются не только параметром, но и критерием для оценки несущей способности валопровода, его подшипников и валов.

Список литературы

1. *Гаращенко П. А.* Повышение работоспособности судовых валопроводов методами оптимизации и стабилизации параметров центровки / Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. — СПбГМТУ, 2001.
2. *Лубенко В. Н., Вязовой Ю. А.* Монтаж судовых валопроводов. — СПб: Судостроение, 2007. — 396 с.
3. *Бойцов Г. В. и др.* Справочник по строительной механике корабля: В 3 т. Т. 1. Общие понятия. Стержни. Стержневые системы и перекрытия / Г. В. Бойцов, О. М. Палий, В. А. Постнов, В. С. Чувиковский. — Л.: Судостроение, 1982. — 376 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 37

А. А. Кузьмин,

канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

НОВЫЙ ВЕКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

A NEW VECTOR OF PROFESSIONAL TRANSPORT EDUCATION

В статье проведен анализ современного состояния системы высшего профессионального образования. Определено влияние последствий глобального экономического кризиса на систему западного и российского профессионального образования. Выявлены возможные направления изменений системы высшего образования в сложившейся социально-экономической ситуации.

The article provides an analysis of the current status of higher professional education system. It defines the impact of the global economic crisis on higher professional education systems of Western Europe and Russia. Various options are identified for higher professional education system development in the present socio-economic state.

Ключевые слова: высшее образование, студенты, преподаватели, реформа, компетенция.

Key words: higher education, students, professors, reform, competence.

Все можно сделать лучше,
чем делалось до сих пор.
Генри Форд

ДВАДЦАТЬ первый век стал веком глобальных изменений как в политической, так и в экономической жизни всего мира. События последнего десятилетия показывают нарастание процессов глобализации в жизни планеты.

Новая Россия активно включилась в процесс мировой интеграции. Сегодня достигнуты серьезные позитивные результаты в области ограничения стратегических ядерных вооружений, Россия стоит на пороге вступления в ВТО, значительно укрепилось влияние нашей страны на многие европейские и мировые политические и экономические процессы. Одним из серьезных шагов в международной деятельности стало вступление России в Болонский процесс.

История создания Европейского пространства высшего образования (ЕПВО) связана с принятием на пороге III тысячелетия Всеобщей хартии европейских университетов, что произошло на юбилейной конференции в 1998 году по случаю Девятого Столетия Болонского университета.

В 1999 году была принята «Болонская декларация», которая определила перспективы создания ЕПВО. В настоящее время к ней присоединилось 47 стран-участниц, Россия вступила в ЕПВО в 2003 году.

Среди важнейших принципов ЕПВО были провозглашены следующие:

- независимость исследовательской и преподавательской деятельности;
- интеграция учебного процесса и исследовательской деятельности;
- свобода преподавания, исследований и обучения;
- приверженность университетов традициям европейского гуманизма, признание необходимости взаимного познания и взаимодействия культур.

Однако финансовый кризис, разразившийся в одной из самых развитых стран мира, привел к глобальному экономическому кризису, затронувшему все мировое сообщество. Последствия этого кризиса отразились практически на всех сферах жизни общества.

Политические и экономические веле-ния нового времени, движение по пути интеграции в мировое образовательное пространство требуют от российского общества глубоких преобразований, касающихся в том числе и всей системы профессионального образования.

Неоднозначные изменения, произошедшие в стране в 90-е годы XX столетия, практически привели к разрушению системы начального профессионального образования и серьезным проблемам в среднем профессиональном образовании. Безусловно, что и система высшего образования пережила серьезные трудности, которые дают о себе знать и сегодня. Прежде всего это связано с физическим и моральным износом лабораторного оборудования и аудиторного фонда, снижением уровня подготовки молодых перспективных научных и педагогических работников для пополнения кадрового резерва высшей школы, отсутствием серьезной мотивации для продолжения работы в вузах молодых ученых.

Кризисные негативные социальные и экономические изменения в обществе повлияли на существенное снижение качества базовых знаний школьников, а острая демографическая проблема привела к тому, что дефицит абитуриентов для системы высшего профессионального образования будет ощущаться еще до 2017 года.

Таким образом, все вышеперечисленные причины привели к необходимости формирования нового взгляда на систему образования, создания новой парадигмы образования, т. е. системы теоретических и методологических установок, принятых в качестве образца и разделяемых всеми членами российского научно-педагогического сообщества.

Реализация личностной парадигмы стала ведущей тенденцией образования и в целом педагогического сознания российского общества к концу XX столетия. Полагалось, что знаниево-просветительская парадигма, господствовавшая в образовании на протяжении многих веков, исчерпала свои возможности.

В нашем обществе долгое время, и не без основания, считалось, что функция об-

разования не сводится только к знаниевому насыщению человека. Жизненная практика не раз убедительно показывала, что широта и энциклопедичность знаний может уживаться с недообразованием человека в собственном человеческом аспекте.

Реализация личностной парадигмы образования, на мой взгляд, не вполне оправдала себя на рассматриваемом временном участке развития российского общества. Возможно, это может быть объяснено своеобразным «рассогласованием» между гуманизацией российского образования с его вниманием к внутренней самореализации потребностей личности индивида, и стремительным скачком инновационных и информационных технологий в различных сферах деятельности западного общества на основе технологизации системы профессионального образования.

Стремительный рост количества знаний вызвал бурное развитие систем и технологий образования с соответствующей знаниевой ориентацией. Одновременно развивалась методология образовательных проектов, направленных на обеспечение высокого качества знаний. Отсюда — стандартизация, модульность, технологизация обучения. Знаниевая педагогика имеет предметную ориентировку и обслуживает практическую деятельность человека. Нужно ли образовывать человека в области формирования его личностного мира, а не только в предметной сфере? Положительный ответ на этот вопрос, как мне кажется, очевиден. Однако, как показывает опыт западных стран, реализация именно знаниевой парадигмы в современном обществе является в настоящее время наиболее эффективной.

При этом следует отметить, что подходы к реализации профессионального образования в Западной Европе и США не только существенно различались ранее, но также различаются и в настоящее время. Хочу заметить, что советское высшее техническое образование образца 70–80-х годов XX века, реализовавшее знаниевую парадигму, вобрав в себя положительные черты западноевропейского образования, использовало и подходы американского высшего образования. При

этом оно имело мощную идеологическую компоненту, направленную на формирование личности специалиста.

Современная эпоха глобализации воздействует на институт высшего образования во всех странах мира, и в этом университеты Западной Европы и США не стали исключением. Более того, по современным оценкам результатов обследования американских университетов, проведенного группой отечественных специалистов (О. А. Замулин, Б. Г. Капустин, Д. Л. Константиновский, Н. Е. Покровский, Ю. М. Почта, В. В. Радаев «Американское университетское образование: уроки для России. Отчет по результатам посещения Университета Дюк и Университета Северной Каролины», май 2004 г.), американские вузы продемонстрировали признаки изменений образования еще до того, как глобализационный процесс в полной мере обнаружил себя в других странах. При более детальном рассмотрении американские университеты обнаруживают многочисленные изменения, тесно связанные друг с другом, что в известной мере позволяет говорить о кристаллизации новой парадигмы университетского образования. Речь идет о возникновении нового образца образования, тотально преобразующего все составные компоненты университетской структуры и превращающего университет в нечто иное по сравнению с тем, что мы знаем из прошлого.

В течение многих веков университетское образование воспринималось как известного рода священнодействие, проходящее в «храме науки и знаний». Просветительская задача распространения разумного, доброго, вечного преобладала над всем остальным. Экономическая сторона университетской деятельности в основном сводилась к достойному поддержанию инфраструктуры и столь же достойному поддержанию деятельности профессорско-преподавательского состава. Ныне мы видим иную картину. Все без исключения государственные и частные учебные заведения США выступают самостоятельными игроками на чрезвычайно конкурентном рынке образовательных услуг. Принципиально меняется природа высшего образования. Отныне оно становится пред-

принимательством со всеми вытекающими последствиями.

Внешние и внутренние макроэкономические изменения сказываются и на внутренней структуре университетов, и на характере образовательной деятельности. Университеты под воздействием внешних факторов преобразуются в экономические корпорации, которые управляются как корпорации, но корпорации особого рода — связанные с производством и распространением знания. Все звенья университетской структуры самоопределяются по признакам конкурентоспособности и доходприносимости. К сожалению, ссылки на то, что образование — это иная форма деятельности, где не все определяется прямой экономической выгодой, не могут повернуть эту тенденцию вспять, хотя и обращают внимание на серьезные проблемы, ею вызванные.

Следует отметить, что и в России получение платного образования регулируется в том числе и «Законом о защите прав потребителей», то есть процесс образования квалифицируется как оказание или получение образовательной услуги, а студенты и их родители выступают в роли потребителей этой самой образовательной услуги. Таким образом, студенты выступают в качестве клиентов, покупателей на рынке образовательных услуг, предлагаемых университетом. И хотя известные дисциплинарные ограничения в отношении студенчества по-прежнему существуют, статус студентов изменился. Университет, как никогда ранее, оказывается зависимым от своих клиентов — от их запросов, желаний, жизненных целей. Поэтому от профессорско-преподавательского состава и организаторов учебного процесса требуется изменение методологии организации учебного процесса, овладение лояльными технологиями в отношениях со студентами-клиентами, использование новых технологий и методик для более доступного изложения учебного материала и т. д.

Переход на новые принципы организации университетского образования требует изменения не только методологии преподавания и используемых образовательных технологий, но и изменения психологии преподавателей, реализующих учебный процесс.

Используемые образовательные технологии должны быть по возможности приближены к квазипрофессиональной деятельности будущих выпускников, т. е. носить инновационный характер по сравнению с традиционными технологиями. Таким образом, образовательная деятельность студентов должна реализовываться на стыке классического аудиторного образования, научных технологических достижений и практической производственной деятельности. Поэтому преподаватель, организующий и реализующий учебный процесс в университете новой формации, должен обладать универсальным набором качеств: быть специалистом в преподаваемой области, владеть информационными технологиями и навыками организатора-консультанта для работы в группе.

Для соответствия быстро меняющимся достижениям науки и технологий, а также требованиям потребителей — студентов, предприятий, общества — от преподавателя требуется постоянное повышение квалификации в различных направлениях его деятельности. Такая организационно-психологическая перестройка своего труда под силу далеко не каждому. Это обусловлено целым рядом факторов: возрастом, внутренними психологическими установками, недостаточным профессиональным или педагогическим опытом, отсутствием внутренней мотивации или материальной заинтересованности. Таким образом, для реализации образовательного процесса, соответствующего современным требованиям, необходима подготовка целой плеяды преподавателей новой формации. Это проблема не одного отдельно взятого вуза, а всех учебных заведений, заинтересованных в своей конкурентоспособности на российском образовательном пространстве. Если же говорить о конкурентоспособности российского образования на европейском и мировом образовательном пространствах, то эта заинтересованность должна проявляться на государственном уровне посредством реализации государственной целевой программы по подготовке современного педагогического кадрового состава высшей школы, организации конкурсных программ среди преподавателей вузов и т. д.

Безусловно, без государственного участия на начальном этапе не обойтись. Сегодня менталитет наших преподавателей таков, что большинство из них не готовы вкладывать значительные средства в самообразование и повышение своей квалификации. Для изменения сознания преподавателей, получивших образование и сформировавшихся в советское время и в периоды неоднократных экономических кризисов, должно пройти время. Поэтому участие государства и вузов в массовой подготовке преподавателей целесообразно. Однако это не должно носить затяжной характер, чтобы не формировать у вузов иждивенчества в этом вопросе. Американские авторы, например *John Stuhr*, ссылаются на то, что бесспорными лидерами в университетах становятся те преподаватели, которые любыми способами привлекают массы студентов, мобилизуют грантовую поддержку со стороны фондов и частных инвесторов, а также постоянно работают над своим личным брендом на внешнем рынке, включая престижные премии, публикации, связь со СМИ и пр. В рамках университета выживает тот, кто не только может произвести новое знание, но и обладает способностями выгодно его реализовать в рыночных условиях. В этом смысле предполагается, что каждый преподаватель должен иметь хотя бы минимальные умения и в области менеджмента. Сегодня государственная финансовая поддержка государственных вузов США (как на федеральном, так и на уровне штата) покрывает не более 30 % всех расходов. Оставшиеся средства должны быть в любом случае мобилизованы из других источников.

Как уже отмечалось ранее, в современных условиях учебный процесс подразумевает новые потребительские качества. Сегодня образование человеку необходимо для последующего получения прибыли. Соответственно, эти знания должны быть востребованы в производстве или сфере услуг именно сегодня, то есть механическое накопление знаний или просто расширение кругозора и эрудиции объективно сменяется необходимостью эффективного использования полученных знаний здесь и сейчас. Это соответствует и новой

парадигме знания, возобладавшей в американском высшем образовании. Ее описал Роберт Линд (*Robert Lynd*) в теории «полезного знания» (*useful knowledge*), то есть знания, имеющего немедленную и сугубо практическую эффективность и выгоду. Такой прагматичный подход к образованию повлек за собой необходимость внедрения в систему российского образования компетентностного подхода, основанного на формировании у выпускников университета набора так называемых компетенций, то есть умений выпускников применять приобретенные в результате обучения знания, умения и навыки в своей профессиональной деятельности для получения конкретного результата.

Кроме введения компетентностного подхода еще одним шагом прогматизации российского образования является переход на уровневое обучение: бакалавриат, магистратура, специалитет. В связи со вступлением России в Болонский процесс уже с 2011 года практически вся система российского образования переходит на уровневое обучение. Существуют различные точки зрения на эти изменения российской образовательной системы. Возможно, что в настоящее время для государства экономически выгодно обучение большого количества граждан в более короткие сроки, чем раньше. Кроме того, в условиях довольно быстрого изменения и обновления требуемых профессиональных знаний, умений и навыков четырехлетние программы бакалавриата могут эффективнее обеспечить требуемый уровень современных знаний, позволяя вузам быстрее модернизировать свои образовательные программы. Однако нельзя не учитывать и то, что каждые четыре года на рынок труда будет вливаться значительное количество современного интеллектуально образованного, но не в полной мере востребованного трудового ресурса, что может усугублять непростую социально-экономическую ситуацию.

Четырехлетнее высшее образование по программам бакалавриата даст выпускнику необходимые общепрофессиональные знания, которые позволят молодому специали-

сту достаточно быстро адаптироваться на рабочем месте и в короткие сроки приобрести необходимые умения и навыки для выполнения поставленной перед ним задачи. При этом государство снимает с себя обязательства по финансированию дополнительного учебного года, как это было при существовавшей ранее системе образования, перенося дообразование выпускников вуза на плечи работодателя. Выпускники бакалавриата, желающие получить углубленные знания в области предыдущего образования, могут продолжить свое обучение в магистратуре. Количество бюджетных мест для лиц, желающих продолжить свое обучение в магистратуре и финансируемых из государственного бюджета, значительно меньше, чем выпускников-бакалавров. Это также снижает финансовые обязательства государства перед системой образования.

Обе эти идеи — уровневость образования и компетентностный подход — нашли свое отражение в структуре введенных с 1 января 2011 года федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС). Для преодоления пути от осознания необходимости качественного изменения российского образования до реализации этих идей в виде ФГОС потребовалось долгих 10 лет. Это время изучения опыта западноевропейского и американского высшего образования и адаптации его к российской системе образования, доведение этих подходов от идеи, практически до конкретных методик.

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) представляет собой совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки образовательными учреждениями высшего профессионального образования (высшими учебными заведениями, вузами) на территории РФ, имеющими государственную аккредитацию.

Утвержденные ФГОС имеют ряд существенных отличий по сравнению с предыдущими ГОС второго поколения.

ГОС 2	ФГОС
Модель выпускника — квалификационная	Модель выпускника — компетентностная
Циклы ГСЭ, ЕН, ОПД, СД	Циклы ГСЭ, ЕН, ПРОФ
Деление на федеральный и национально-региональный компоненты	Деление на базовую и вариативную части
Трудоемкость в часах	Трудоемкость в зачетных единицах
Содержание в виде дидактических единиц	Содержание в виде требований к знаниям, умениям и навыкам
Свобода вузов — 30 %	Свобода вузов — 50 %
Одобрения работодателей не требуется	Одобрение работодателей требуется

По структуре стандартов:

СТРУКТУРА ГОС	СТРУКТУРА ФГОС
1. Общая характеристика специальности 2. Требования к уровню подготовки абитуриента 3. Общие требования к основной образовательной программе подготовки выпускника по специальности 4. Требования к обязательному минимуму содержания ООП 5. Сроки освоения ООП выпускника по специальности 6. Требования к разработке и реализации ООП подготовки выпускника по специальности 7. Требования к уровню подготовки выпускника по специальности	1. Область применения 2. Характеристика направления подготовки 3. Характеристика профессиональной деятельности бакалавров 4. Требования к результатам освоения ООП бакалавриата 5. Требования к структуре ООП бакалавриата 6. Требования к условиям реализации ООП бакалавриата 7. Оценка качества освоения ООП бакалавриата

Сегодня новые образовательные стандарты, казалось бы, очень похожи на предыдущие государственные образовательные стандарты второго поколения. Однако все нововведения целесообразны и имеют глубокий смысл.

В структуре ФГОС и сформулированных в них требованиях к результатам освоения, условиям реализации и оценки качества основных образовательных программ (ООП) бакалавриата нашли свое отражение тенденции современного западно-европейского и американских подходов к организации университетского образования новой формации. Это и структура учебных циклов, состоящих из базовой (обязательной) и вариативной (профильной) частей. Вариативная (профильная) часть дает воз-

можность расширения и (или) углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин, позволяет студенту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности и (или) для продолжения профессионального образования в магистратуре.

Кроме того, реализация ООП бакалавриата предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, широко применяемых на Западе:

- компьютерные симуляции;
- деловые и ролевые игры;
- разбор конкретных ситуаций;
- психологические и иные тренинги в сочетании с внеаудиторной работой.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, должен теперь составлять не менее 20 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа должны занимать не более 40 % аудиторного времени, что смещает акценты в организации учебного процесса в сторону увеличения самостоятельной работы студентов.

Трудоемкость освоения ООП оценивается в зачетных единицах. Это обеспечит мобильность наших студентов в международном образовательном пространстве.

Одним из нововведений ФГОС являются особые, повышенные требования к информационному обеспечению ООП.

Каждый студент должен быть обеспечен доступом к электронно-библиотечной системе (ЭБС), содержащей издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированной по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы. При этом должна быть обеспечена возможность осуществления одновременного индивидуального доступа к такой системе не менее чем для 25 % обучающихся. ЭБС должна обеспечивать возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин. Должна быть обеспечена доступность не менее 10 % обучающихся к сетям типа Интернет.

Оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами и организациями должен осуществляться с соблюдением требований законодательства РФ об интеллектуальной собственности и международных договоров РФ в области интеллектуальной собственности. Для обучающихся должен быть обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Для реализации ООП университет должен располагать современной материально-технической базой, обеспечивающей проведе-

ние всех видов подготовки, предусмотренных учебным планом, и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Каждый ФГОС содержит минимально необходимый перечень материально-технического обеспечения для реализации ООП бакалавриата.

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей ООП (текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация) университетом должны быть созданы фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Кроме того, обучающимся должна быть предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса в целом, а также работы отдельных преподавателей.

Реализация этих требований к организации учебного процесса позволит сформировать новое поле для реализации образования качественно другого уровня.

Однако необходимо отметить, что еще далеко не все представители педагогического сообщества до конца понимают смысл компетентностного подхода. Но справедливости ради следует сказать, что на этот вопрос существуют разные взгляды со стороны западноевропейской и американской школ.

Американский подход рассматривает компетенции как описание поведения сотрудника.

Компетенция, с точки зрения американцев, — это основная характеристика сотрудника, при обладании которой он способен показывать правильное поведение и, как следствие, добиться высоких результатов в работе.

При этом проповедуется «корпоративная модель» — подход, когда компетенции разрабатываются под конкретную компанию. Корпоративная модель, например, реализована на предприятиях фирмы «Форд» в г. Всеволожске Ленинградской области.

Ее преимуществами являются: привязанность к ценностям конкретной компа-



Рис.1. Пирамида компетенций

нии, отражение корпоративного духа; содержание компетенций, присущих только этой компании. К недостаткам можно отнести следующее: не всегда стандартные инструменты оценки могут быть адаптированы под эту модель; любое изменение стратегии компании требует изменения модели.

Пирамида компетенций представлена на рис. 1.

При этом выделяются следующие виды компетенций и их применение:

1. Корпоративные или ключевые компетенции применимы к любой должности в организации и следуют из ценностей компании, ее стратегии, кодекса корпоративной этики и т. д.

2. Управленческие или менеджерские компетенции необходимы руководителям для успешного достижения бизнес-целей. Управленческие компетенции могут быть похожи в разных отраслях. Например: «Стратегическое видение», «Управление бизнесом», «Работа с людьми» и т. д.

3. Профессиональные или технические компетенции применимы в отношении определенной группы должностей.

Европейский подход рассматривает компетенции как описание рабочих задач или ожидаемых результатов работы.

Компетенция рассматривается как способность сотрудника действовать в соответствии со стандартами, принятыми в организации.

Разработанные модели компетенций могут быть использованы для обеспечения гарантии соответствия компетенции сотрудника и занимаемого им рабочего места, поддержки кадровых служб при приеме на работу, могут использоваться в качестве инструментария для принятия решений о внутрифирменном развитии сотрудников, оказывать помощь в выборе стратегии развития персонала, выявлять потенциал сотрудников и предприятия, накапливать знания, умения и навыки сотрудников, создавая банк знаний предприятия, быть инструментарием для разработки программ переподготовки персонала или выбора таких программ.

Очевидно, что российскому восприятию ближе европейский подход формирования компетенций по профессиональному

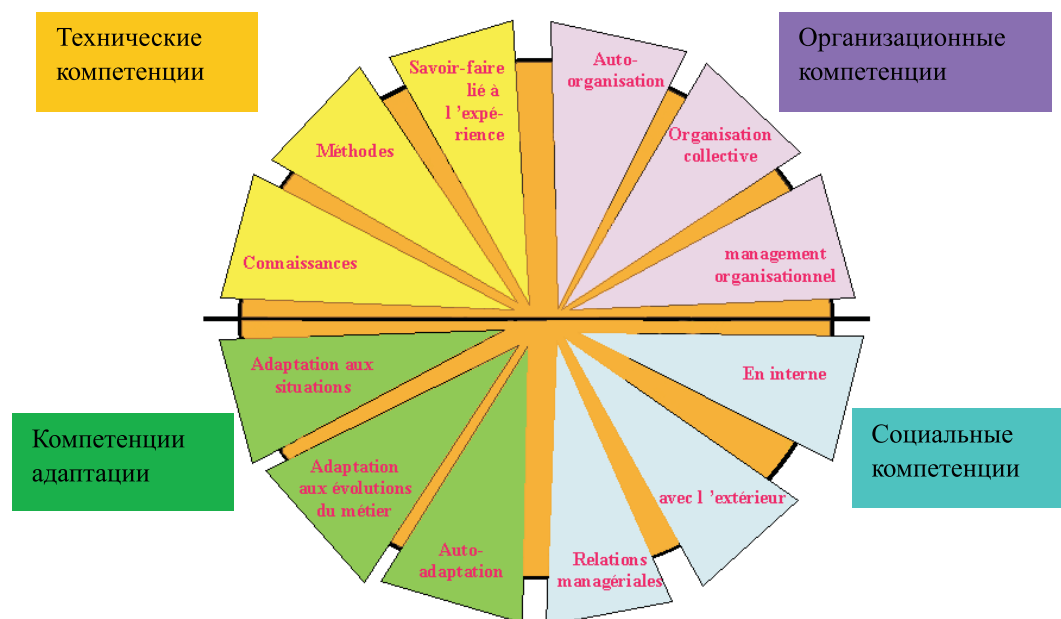


Рис. 2. «Колесо компетенций» Claude Flück

признаку. Именно этот подход и нашел отражение в вводимых федеральных государственных образовательных стандартах. Однако не следует слепо, без привязки к отечественной действительности, следовать зарубежным моделям.

В отличие от предлагаемых ФГОС общекультурных и профессиональных компетенций западноевропейская система обра-

зования предлагает следующую компетентностную модель (рис. 2).

По мнению зарубежных ученых (немецкая модель организации образовательного процесса), соотношение теоретического и практического обучения на различных этапах реализации образовательной программы должно носить вариативный характер (см. таблицу).

Распределение теоретического и практического обучения в учебно-производственных комплексах

I этап	70 % лекций	30 % практики
II этап	30 % лекций	70 % практики
III этап	консультации	100 % практики

Такой подход к организации учебного процесса существенно увеличивает роль практической составляющей, реализуемой на базовых предприятиях — потребителях кадров. При этом предприятия должны не только предоставить места для прохождения практик, но и совместно с вузом участвовать в формировании образовательного вектора технических и организационных компетенций. Кроме того, это повышает роль предприятия-заказчика и в воспитании кадров через

формирование социальных компетенций и компетенций адаптации.

Для обеспечения высокой заинтересованности предприятий в подготовке будущих специалистов государству необходимо обеспечить стимулирование партнерства предприятий с вузами через дифференцированную систему льготного налогообложения. Предприятия, в свою очередь, должны поощрять наставничество своих сотрудников, становиться привлекательными для

студентов с целью их последующего трудоустройства.

Однако любая модель системы образования «мертва» без заинтересованного участия в ней потенциальных потребителей — абитуриентов и студентов. Поэтому формирование современных специалистов, которые в недалеком будущем станут основной производительной силой материальных благ нашего общества, следует начинать со школьной скамьи. Эффект от вкладываемых средств и усилий будет достигнут только тогда, когда образовательный вектор «школа — вуз — предприятие» будет неразрывен.

Что касается одной из проблем в структуре и эффективности высшего образования, то причина здесь кроется не столько в уменьшении объемов финансирования, сколько в потенциальной профессиональной дезориентации. Несостоятельность профессиональной ориентации в школах ведет к переполнению рынка труда невостребованными специалистами, в результате чего замыкается порочный круг: государство тратит деньги на специалиста, который впоследствии реальных ценностей по выбранной профессии не производит, а пополняет ряды безработных, нуждающихся в материальной помощи со стороны того же государства, или трудится в непрофильной отрасли.

Оценивая прошедшие 20 лет реформ российского образования, следует подчеркнуть, что за это время произошла смена основ образовательной политики, стало возможным многоканальное финансирование образования, сложился рынок образовательных услуг. Однако коренная перестройка системы образования отличается сложностью, болезненностью, глубокими противоречиями. На протяжении рассматриваемого периода наблюдалась борьба двух тенденций. С одной стороны — технократический подход к модернизации образования, основанный на понимании образования как условия обеспечения государственной безопасности и его поступательного развития, с другой — гуманистический, восходящий к свободному образо-

ванию, высшей ценностью которого является личностное развитие.

В настоящее время определяющим в процессе модернизации становится стремление к оптимизации образования, к использованию рыночных механизмов как фактора его саморазвития, установления баланса между различными источниками его финансирования. По сути, модернизация направлена на создание управляемого рынка, формирование культуры рыночных отношений в образовании. Несмотря на несомненные достижения в этом направлении, еще существует ряд проблем, пока не нашедших своего решения. В частности, стремление активно использовать европейский опыт нередко приводит к игнорированию национальных традиций. Нельзя забывать, что механическое перенесение заимствованных моделей очень часто оборачивается негативными последствиями. Кроме того, следует признать, что постоянное выдвижение новых задач, не всегда согласующихся с предшествующими, нарушение преемственности в государственной образовательной политике наносит вред стабильности в образовании, не позволяет всесторонне осмысливать и анализировать достижения и недостатки проводимых изменений.

Несмотря на неоднозначные оценки европейского образовательного пространства и неоднородность отечественного высшего образования, очевидно, что развитие Болонского процесса является инструментом гармонизации систем высшего образования стран-участников и может быть взаимовыгодным способом формирования единого европейского рынка высококвалифицированного труда и высшего образования. Целесообразно рассматривать участие России в Болонской конвенции как способ реформирования отечественной системы образования, ее сближение с европейской, при условии сохранения фундаментальных ценностей и особенностей, конкурентных преимуществ отечественной системы образования.

Список литературы

1. Бордовская Н. В. Педагогика / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. — СПб.: Питер, 2004.
2. Жуков А. Д. Образование в России: Проблемы и решения / А. Д. Жуков, Н. М. Канаев. — М.: ЭКМОС, 2000.
3. Лиферов А. П. Интеграция мирового образования — реальность третьего тысячелетия / А. П. Лиферов. — М., 1997.
4. Невежина М. М. Педагогика / М. М. Невежина, Н. В. Пушкарева, Е. В. Шарохина. — М.: Риор, 2005.
5. Москва, Кремль. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года // Электронный ресурс <http://www.kremlin.ru/text/docs/2002/04/57884.shtml>.
6. Савченко Н. А. Инновации в образовании: основания и смысл // Электронный ресурс // <http://www.humanities.edu.ru/db/msg/84210>.
7. Савченко Н. А. Инновации в образовании: сущность и социальные механизмы // Электронный ресурс // <http://www.humanities.edu.ru/db/msg/84211>.
8. Береснева О. А. Концепция инновационного развития образования Новосибирской области // <http://www.websib.ru/develop/page.php?article>.

УДК 681.322:0/9

И. В. Юрин,
канд. военных наук,
СПГУВК;

Е. А. Глущенко,
аспирант,
СПГУВК

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ
НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

APPLICATION OF MODERN INTERNET TECHNOLOGIES
ON RIVER TRANSPORT

Описываются основные аспекты применения WiMAX-технологий на водном транспорте. Рассматривается возможность использования интернет-служб применительно к речному судоходству.

The basic aspects of application of WiMAX-technologies on a river transport are described. Possibility of use of Internet services with reference to river navigation is considered.

Ключевые слова: АСУ ДС, беспроводные сети, 802.16, передача данных, системы управления движением судов, беспроводной стандарт.

Key words: shipping, shipping management systems, data transmission, wireless networks, wireless standard, IEEE 802.16, WiMAX.

ИНТЕРНЕТ — это своего рода набор услуг, который постоянно пополняется и развивается в зависимости от пропускной способности каналов передачи данных. Благодаря глобальной сети появи-

лась возможность обмениваться информационными и управляющими цифровыми сигналами. Это открывает огромные перспективы для речного судоходства. При условии, что корабль будет погружен в высокоскоростную

широкополосную сеть передачи данных, он сможет реализовывать огромное количество различных услуг. При существующих скоростях передачи информации по радиоканалу (на сегодняшний день — до 10 Мбит/с) можно обеспечить полноценную работу большинства информационных служб.

Предполагается дублировать такие службы, как:

- службы путевой информации;
- связь на внутренних водных путях;
- Интернет;
- службы информации о движении флота;
- отображение текущей дислокации флота;
- отображение долгосрочной дислокации флота;
- службы управления движением флота;
- управление движением флота в зоне ответственности (локальная СУДС);
- управление работой шлюзов и мостов;
- рейсовое планирование;
- статистика;
- информация о тарифах и сборах.

Все эти службы предполагают передачу управляющих информационных сигналов

либо к береговой станции, либо к другим кораблям. Относительно канала «судно — берег» ситуация примерно ясна. Судно или береговая станция отправляет запрос на установку соединения, и с помощью специального программного обеспечения организуется защищенный канал передачи информации.

Если рассматривать широкополосные запросы, то здесь можно использовать специальное программное обеспечение, которое будет отслеживать все корабли, находящиеся в данный момент в зоне доступа. Идентифицировать корабли предлагается по MAC-адресу беспроводного устройства. Каждое установленное на судно устройство нужно будет внести в единую базу данных, которая будет храниться на береговых станциях (рис. 1).

Вся информация должна проходить через береговые СУДС.

Интернет как канал передачи информации

Технология WiMax обеспечит скорость передачи информации сначала от 2 до 10 Мбит/с, а затем, с введением второй версии стандарта 802.16, до 300 Мбит/с. Но данная технология — это только инструмент для транспортировки информационных и управляющих сигналов. Чтобы полноценно использовать уже существующую инфраструктуру,

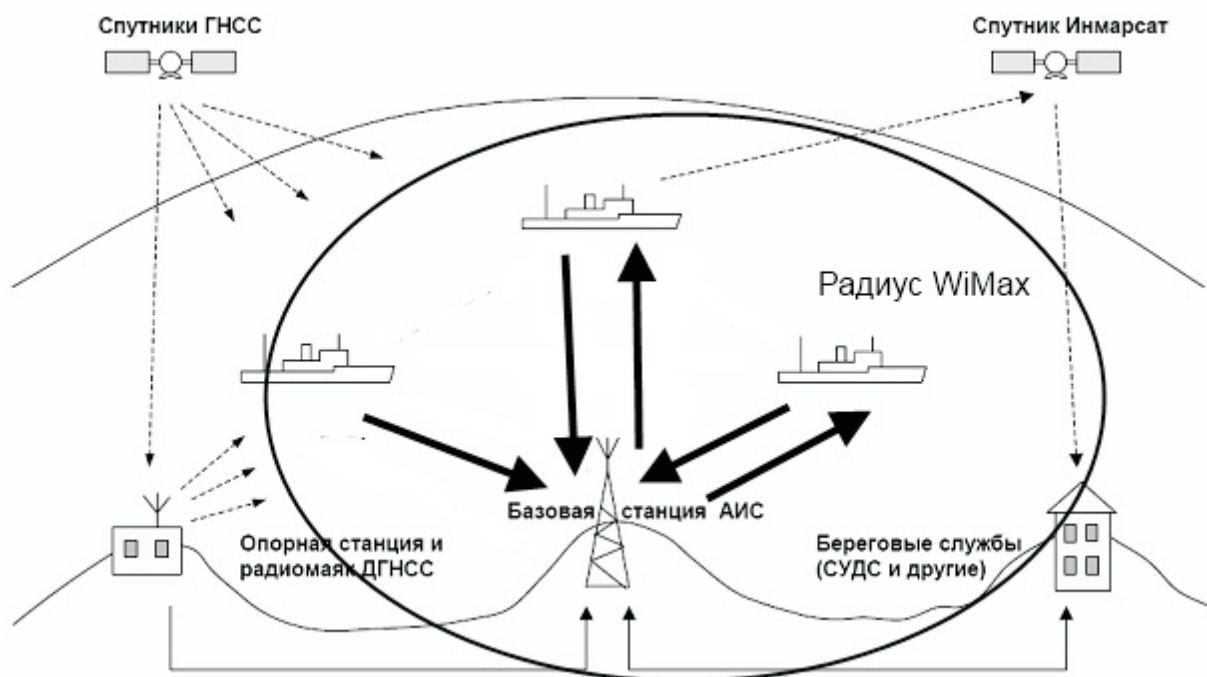


Рис. 1. Схема построения связи между судами

необходимо внедрять и активно применять все имеющиеся возможности Интернет в АСУ ДС, такие как:

- текстовые сообщения;
- голосовые сообщения (IP-телефония);
- видеосообщения;
- удаленное управление отдельными узлами корабля;
- широковещательная рассылка информационных сообщений.

Соседние базовые станции должны находиться в пределах прямой видимости, что позволяет устанавливать постоянное соединение с использованием режима СВЧ-радиосвязи (сверхвысокие частоты 10–66 ГГц) (line-of-sight). Данное соединение в идеальных условиях позволяет передавать данные со скоростью до 120 Мбит/с.

Текстовые сообщения

В данном применении Интернет рассценивается как информационное текстовое табло. Здесь можно обеспечить устойчивый канал связи, настроить программное обеспечение и получать от береговых СУДС текстовую информацию в прямом эфире. Это может выглядеть как информационное табло, на ко-

тором будут отображаться:

- информация от местной гидрометеослужбы;
- информация о тарифах и сборах;
- местные навигационные предупреждения;
- дифференциальные поправки для ГНСС;
- данные о судах, сопровождаемых СУДС;
- статистика.

Довольно удобно в реальном времени отслеживать данного рода информацию. Это позволит обеспечить быстрый доступ к актуальной информации на протяжении всего пути следования судна.

Голосовые сообщения

Максимально быстро и понятно информацию до человека легче всего донести при помощи голоса. Не всегда есть возможность применить мобильную связь, а в некоторых районах она достаточно дорога либо сигнала базовой станции нет вообще. В этом случае при помощи свободно распространяемого программного обеспечения или лицензионного ПО можно совершать телефонные звонки

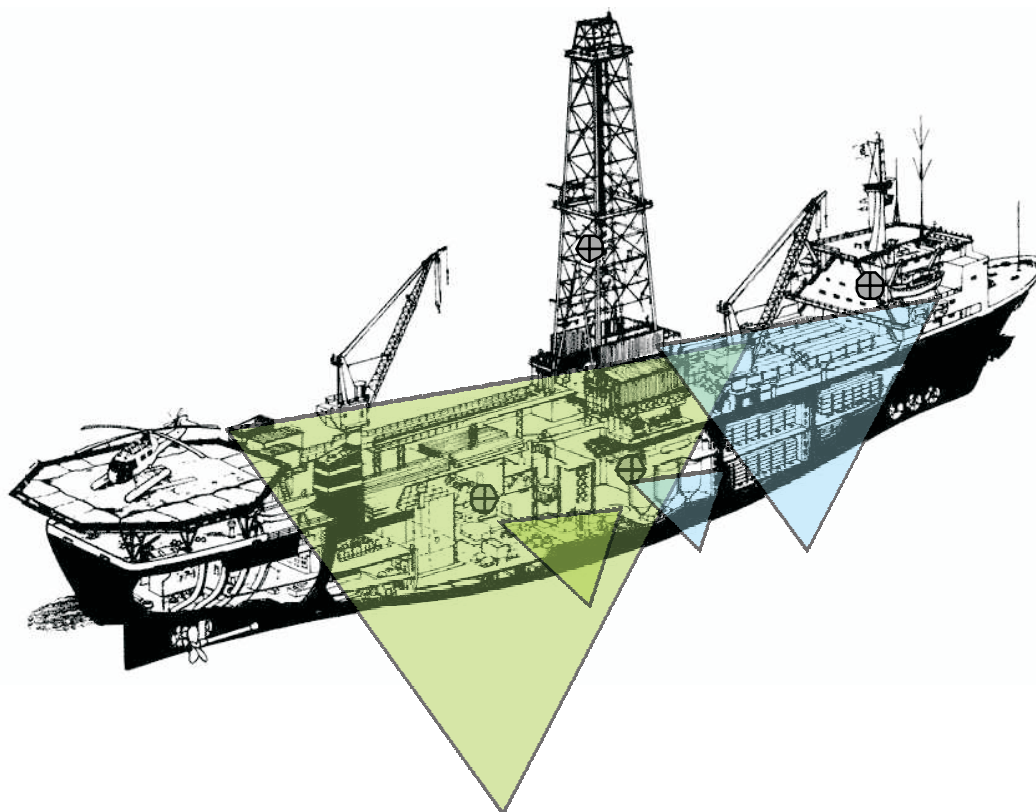


Рис. 2. Возможные места размещения камер наблюдения

или быть на связи без перерыва. Здесь сможет помочь VoIP-телефония (Voice over IP).

Безопасность переговоров необходимо обеспечить, применяя виртуальные частные сети (VPN — Virtual Private Network). Любую программу для VoIP-телефонии следует устанавливать, используя VPN-канал. Тогда перехватить или подменить голосовые сообщения будет практически невозможно. Но даже в этом случае необходимо применять специальные опознавательные знаки, которые должны регулярно меняться.

Видеосообщения

Передача видеосигнала на расстояние без проводов была до недавнего времени непозволительной роскошью. Высокая стоимость передачи и приема интернет-трафика, а также ограничения по скорости передачи данных не позволяло применять данного рода услугу на водном транспорте.

Между тем видеонаблюдение может позволить не только выйти на новый уровень коммуникаций между судами и берегом, но также существенно повысить безопасность экипажа и самого корабля в процессе совершения рейса по реке. В данном случае беспроводные видеокамеры можно установить в ключевых отсеках корабля: в рубке, в моторном отсеке и на палубе.

На рис. 2 показаны места на судне, где могут быть закреплены видеокамеры. Можно установить аккумуляторные батареи или автономные источники энергии, если провести кабель электропитания к месту расположения камеры не представляется возможным.

Каждое устройство видеозахвата передает изображение (по проводному либо беспроводному каналу) видеорегистратору или обычному компьютеру. Он же, в свою очередь, обрабатывает полученные данные и отправляет их по запросу наземной станции.

Можно предусмотреть несколько вариантов связи наземных СУДС с судами:

1. Подключение через Интернет и скачивание накопленных архивов каждые несколько часов.

2. Подключение в режиме онлайн вручную оператором в любое время к любому судну и любой видеокамере.

3. Включение камер только в случае каких-либо запрограммированных событий (например, срабатывание датчика движения). Затем можно использовать описанные выше варианты.

4. Непрерывная трансляция с камер корабля на берег в процессе всего нахождения судна в зоне действия WiMax.

Установка видеосоединения по графику

Данный вид контроля судов предполагает установление связи по определенному расписанию. Регулярный контроль за работой приборов судна может позволить избежать каких-либо проблем, связанных с износом оборудования. Для этого камеры наблюдения необходимо установить так, чтобы можно было контролировать все приборы и помещения на судне.

Периодическое видеонаблюдение в реальном времени

Оператор сам решает, когда подключаться и просматривать камеры и датчики, установленные на судне. Этот метод подходит для профилактики чрезвычайных ситуаций, связанных с возможными неисправностями оборудования.

Подключение в случае определенных событий

В этом случае подключение к видеокамерам и другим приборам судна удаленно осуществляется только при возникновении какого-либо заранее определенного события. При срабатывании датчиков задымления, объема, движения сигнал подается на пульт диспетчера, который оперативно подключается и проводит мониторинг судна. Здесь важно вовремя установить причину срабатывания датчиков, иметь резервное энергоснабжение и связь с капитаном судна.

Данный вид подключения к судну подходит, если было принято решение сократить количество экипажа на борту.

Непрерывная видеотрансляция

Непрерывное видеонаблюдение на борту судна может быть использовано для обучения студентов вузов. В этом случае появляется возможность студентам в любое время с любого компьютера подключаться к судам, на которых установлено такое оборудование, и наблюдать за приборами и за процессом управления.

Доступ к данному рода информации необходимо будет ограничить. К примеру, можно создать защищенный web-ресурс, который будет проводить аутентификацию пользователей. На таком сайте можно будет выбрать активные на данный момент видеокамеры и снимать информацию с приборов судна.

Удаленное управление

Нельзя исключать возможности управления различными узлами судна на расстоянии. В этом случае отпадает необходимость в постоянном присутствии человека около определенного рода приборов, требующих совершения каких-либо действий. Естественно, необходимы уверенный прием сигнала, а также резервный канал связи и система оповещения команды судна в случае каких-либо сбоев в работе системы.

В будущем можно будет запускать в плавание по рекам суда вообще без экипажа либо сокращать количество людей до минимума.

Широковещательная рассылка

Еще одним применением высокоскоростного интернет-канала на судах является использование широковещательных сообщений. Так называемая групповая рассылка может применяться для рассылки новостей, прогноза погоды, каких-то общих рекомендаций и т. п. Широковещательная рассылка в основном предполагает передачи информации в открытом виде. Следовательно, это необходимо учитывать при использовании данного рода канала связи.

Медицинская помощь

Речной транспорт — это источник повышенной опасности жизни и здоровью человека. Часто бывает необходимым оперативно оказать медицинскую помощь, но на борту не оказывается врачей.

Благодаря высокоскоростному доступу в Интернет появится возможность врачу на расстоянии поставить предварительный диагноз и дать необходимые консультации.

Достоинства стандарта 802.16 применительно к АСУ ДС

Основными достоинствами стандарта 802.16e являются мобильность и скорость передачи данных. Этот стандарт разрабаты-

вался непосредственно для применения в мобильных терминалах. В отличие от предыдущих версий в нем реализованы функции хэндовера, позволяющие абоненту быть на связи при движении на скорости до 150 км/час. Это более чем достаточно для судов, путешествующих по рекам и каналам.

Кроме того, в стандарте реализована возможность борьбы с межсимвольной интерференцией. Благодаря этому при помехах, связанных с особенностями рельефа, можно по-прежнему иметь возможность принимать сигнал от наземной станции.

Побочным положительным эффектом от размещения базовых станций по периметру всего водного пути является обеспечение широкополосным доступом в глобальную сеть целого ряда городов, сел и деревень. Это в значительной мере будет способствовать внедрению информационных технологий в отдаленные регионы страны.

Недостатки и ограничения стандарта 802.16

Основными недостатками стандарта 802.16 являются: высокая чувствительность к помехам, повышение вероятности перехвата передаваемой информации и возможность реализации атаки отказа в обслуживании при помощи аппаратов, генерирующих белый шум. Стоимость оборудования и монтажных работ также являются недостатками, но они со временем окупятся. Кроме того, данного рода инфраструктура будет полезна всем типам населенных пунктов, располагающимся в зоне действия базовых станций.

Таким образом, основные трудности — низкая помехозащищенность и безопасность передаваемых данных. При условии получения максимально защищенных каналов связи можно покрыть все реки и каналы высокоскоростной беспроводной связью, которая даст возможность судам использовать все преимущества высокоскоростного широкополосного доступа в глобальную сеть.

Вывод

Сейчас активно применяется стандарт 802.16e, в то время как в начале 2011 года планируется внедрить вторую версию мобильного WiMax 802.16m. Основным ново-

введением данного стандарта будет являться использование нескольких антенн для передачи и приема сигналов MIMO (multiple-input/multiple-output). В этом случае скорость приема информации будет составлять до 300 Мбит/с. Так называемый Mobile WiMAX Release 2.0 обеспечивает полную обратную совместимость с решениями Mobile WiMAX

Release 1.0 (802.16e). Это позволит без каких-либо крупных затрат в дальнейшем перейти на него.

В идеале мы получим водные пути, погруженные в беспроводной широкополосный канал связи. И чем надежнее, безопаснее и быстрее будет связь, тем больше возможностей для ее применения будет появляться.

Список литературы

1. Вишневский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. — М.: Техносфера, 2005. — 592 с.
2. Гейер Дж. Б. Беспроводные сети. Первый шаг: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. — 192 с.
3. Гепко И. А., Москаленко А. А., Бондаренко А. В. Возможности обеспечения информационной безопасности в стандартах сотовой связи 2-го и 3-го поколений // Зв'язок. — 2006. — № 5. — С. 29–33.
4. Сюваткин В. С., Есипенко В. И. WiMAX-технология беспроводной связи: теоретические основы, стандарты, применение. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 356 с.
5. <http://standards.ieee.org/regauth/groupmac/tutorial.html>
6. <http://www.wimaxforum.ru/technology/>

УДК 656.025.4/6

Ю. Я. Зубарев,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

А. С. Гайнуллин,
аспирант,
СПГУВК

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ КАБОТАЖНЫХ СУДОВ НА КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ

PROBABILISTIC FORMALIZATION OF COASTERS HANDLING PROCESSES ON LINE TERMINALS

Рассматривается вероятностная формализация процессов обработки каботажных судов. В отличие от общепринятого допущения о показательном законе распределения времени цикла и его отдельных фаз, предполагается, что вероятность нахождения судна в каждой фазе пропорциональна математическому ожиданию длительности этой фазы.

Probabilistic formalization of coasters handling processes is considered. As distinct from common assumption about the model law of time allocation of the cycle and its phases, it is proposed that the possibility of the ship whereabouts in every phase is proportional to the average of distribution of this phase duration.

Ключевые слова: контейнерная перевозка грузов, обработка каботажных судов, вероятностные модели.

Key words: container cargo transportation, coasters handling, probabilistic models.

КАБОТАЖНЫЕ перевозки являются наиболее удобным и экономичным способом транспортировки грузов. Основным транспортным узлом в контейнерных перевозках является специализированный терминал, неотъемлемой частью которого являются каналы переработки грузов, представляющие собой морские причалы.

Перевозки контейнерных грузов можно рассматривать как последовательность циклических операций, где каждое судно перевозит груз от одного порта к другому, а затем возвращается и повторяет операцию. В настоящее время для расчета характеристик процессов переработки каботажных грузов в большинстве случаев используются детерминированные методы, в основу которых положено допущение о регулярном приходе судов в порт.

Однако детерминированные методы не отражают специфику функционирования контейнерных терминалов, предназначенных для переработки каботажных грузов. В действительности моменты прихода судов в порты представляют собой нерегулярные потоки событий. Впервые задача вероятностного моделирования процессов переработки каботажных грузов была сформулирована и решена А. Тюкавиным [2], который учитывал общепринятые допущения о показательном законе распределения времени цикла и его отдельных составляющих. Это позволило использовать для определения процессов аппарат марковских случайных процессов и представить модель процесса в виде модели замкнутой системы массового обслуживания. Однако проведенные расчеты показали, что такое допущение приводит к некоторому увеличению среднего времени ожидания судов в очереди. Поэтому в настоящей работе авторы отказываются от указанного допущения.

Рассмотрим наиболее простой случай, когда m судов осуществляют перевозку грузов между двумя автономными терминалами. Предполагается, что суда обладают одинаковыми характеристиками, т. е. одинаковой кон-

тейнеровместимостью и одинаковой средней скоростью движения. Таким образом, математические ожидания времени движения судов по маршруту в прямом и обратном направлениях $T_{\mu 1}$ и $T_{\mu 2}$ и математические ожидания времени обработки $\bar{T}_{обр}$ и времени ожидания в очереди $T_{ож}$ для всех судов одинаковы.

Рассмотрим движение одного судна в прямом и обратном направлениях. Время цикла операции $T_{ц}$ является случайной величиной. Однако известно математическое ожидание времени цикла, равное сумме математических ожиданий отдельных составляющих $\bar{T}_{\mu 1}, \bar{T}_{\mu 2}, \bar{T}_{обр1}, \bar{T}_{обр2}, \bar{T}_{ож1}$ и $\bar{T}_{ож2}$. При этом первые четыре слагаемых считаются известными, а два последних определяются методом последовательных приближений.

Рассмотрим ось времени от 0 до $T_{ц}$, соответствующую одной циклической операции. Будем считать, что по прошествии некоторого времени от начала навигации, примерно равного $3-5 T_{ц}$, положение судна в любой момент времени на оси будет случайным и одинаково вероятным в любой точки оси времени. Таким образом, плотность распределения случайного положения судна на оси времени будет постоянной, а координаты судна на этой оси будут подчиняться равномерному закону распределения. В этом случае можно легко показать, что вероятность пребывания судна в одной из фаз циклической операции или нескольких фаз пропорциональна математическому ожиданию времени пребывания судна в этих фазах, т. е.

$$P_{\Sigma} = \frac{\bar{T}_{ож} + \bar{T}_{обр}}{\bar{T}_{ц}}, \quad (1)$$

где P_{Σ} — вероятности пребывания судна на терминале, т. е. вероятность нахождения судна либо в очереди, либо в обработке.

При рассмотрении движения m однотипных судов целесообразно воспользоваться частной теоремой о повторении опытов [1].

Действительно, движение каждого из m судов по маршруту в обоих направлениях можно считать независимыми друг от друга. Время обработки каждого судна в порту

также не зависит от числа обрабатываемых судов. Однако при $m > S$, что имеет место в подавляющем большинстве практических случаев, в терминале может возникнуть очередь. В то же время учет взаимного влияния судов в терминале может быть осуществлен путем введения среднего времени ожидания судна в очереди.

Определив вероятности отдельных состояний контейнерного терминала, можно на основе Байесова подхода вычислить среднее значение времени ожидания, соответствующее определенным значениям числа судов m и числа причалов S исследуемого терминала. Тогда, рассматривая достаточно большой период времени и учитывая среднее время ожидания, можно считать, что движения отдельных судов по прямому и обратному маршрутам не связаны между собой, т. е. вероятность того, что одно из судов находится в терминале, не зависит от того, где находятся остальные суда. Таким образом, определение среднего времени ожидания судна в очереди и учета этого времени при вычислении вероятности нахождения судна в терминале позволяет использовать при определении вероятностных характеристик процессов обработки однотипных каботажных грузов частную теорему о повторении опытов [1]. Движение отдельных судов можно считать повторным проведением m независимых испытаний, в каждом из которых судно может оказаться в терминале (событие A) с одной и той же вероятностью P_Σ , определяемой выражением (1). Соответственно, вероятность того, что судно находится в других фазах циклической операции (непоявление события A), равно q_Σ . Требуется найти вероятность P_n того, что в терминале будет n судов, т. е. событие A в этих m опытах появится ровно n раз.

Можно показать, что вероятность нахождения n судов в терминале соответствует членам разложения бинома Ньютона в степени, равной числу каботажных судов. Соответственно:

$$(p_\Sigma + q_\Sigma)^m = p_\Sigma^m + m p_\Sigma^{m-1} q_\Sigma + C_m^{m-2} p_\Sigma^{m-2} q_\Sigma^2 + \dots + C_m^n p_\Sigma^n q_\Sigma^{m-n} + \dots + q_\Sigma^m.$$

Таким образом, вероятность того, что в терминале может оказаться n судов из m , мо-

жет определяться по выражению общего члена выражения бинома Ньютона:

$$P_n = C_m^n p_\Sigma^n q_\Sigma^{m-n} = \frac{m!}{n!(m-n)!} p_\Sigma^n q_\Sigma^{m-n}. \quad (2)$$

Поэтому указанное распределение вероятностей называется биномиальным. Расчет вероятностей P_n по выражению (2) для больших m может привести к существенным погрешностям, связанным с операциями над очень большими $(m!; n!; (m-n)!)$ числами. Для повышения точности расчетов целесообразно пользоваться рекуррентными соотношениями вида

$$P_{n+1} = P_n \frac{m-n}{n+1} \frac{p_\Sigma}{q_\Sigma}. \quad (3)$$

Среднее число судов в определенной фазе операции, например суммарное число судов на терминале, определяется выражением

$$\begin{aligned} \bar{d}_\Sigma &= \sum_{n=1}^m n P_{\Sigma n} = \sum_{n=1}^m n C_m^n p_\Sigma^n q_\Sigma^{m-n} = \\ &= m p_\Sigma \sum_{n=1}^m \frac{n}{m} C_m^n p_\Sigma^{n-1} q_\Sigma^{m-n} = m P_\Sigma. \end{aligned} \quad (4)$$

Среднее число судов в очереди на обработку определяется выражением

$$\bar{d} = \begin{cases} \sum_{n=S+1}^m (n-S) P_n & \text{при } n > S \\ 0 & \text{при } n \leq S \end{cases} \quad (5)$$

Для определения средних времен ожидания судов в очереди и пребывания в перегрузочном терминале необходимо знать результирующую интенсивность прихода судов λ , которая может быть представлена в виде

$$\lambda = \lambda' (m - \bar{d}_\Sigma), \quad (6)$$

где: λ' — интенсивность прихода в терминал каждого судна, $m - \bar{d}_\Sigma$ — среднее число судов, находящихся вне терминала.

Рассмотрим два частных случая функционирования контейнерных терминалов. В первом будем считать, что обработка судов на причалах обоих терминалов осуществляется с одинаковой интенсивностью, т. е. $\bar{T}_{1обр} = \bar{T}_{2обр}$, а число причалов у обоих терминалов одинаково. Тогда $\bar{T}_{1ож} = \bar{T}_{2ож}$ и среднее время цикла определяется выражением

$$\bar{T}_y = \bar{T}_{1\mu} + \bar{T}_{2\mu} + 2\bar{T}_{ож} + 2\bar{T}_{обр}. \quad (7)$$

Соответственно, частоты прихода судов к терминалам равны между собой, т. е. $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$. В этом случае интенсивность прихода судов к терминалам будет определяться:

$$\lambda = \lambda_1 = \lambda_2 = \frac{m - d_{\Sigma}}{\bar{T}_{1м} + \bar{T}_{2м} + \bar{T}_{ожс} + \bar{T}_{обр}}. \quad (8)$$

Будем считать, что терминалы содержат S причалов, тогда среднее время пребывания судна в очереди определяется выражением

$$T_{ожс} = \frac{\bar{d}}{\lambda} = \frac{\bar{d}}{\lambda'(m - \bar{d}_{\Sigma})}. \quad (9)$$

Среднее время пребывания судна в терминале:

$$\bar{T}_{\Sigma} = \frac{\bar{d}_{\Sigma}}{\lambda} = \frac{\bar{d}_{\Sigma}}{\lambda'(m - \bar{d}_{\Sigma})}. \quad (10)$$

Сложность расчетов вероятностных характеристик по выражениям (8)–(10) заключается в том, что известны средние значения времен движения каботажного судна по маршруту в прямом и обратном направлении, а также значения времен обработки судов на терминалах. Однако не известны значения среднего времени ожидания судна в очереди на терминалах, а следовательно, и среднее общее время циклической операции $T_{ц}$. Поэтому указанные значения определяются методом последовательных приближений. На первой итерации значения $\bar{T}_{ожс}$ для обоих терминалов берутся равными нулю, а значения $\bar{T}_{\Sigma} = \bar{T}_{обр}$. Тогда на основе (8)–(10) в первом приближении определяются вероятностные характеристики процесса переработки каботажных грузов. В следующей итерации $\bar{T}_{ожс}$ берутся из выражения (9) и пересчитываются значения T_{Σ} и $T_{ц}$. Итерационные расчеты продолжаются до тех пор, пока значение T_{Σ} n -й итерации не будет равно $T_{ожс} + T_{обр}$.

Более сложным является второй случай, когда характеристики перегрузочных терминалов отличаются друг от друга. Они могут отличаться как числом причалов ($S_1 \neq S_2$), так и временем переработки контейнерных гру-

зов ($T_{обр1} \neq T_{обр2}$). Тогда все вероятностные характеристики каждого из терминалов будут отличаться друг от друга.

В результате получим вероятности нахождения каждого судна в первом и втором терминалах:

$$P_{\Sigma 1} = \frac{\bar{T}_{ожс1} + \bar{T}_{обр1}}{\bar{T}_{ц}}, \quad P_{\Sigma 2} = \frac{\bar{T}_{ожс2} + \bar{T}_{обр2}}{\bar{T}_{ц}}. \quad (11)$$

При этом время цикла $T_{ц}$ определяется выражением (7).

Соответственно, выражения для интенсивностей прихода каждого судна в первый и второй терминалы примут вид:

$$\lambda_1 = \frac{m - \bar{d}_{\Sigma 1}}{\bar{T}_{м1} + \bar{T}_{м2} + \bar{T}_{обр2} + \bar{T}_{ожс2}},$$

$$\lambda_2 = \frac{m - \bar{d}_{\Sigma 2}}{\bar{T}_{м1} + \bar{T}_{м2} + \bar{T}_{обр1} + \bar{T}_{ожс1}}. \quad (12)$$

Аналогичным образом на основе выражений (2), (5) определяются значения $d_{\Sigma 1}$, $d_{\Sigma 2}$, d_1 , d_2 , $T_{\Sigma 1}$, $T_{\Sigma 2}$, $T_{ожс1}$ и $T_{ожс2}$.

Далее указанные характеристики определяются методами последовательных приближений. Как и в первом случае, на первой итерации значения $T_{ожс1}$ и $T_{ожс2}$ берутся равными нулю, а значения вероятностных характеристик каждого терминала рассчитываются независимо друг от друга. Полученные в результате расчетов на первой итерации значения $T_{ожс1}$ и $T_{ожс2}$ подставляются в выражение суммарного времени цикла и выражения (11) вероятностей нахождения каждого судна в первом и втором терминалах. Эти результаты подставляются в исходные данные для второй итерации. Аналогичные итерационные расчеты, как и ранее, продолжаются до тех пор, пока $T_{\Sigma 1}$ не будет равно $T_{ожс1} + T_{обр1}$ и $T_{\Sigma 2}$ равна $T_{ожс2} + T_{обр2}$.

На основе вышеприведенных выражений были определены оптимальные характеристики автономного контейнерного терминала ГМК «Норильский Никель» в морском порту Мурманска.

Список литературы

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 576 с.
2. Зубарев Ю. Я., Тюкавин А. М. Оптимизация процессов переработки каботажных грузов. — СПб.: Политехника, 2009. — 168 с.

ЗАДАЧА ЗАМЕНЫ РЕСУРСОВ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ

THE TASK OF RESOURCES SUBSTITUTION IN MANUFACTURING CONTROL

Показана возможность оптимального управления путем замены материальных ресурсов. Для решения предложены два способа, которые иллюстрируются на числовом примере. Зафиксировано совпадение результатов решения обоими способами. Отмечено, что задача может быть распространена на замену нематериальных ресурсов.

The opportunity of optimal control by substitution of material resources is shown. Two ways of decision are suggested. They are illustrated by number example. The decisions by both ways are the same. It is marked that the task can be propagated for substitution of non-material resources.

Ключевые слова: задача замены ресурса, оптимальный метод, управление производством, способы решения.

Key words: task of resources substitution, optimal method, manufacturing control, ways of decision.

Введение. Процесс оптимального планирования с помощью задачи статического линейного программирования [1–3] широко используется в автоматизированных организационных системах управления. Вместе с тем условия расчета плана могут сильно отличаться от условий реализации плана. Наиболее частыми возмущениями являются возмущения по материальным ресурсам. Компенсация возмущений определяется процессом управления. Одним из эффективных вариантов управления является замена ресурсов, если технология это допускает.

Постановка задачи. Пусть имеется задача оптимального планирования:

$$\sum_{j=1}^J C_j P_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J d_{mj} P_j \leq b_m, \quad (2)$$

$$S_j \leq P_j \leq S_j^+, \quad (3)$$

где в ограничениях по ресурсам и спросу в целевой функции введены обозначения: P_j , b_m , S_j — вектор-столбцы искомого плана, ограничения (размерности $J, j = 1, J$) ресурсов размерности M ($m = 1, M$); d_{mj} — элементы матрицы размерности $M \times J$ норм расхода ресурсов; C_j — вектор-строка (размерности J) прибыли

от выпуска единицы готовой продукции; G — целевая функция.

Схема этой задачи может быть представлена в виде рис. 1.

Предположим, что имеется возможность замены дефицитного ресурса на другие разновидности ресурса с похожими свойствами. На рис. 2, например, ресурс $m = 1$ может быть заменен на ресурсы $m = 2$ и $m = 3$. Наборы подобных (в данном случае трех) ресурсов будем называть конструкциями r ($r = 1, R$).

Если ресурс $m = 1$ использован полностью, а требуется дополнительное количество ресурса, то вводят ресурс $m = 2$ и т. д. Правило замены определяется предпочтениями Π_{mr} для соответствующего ресурса.

Тогда задача замены ресурса математически может быть описана выражениями (1), (3), к которым добавляются выражения:

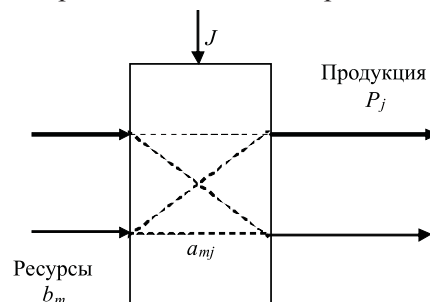


Рис. 1. Схема стандартного оптимального планирования

$$\sum_{j=1}^n d_{rj} P_j \leq P_r, \quad (4)$$

$$P_r = \sum_{m=1}^M P_{mr}, \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^R P_{mr} \leq b_m, \quad (6)$$

$$F = \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \Pi_{mr} P_{mr} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где $r = 1, R$ — конструкция (совокупность заменяющих ресурсов); P_r, P_{mr} — соответствующие планы; Π_{mr} — приоритет ресурса m в конструкции r , a_{rj} — норма расхода; b_m — наличное количество ресурса.

Нетрудно заметить, что задача замены является векторной (двухкритериальной) задачей линейного программирования. Ее решение возможно двумя способами:

1) как непосредственно двухкритериальной задачи;

2) двухшаговое решение: на первом шаге решение задачи (1)–(3), на втором — (4)–(7).

Иллюстрируем указанные способы на конкретном числовом примере.

Числовой пример. Пусть имеется задача со следующими числовыми данными в соответствии с рис. 2.

Производство выпускает четыре вида продукции j ($j = 1, 4$), для чего требуется три вида материальных ресурсов.

Каждый материальный ресурс состоит из трех заменяющих друг друга материалов (конструкций). Первый вид материала является предпочтительным из всех и имеет вес 1 (один), второй вид материала менее предпочтителен, имеет вес 3 (три), третий вид материала наименее предпочтителен и имеет вес 5 (пять).

Нормы расхода ресурсов не зависят от вида материала в конструкции и определяются табл. 1.

Таблица 1

Продукция Ресурс	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	6	5	4	3
3	4	6	10	13

Ресурсы

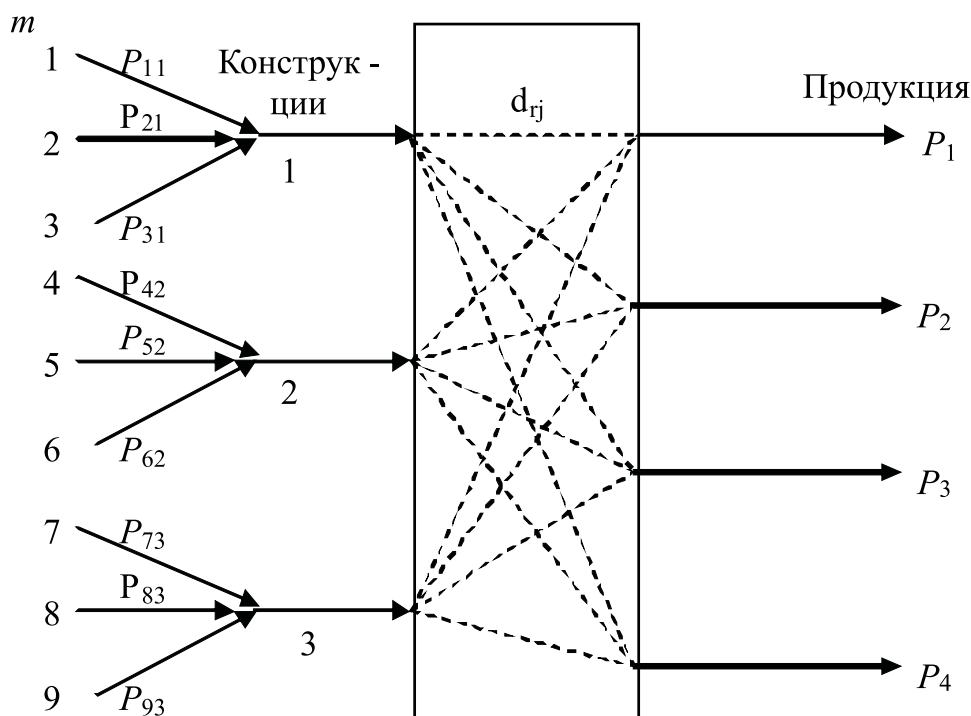


Рис. 2. Иллюстрация процесса замены ресурсов

Выпуск продукции $P_j \geq 0, P_1 \geq 8, P_3 \geq 5$.

Основная целевая функция максимизируется по выпускаемой продукции P_j и имеет коэффициенты 60; 70; 120; 130.

Задача решается для трех интервалов времени t ($t = 1, 3$).

К началу первого интервала имеется следующее количество материалов (табл. 2).

Таблица 2

Интервал t	Конструкция	Материал	Количество
1	1	1	10
		2	15
		3	7
	2	4	110
		5	10
		6	90
	3	7	100
		8	30
		9	50

Материалы, израсходованные на данном интервале времени, выбывают из расчетов на последующих интервалах времени.

К началу интервалов $t = 2$ и $t = 3$ поступают дополнительные материалы в количествах, отраженных в табл. 2.

Решение задачи. Используем первый способ. Зададим веса критериев G и F равными единице. Рассмотрим новый критерий $H = F + G$, при котором двухкритериальная задача становится статической:

$$60P_1 + 70P_2 + 120P_3 + 130P_4 + P_{11} + 3P_{21} + 5P_{31} + P_{42} + 3P_{52} + 5P_{62} + P_{73} + 3P_{83} + 5P_{93} \rightarrow \min$$

Ограничения имеют вид:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - P_{11} - P_{21} - P_{31} \leq 0$$

$$6P_1 + 5P_2 + 4P_3 + 3P_4 - P_{42} - P_{52} - P_{62} \leq 0$$

$$4P_1 + 6P_2 + 10P_3 + 13P_4 - P_{73} - P_{83} - P_{93} \leq 0$$

$$P_1 \geq 0, P_2 \geq 0, P_3 \geq 0, P_4 \geq 0, P_{mr} \geq 0, m = 1, 9; r = 1, 3,$$

$$P_1 \leq 8, P_3 \leq 5, b_1 = 16, b_2 = 110, b_3 = 100,$$

$$P_{11} \leq 10, P_{21} \leq 15, P_{31} \leq 7, P_{42} \leq 110,$$

$$P_{52} \leq 10, P_{62} \leq 90, P_{73} \leq 100, P_{83} \leq 30, P_{93} \leq 50.$$

Таблица 2
(Окончание)

Поступление ресурсов

Интервал t	Конструкция	Материал	Количество
2	1	1	8
		2	2
		3	1
	2	4	0
		5	40
		6	30
	3	7	40
		8	20
		9	10
3	1	1	5
		2	3
		3	9
	2	4	30
		5	40
		6	100
	3	7	40
		8	100
		9	20

Перейдем к решениям на соответствующих интервалах времени, используя пакет MatLab.

Программа для интервала 1 имеет вид:

```
function x = lp1_vect(f, A, b, lb, ub);
f = [1; 3; 5; 1; 3; 5; 1; 3; 5];
A = [-1 -1 -1 0 0 0 0 0 0; 0 0 0 -1 -1 -1 0 0 0; 0 0 0 0 0 0 -1 -1 -1];
b = [-16; -110; -100];
lb = zeros(9,1);
ub = [5; 6; 17; 30; 40; 212; 40; 100; 70];
[x] = linprog(f, A, b, [], [], lb, ub).
```

Полученные с ее помощью решения (P_1, P_2, P_3, P_4) = (8, 0, 5, 0). В табл. 3 показаны решения P_{mr} . В ней же указаны неиспользованные (остатки) ресурсов, передаваемые на следующий интервал времени, поступления и наличие ресурсов на следующем интервале времени.

Таблица 3

Этап 1

Решения P_{mr}	Остаток	Поступления	Наличие ресурсов
8	2	8	10
5	10	2	12
0	7	1	8
68	42	0	42
0	10	40	50
0	90	30	120
82	18	40	58
0	30	20	50
0	50	10	60

Отметим, что ресурсы b_1, b_3 расходуются полностью, а b_2 частично.

На этапах 2 и 3 решения задачи (1)–(3)

не меняются, изменяются данные по заменяемым ресурсам (табл. 2), а значения P_{mr} приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Этап 2

Решения P_{mr}	Остаток	Поступления	Наличие ресурсов
8	0	5	5
5	9	3	12
0	8	9	17
42	0	30	30
26	24	40	64
0	120	100	220
58	0	40	40
24	0	100	100
0	60	20	80

Таблица 5

Этап 3

Решения P_{mr}	Остаток	Поступления	Наличие ресурсов
5	0		
8	4		
0	17		
30	0		
38	26		
0	220		
40	0		
42	58		
0	80		

Обратимся ко второму способу. На первом шаге первого интервала времени положим, что заменяемые ресурсы равноценны и наличное количество ресурсов определяется суммой ресурсов конструкции. Иными словами, в соответствии с табл. 1 $P_{11} + P_{21} + P_{31} = (10 + 15 + 7) = 32$; $P_{42} + P_{52} + P_{62} = 210$; $P_{73} + P_{83} + P_{93} = 180$. Решается задача по программе:

```
function x = lp1_osnov(f, A, b, lb, ub);
    f = [60; 70; 120; 130];
    A = [1 1 1 1; 6 5 4 3; 4 6 10 13];
    b = [32; 210; 180];
    lb = zeros(3,1);
    ub = [8; 0; 5; 0];
    [x] = linprog(f, A, b, [], [], lb, ub).
```

Решением служит $(P_1, P_2, P_3, P_4) = (8, 0, 5, 0)$.

На втором шаге используется программа:

```
function x = lp1_zamen(f, A, b, lb, ub);
    f = [1; 3; 5; 1; 3; 5; 1; 3; 5];
    A = [-1 -1 -1 0 0 0 0 0 0; 0 0 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1];
    b = [-13; -68; -82];
    lb = zeros(9,1);
    ub = [5; 6; 17; 30; 40; 212; 40;
```

100; 70];

```
[x] = linprog(f, A, b, [], [], lb, ub).
```

Решение второго шага совпадает с решениями P_{mr} табл. 3.

Поскольку суммарных ресурсов больше, чем надо для оптимального плана, на этапах 2 и 3 решения (P_1, P_2, P_3, P_4) не меняются. Решения P_{mr} по заменам совпадают со значениями табл. 4 и 5.

Данные способы могут быть распространены на замену нематериальных ресурсов (трудовых ресурсов, оборудования) с той лишь особенностью, что неиспользованные ресурсы теряются.

Закключение. Показано, что с помощью статического линейного программирования можно решать задачу замены материальных ресурсов, которая является одной из разновидностей процесса управления в организационных системах. Рассмотрены два способа решения: двухкритериальный и двухшаговый. Отмечено, что результаты решений обоих методов совпадают. Указано, что предложенные способы могут быть использованы и для нематериальных ресурсов (трудовых ресурсов, оборудования) с той лишь особенностью, что ресурсы, неиспользованные на данном интервале времени, не могут быть переданы на следующий интервал времени.

Список литературы

1. Чертовской В. Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2007. — 164 с.
2. Чертовской В. Д. Информационные технологии в исследовании процесса управления производством // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 1. — С. 123–128.
3. Альсевич В. В., Габасов Р., Глушенков В. С. Оптимизация линейных экономических моделей. Статические задачи. — Мн.: БГУ, 2000. — 210 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙMATHEMATICAL MODELLING OF THE NON-STATIONARY
TEMPERATURE FIELDS

В статье получены формальные аналитические решения трех основных краевых задач для параболического уравнения диффузии-теплопроводности в полупространстве — первой краевой задачи, или задачи Дирихле, второй краевой задачи, или задачи Неймана, и третьей краевой задачи. Решения строятся с помощью последовательного применения интегральных преобразований Фурье — Бесселя и преобразований Фурье.

In article analytical decisions of three basic boundary problems for the parabolic equation of diffusion-heat conductivity in half-space — the first boundary problem or Dirichlet's problem, the second boundary problem or Neumann's problem and the third boundary problem are received. Decisions are under construction by means of consecutive application of integrated Fourier — Bessel transformations and Fourier transformations.

Ключевые слова: краевые задачи, уравнение диффузии-теплопроводности, параболическое уравнение, интегральное преобразование Фурье — Бесселя, интегральное преобразование Фурье.

Key words: the boundary problems, the heat conductivity equation, the diffusion equation, integral Fourier — Bessel's transformation, integral Fourier's transformation.

Введение. Во время плавания судна при определенных условиях в машинных помещениях возможно возникновение взрывоопасной среды — присутствие горючих и самовоспламеняющихся материалов (бумага, древесина, промасленная ветошь и т. п.) в области нарушения теплоизоляции, т. е. теплового источника воспламенения. Это может привести к возникновению пожара или взрыва.

Пожарная опасность веществ, склонных к самовозгоранию, очень велика, поскольку они могут загораться без всякого подвода тепла при температуре окружающей среды ниже температуры самовоспламенения веществ, а период индукции самовозгорающихся веществ может составлять несколько часов, дней и даже месяцев. Область высоких температур может инициировать начало процесса окисления, необходимого для воспламенения самовозгорающихся веществ и предметов, например промасленной ветоши.

Наиболее высокая температура на наружной поверхности элементов дизеля отмечается на поверхности трубопровода отработанных газов под слоем теплоизоляции и на

современных форсированных двигателях может достигать 500 °С и выше.

В процессе эксплуатации судового энергетического оборудования в его элементах сочетаются все основные формы теплопередачи: лучистый и конвективный теплообмен, теплопроводность. При нормальном техническом состоянии теплоизоляции, температура на поверхности которой не превышает нормативных значений (45–60 °С), теплообмен ее поверхности и окружающей среды в основном происходит за счет теплопередачи и конвекции, теплообмен излучением незначителен. В случае нарушения теплоизоляции, приводящего к увеличению температуры на ее поверхности, теплообмен излучением может возрасти.

В связи с частыми случаями нарушения теплоизоляции высокотемпературных трубопроводов и с возникновением высокотемпературных локальных зон в машинных помещениях во время эксплуатации судна актуальной задачей является исследование теплообмена именно в этих ситуациях.

В статье автора [1] предложены математические модели стационарных температур-

ных полей при частичном нарушении теплоизоляции. В настоящей работе дано развитие этих математических моделей на нестационарный случай.

1. Постановка задачи для параболического уравнения в полупространстве.

Рассматриваются основные начально-краевые задачи для параболического уравнения диффузии-теплопроводности в полупространстве: найти функцию $u(r, z, t)$, удовлетворяющую уравнению

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial u}{\partial t} = 0, \quad 0 < r < \infty, \quad z > 0, \quad t > 0 \quad (1)$$

в полупространстве $0 < r < \infty, z > 0$; начальному условию

$$u|_{t=0} = g(r, z) \quad (2)$$

и, соответственно, граничным условиям первого, второго или третьего рода.

Выпишем явно эти условия:

а) условия первого рода (задача Дирихле):

$u|_{r \rightarrow 0}$ — ограничена, $u|_{\sqrt{r^2+z^2} \rightarrow \infty}$ — ограничена;

$$u|_{z=0} = f(r, t); \quad (3)$$

б) условия второго рода (задача Неймана):

$u|_{r \rightarrow 0}$ — ограничена, $u|_{\sqrt{r^2+z^2} \rightarrow \infty}$ — ограничена;

$$\frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=0} = f(r, t); \quad (4)$$

с) условия третьего рода:

$u|_{r \rightarrow 0}$ — ограничена, $u|_{\sqrt{r^2+z^2} \rightarrow \infty}$ — ограничена;

$$\frac{\partial u}{\partial z} - hu \Big|_{z=0} = f(r, t), \quad h > 0. \quad (5)$$

Здесь граничная функция $f(r, t)$ обозначена одинаково для всех трех случаев, однако это не может привести к недоразумению, т. к. при решении конкретной корректно поставленной задачи может быть задано только одно из перечисленных условий: либо условие (3), либо условие (4), либо условие (5).

2. Преобразование Фурье — Бесселя.

Преобразованием Фурье — Бесселя функции $\varphi(r)$ называется интеграл [2], [3]

$$\Phi(v) = \int_0^\infty \varphi(r) r J_0(vr) dr, \quad 0 < v < +\infty. \quad (6)$$

Имеет место формула обращения — обратное преобразование Фурье — Бесселя

$$\varphi(r) = \int_0^\infty \Phi(v) v J_0(vr) dv, \quad 0 < r < +\infty. \quad (7)$$

Здесь $J_0(x)$ — функция Бесселя первого рода с нулевым индексом, которая задается следующим равномерно сходящимся рядом [2]:

$$J_0(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \left(\frac{x}{2}\right)^{2k}}{(k!)^2}, \quad |x| < \infty.$$

Заметим, что если функция $\varphi(r)$ такая, что $\varphi(r) = O(r^\alpha)$ при $r \rightarrow 0$, $\alpha > -2$ и $\varphi(r) = O(r^\beta)$ при $r \rightarrow \infty$, $\beta < -\frac{3}{2}$, то интеграл (6) сходится [3].

Применим к уравнению (1) преобразование Фурье — Бесселя:

$$U(v, z, t) = \int_0^\infty u(r, z, t) r J_0(vr) dr, \quad 0 < v < +\infty, \quad (8)$$

причем

$$u(r, z, t) = \int_0^\infty U(v, z, t) v J_0(vr) dv, \quad 0 < r < +\infty. \quad (9)$$

Получим

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial U(v, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 U(v, z, t)}{\partial z^2} - v^2 U(v, z, t). \quad (10)$$

Граничные условия (3)–(5) при этом трансформируются в следующие граничные условия для трансформанты Фурье — Бесселя $U(v, z, t)$:

условия первого рода (задача Дирихле):

$$U|_{z=0} = F(v, t); \quad (11)$$

условия второго рода (задача Неймана):

$$\frac{\partial U}{\partial z} \Big|_{z=0} = F(v, t); \quad (12)$$

условия третьего рода:

$$\frac{\partial U}{\partial z} - hU \Big|_{z=0} = F(v, t). \quad (13)$$

Начальное условие для функции $U(v, z, t)$ примет вид

$$U|_{t=0} = G(v, z). \quad (14)$$

Здесь приняты обозначения для трансформант граничных и начальных функций:

$$F(v, t) = \int_0^\infty f(r, t) r J_0(vr) dr, \quad 0 < v < +\infty; \quad (15)$$

$$G(v, z) = \int_0^\infty g(r, z) r J_0(vr) dr, \quad 0 < v < +\infty. \quad (16)$$

Таким образом, после применения преобразования Фурье — Бесселя по переменной r приходим к начально-краевым задачам для параболического уравнения (10) — задаче Дирихле (10), (11), (14); задаче Неймана (10), (12), (14) и третьей краевой задаче (10), (13), (14).

3. Преобразование Фурье. Станем рассматривать сформулированные выше в п. 2 начально-краевые задачи — задачу Дирихле (10), (11), (14); задачу Неймана (10), (12), (14) и третью краевую задачу (10), (13), (14). Будем искать решения этих задач с помощью преобразования Фурье, которое запишем в следующей форме:

$$\tilde{U}(v, s, t) = \int_0^{\infty} U(v, z, t) K(s, z) dz, \quad 0 < s < +\infty, \quad (17)$$

причем формула обращения

$$U(v, z, t) = \int_0^{\infty} \tilde{U}(v, s, t) K(s, z) ds, \quad 0 < z < +\infty. \quad (18)$$

В зависимости от характера задачи применяем к уравнению (10) либо синус-преобразование Фурье (в случае задачи Дирихле) с ядром интегрального преобразования

$$K(s, z) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sin(sz), \quad (19)$$

либо косинус-преобразование Фурье (в случае задачи Неймана) с ядром интегрального преобразования

$$K(s, z) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \cos(sz), \quad (20)$$

либо обобщенное преобразование Фурье (в случае третьей краевой задачи) с ядром интегрального преобразования

$$K(s, z) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}}. \quad (21)$$

Применяем преобразование (17) к уравнению (10). Умножаем (10) на $K(s, z)$ и интегрируем по z от 0 до ∞ :

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} \frac{1}{a^2} \frac{\partial U(v, z, t)}{\partial t} K(s, z) dz &= \\ &= \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 U(v, z, t)}{\partial z^2} K(s, z) dz - \\ &- \int_0^{\infty} v^2 U(v, z, t) K(s, z) dz. \end{aligned} \quad (22)$$

Первый интеграл справа в формуле (22)

берем два раза по частям:

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 U(v, z, t)}{\partial z^2} K(s, z) dz &= \left[\frac{\partial U(v, z, t)}{\partial z} K(s, z) - \right. \\ &- U(v, z, t) \frac{\partial K(s, z)}{\partial z} \left. \right]_{z=0}^{z=\infty} + \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 K(s, z)}{\partial z^2} U(v, z, t) dz. \end{aligned}$$

Отметим, что из ядра (21) как частные случаи получаются ядра (19) и (20). Действительно, как легко видеть, в случае задачи Дирихле будем иметь:

$$\lim_{h \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sin(sz),$$

а для задачи Неймана —

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \cos(sz).$$

Поэтому выполним все преобразования для ядра (21). Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}} \right) &= \\ &= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{-s^2 \sin(sz) + hs \cos(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}}, \\ \frac{\partial^2}{\partial z^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}} \right) &= \\ &= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{-s^3 \cos(sz) - hs^2 \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}} = \\ &= -s^2 \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s \cos(sz) + h \sin(sz)}{\sqrt{s^2 + h^2}}. \end{aligned}$$

Из последней формулы следует:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} K(s, z) = -s^2 K(s, z).$$

Тогда, учитывая обозначение (17):

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 U(v, z, t)}{\partial z^2} K(s, z) dz &= \\ &= -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}} \left(\frac{\partial U}{\partial z} - hU \right) \Big|_{z=0} - s^2 \tilde{U}(v, s, t). \end{aligned}$$

Таким образом, для трансформанты Фурье из (22) получаем

$$\frac{1}{a^2} \frac{d\tilde{U}(v, s, t)}{dt} + (v^2 + s^2) \tilde{U}(v, s, t) = \tilde{F}(v, t), \quad (23)$$

где для удобства дальнейших рассуждений введено обозначение для функции, стоящей в правой части (23):

$$\tilde{F}(v, t) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}} \left(\frac{\partial U}{\partial z} - hU \right) \Big|_{z=0}. \quad (24)$$

Из формулы (24) для третьей краевой задачи с учетом (13) получаем

$$\tilde{F}(v, t) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}} F(v, t), \quad (25)$$

для задачи Дирихле будем иметь ($h \rightarrow \infty$) с учетом (11):

$$\tilde{F}(v, t) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} s F(v, t), \quad (26)$$

а для задачи Неймана ($h \rightarrow 0$) с учетом (12) —

$$\tilde{F}(v, t) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} F(v, t) \quad (27)$$

Аналогично преобразуем начальное условие (14):

$$\tilde{U}(v, s, t) \Big|_{t=+0} = \bar{G}(v, s), \quad (28)$$

причем

$$\bar{G}(v, s) = \int_0^\infty G(v, z) K(s, z) dz, \quad 0 < s < +\infty.$$

Общее решение уравнения (23) легко находится:

$$\tilde{U}(v, s, t) = C(v, s) e^{-(v^2 + s^2) a^2 t} + \tilde{U}^*(v, s, t),$$

где: $\tilde{U}^*(v, s, t)$ — какое-нибудь частное решение неоднородного уравнения (23), $C(v, s)$ — произвольная постоянная интегрирования, которая может зависеть от параметров v, s .

Такое решение можно получить, например, методом вариации произвольных постоянных:

$$\tilde{U}^*(v, s, t) = a^2 e^{-(v^2 + s^2) a^2 t} \int \tilde{F}(v, t) e^{(v^2 + s^2) a^2 t} dt. \quad (29)$$

Используя начальное условие (28), находим произвольную постоянную $C(v, s)$:

$$C(v, s) = \bar{G}(v, s) - \tilde{U}^*(v, s, 0).$$

Таким образом, решение уравнения (23), удовлетворяющее начальному условию (28), имеет вид

$$\tilde{U}(v, s, t) = [\bar{G}(v, s) - \tilde{U}^*(v, s, 0)] e^{-(v^2 + s^2) a^2 t} + \tilde{U}^*(v, s, t). \quad (30)$$

Остается только последовательно обработать формулы с помощью обратных преобразований — обратного преобразования Фурье (18):

$$U(v, z, t) = \int_0^\infty \left[\bar{G}(v, s) - \tilde{U}^*(v, s, 0) \right] e^{-(v^2 + s^2) a^2 t} + \tilde{U}^*(v, s, t) \Big\} K(s, z) ds$$

и обратного преобразования Фурье — Бесселя (9):

$$u(r, z, t) = \int_0^\infty U(v, z, t) v J_0(vr) dr.$$

Последние две формулы можно объединить в одну:

$$u(r, z, t) = \int_0^\infty v J_0(vr) dv \int_0^\infty \left[\bar{G}(v, s) - \tilde{U}^*(v, s, 0) \right] e^{-(v^2 + s^2) a^2 t} + \tilde{U}^*(v, s, t) \Big\} K(s, z) ds, \quad (31)$$

Таким образом, получено формальное решение задачи в виде разложения в интеграл (31).

Примечание. Все аналитические выкладки выполнялись с использованием системы аналитических вычислений Maple 13. Следует отметить, что в системе Maple предусмотрено несколько иное преобразование Ханкеля, чем то, которое использовалось в данной работе, а именно:

$$\Phi(v) = \int_0^\infty \varphi(r) \sqrt{vr} J_0(vr) dr, \quad 0 < v < +\infty,$$

причем формула обращения —

$$\varphi(r) = \int_0^\infty \Phi(v) \sqrt{vr} J_0(vr) dv, \quad 0 < r < +\infty.$$

В настоящей работе использовано преобразование (6), (7). Это преобразование приводит к более простым формулам при вычислении конкретных интегралов.

Относительно терминологии мы придерживались определений, приведенных в книгах [4], [5]. Преобразование (6), (7) — преобразование Фурье — Бесселя — частный случай общего преобразования Ханкеля с функцией Бесселя первого рода с нулевым индексом $J_0(vr)$.

Список литературы

1. Голоскоков Д. П. Моделирование температурных полей при частичном нарушении теплоизоляции // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 4 (8). — С. 53–56.
2. Голоскоков Д. П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. — СПб.: Питер, 2004. — 539 с.
3. Диткин В. А., Прудников А. П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1961. — 524 с.
4. Снеддон И. Преобразования Фурье. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. — 668 с.
5. Лебедев Н. Н. Специальные функции и их приложения. — М.; Л.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1963. — 360 с.

УДК 629.12.10

В. В. Сахаров,

д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

В. И. Королев,

канд. техн. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Морская государственная
академия имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЦЫ КРЫЛОВА ДЛЯ АПЕРИОДИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

KRYLOV MATRIX APPLICATION TO DYNAMIC PLANTS APERIODIC CONTROL

В статье рассматривается алгоритм синтеза аperiodических управлений динамическими объектами, основанный на применении матрицы Крылова, что обеспечивает повышение эффективности решения двухточечных граничных задач в классе дискретных систем и адаптацию вычислительной процедуры к изменениям граничных условий и времени действия системы.

The article is devoted to the application of Krylov matrix for aperiodic control synthesis employment to dynamic plants. Krylov matrix ensures the efficiency of solving two-point boundary problems for discrete systems and adaptive algorithmic properties to boundary and time condition changes.

Ключевые слова: пространство состояния, матрица Крылова, алгоритм, динамический объект, псевдоинверсия, матричный экспоненциал, дискретная модель.

Key words: state space, Krylov matrix, algorithm, dynamic plant, pseudoinverse, matrix exponential, discrete model.



ДИСКРЕТНЫЕ динамические системы с конечным временем установления переходных процессов называются аperiodическими системами управления. Хорошо приспособленные к техническим приемам модификации и применению численных методов оптимизации производственных и технологических процессов, аperiodические

системы повышенного порядка особенно часто используются в цифровых управляющих комплексах различного назначения [3].

Применение современных вычислительных сред для управления технологическими процессами на объектах водного транспорта позволяет кардинально изменить процедуру синтеза аperiodических систем. Вы-

сокое быстродействие и производительность дают возможность для класса дискретных динамических объектов при вариации числа интервалов дискретности решать комплекс задач: идентифицировать объект по экспериментальным характеристикам, оценивать внешние воздействия и компенсировать их влияние на поведение управляемого объекта, оптимизировать технологический процесс при управлении по нескольким каналам с различными критериями качества.

Важным этапом синтеза аperiodических систем является определение управляющих сигналов, позволяющих в течение заданного времени (в условиях ограничений) переводить объект из определенного начального состояния в конечное состояние при минимизации (максимизации) целевой функции.

В системах аperiodического управления динамическими объектами кусочно-постоянные квантованные по времени сигналы генерируются при наличии в контуре обратной связи цифровых регуляторов выхода и состояния.

Рассмотрим модель динамической системы в пространстве состояний

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t), \quad (1)$$

где: A — матрица состояния размерности $n \times n$, B — $(n \times 1)$ -матрица, $X(t)$ — вектор состояния.

При цифровом управлении вектор $U(t)$ изменяется ступенчато на границах интервалов дискретности (в моменты квантования сигналов), а непосредственно на интервалах имеет постоянные значения.

Из работ Калмана и Тоу известно, что в общем случае для перевода динамической системы (1) с помощью дискретных управлений из начального в конечное (например, нулевое) состояние требуется синтезировать n сигналов управления. С этой целью весь временной интервал N должен состоять из не менее чем n интервалов, на которых управления могут быть кусочно-постоянными функциями.

Рассмотрим способ синтеза управлений, обеспечивающих решение двухточечной граничной задачи (начальное условие — левая граница, конечное — правая), основанный на использовании матрицы Крылова. Для определенности положим, что (1) является систе-

мой с одним входом. При кусочно-постоянных сигналах управления, амплитуда которых изменяется в моменты квантования по времени с помощью квантователя, решение уравнения (1) при заданном векторе начальных условий $X(t_0)$ имеет вид

$$X(t_N) = W^N X(t_0) - Kr \cdot U, \quad (2)$$

где: $X(t_N)$ — вектор состояния объекта в момент t_N , Kr — матрица Крылова, W — матричный экспоненциал, U — вектор кусочно-постоянных управлений размерности $N \times 1$.

Матрица Крылова полного ранга размерности $n \times N$ имеет вид:

$$Kr = [W^{N-1} \quad W^{N-2} \quad \dots \quad W^1 \quad W^0] \cdot *H, \quad (3)$$

где: $W = e^{A\delta}$ и $H = (I - e^{A\delta}) \cdot A^{-1} \cdot B$, δ — шаг квантования, I — единичная n -матрица.

В формуле (3) знак $(*)$ означает выполнение операции поэлементного умножения на вектор-столбец H .

Согласно (2) на шаге N при $\delta = 1$, т. е. в момент $t = t_N$, вектор состояния $X(t_N)$ является функцией вектора начальных условий $X(t_0)$ и управлений $U = [U_0, U_1, \dots, U_{N-1}]^T$, приложенных к системе в моменты квантования. Для перевода динамического объекта из состояния $X(t_0)$ в состояние $X(t_N) \neq 0$ требуется получить вектор U с помощью соотношения

$$U = Kr^+ \cdot (X(t_N) - W^N \cdot X(t_0)). \quad (4)$$

Из (4) следует, что, если $N = n$, объект переводится из начального состояния в конечное за минимальное время. При этом квадратная матрица Крылова, имеющая полный ранг, должна инвертироваться. Если же $N > n$, переход осуществляется за N шагов по критерию минимума расхода энергии на управление [3]. Матрица Крылова становится прямоугольной, и для получения наилучшей оценки вектора управления U можно воспользоваться операцией псевдоинверсии Мура — Пенроуза.

Случай приведения объекта в начало координат является частным и получается из (4), если $X(t_N) = 0$. Если матрица A является особенной, то вычисление H следует производить путем численного интегрирования

$$H(t - t_0) = \int_{t_0}^t e^{A(t-\tau)} BU(\tau) d\tau \quad (5)$$

по переменной τ .

Соотношениями (1)–(5) представлен

алгоритм аperiodического управления динамическими объектами. Рассмотрим практическое применение полученного алгоритма на конкретных примерах.

Предположим, что объект управления описывается матричным дифференциальным уравнением третьего порядка [1]:

$$\begin{bmatrix} \frac{dX_1}{dt} \\ \frac{dX_2}{dt} \\ \frac{dX_3}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot U \quad (6)$$

с вектором начальных условий $X(0) = [-1 \ 1 \ 2]^T$. Обратим внимание на то, что матрица

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

является особенной. Для определенности примем $N = 5$. Нетрудно убедиться, что собствен-

ные значения A равны: $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = -1, \lambda_3 = -1$.

Возвращаясь к уравнению (2), мы видим, что первое слагаемое в правой части представляет собой переходный процесс, вызванный ненулевыми начальными условиями. Вторая составляющая есть реакция системы на сигнал управления U , изменяющийся в виде ступенчатой функции, полученный с помощью (4). Выберем $\delta = t_i - t_{i-1} = 1$. Тогда переходную матрицу H можно получить как реакцию (6) на единичный ступенчатый сигнал в момент $t = 1$ при нулевых начальных условиях [1]. В среде MatLAB эта операция выполняется с помощью функции матричного экспоненциала: $Dr = \text{expm}(A) = [1.0000 \ 0.6321 \ 0.2642; 0 \ 0.3679 \ 0.3679; 0 \ 0 \ 0.3679]$.

Формирование элементов матрицы Крылова при изменении N в среде MatLAB выполняется с помощью операции `gallery`. Матрица Крылова, входящая в (4), для динамического объекта (6) имеет следующие численные значения элементов:

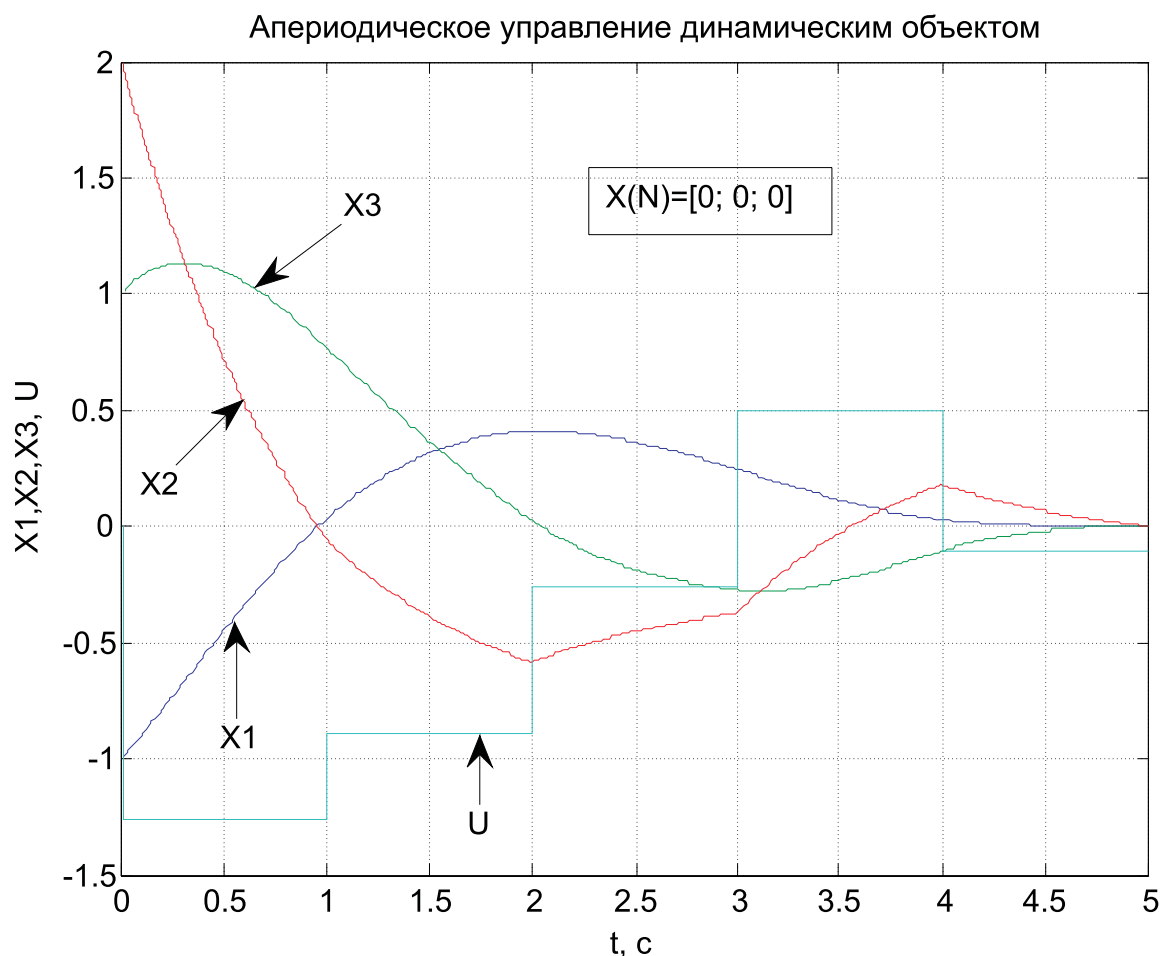


Рис. 1. Управление объектом с нулевой правой границей

$Kr = \begin{bmatrix} 0.9373 & 0.8610 & 0.7076 & 0.4377 & 0.1036; \\ 0.0512 & 0.1076 & 0.2069 & 0.3298 & 0.2642; \\ 0.0116 & 0.0315 & 0.0855 & 0.2325 & 0.6321 \end{bmatrix}$.

Оценка управления U на каждом шаге, полученная по формуле (4), представляется вектором

$U^T = [-1.2561 \quad -0.8893 \quad -0.2522 \quad 0.5022 \quad -0.1047]$.

По приведенным расчетным данным произведено построение переходного процесса при воздействии на объект вектора U^T . На рис. 1 представлен процесс перехода объекта за время $N = 5$ из начального состояния $X(t_0) = X(0) = [-1 \ 1 \ 2]^T$ в конечное состояние $X(t_N) = X(N) = [0 \ 0 \ 0]^T$.

Алгоритм, в структуре которого используется матрица Крылова, хорошо адаптируется к изменениям граничных условий и времени действия системы. Так, например, если требуется перевести тот же самый динамический объект из состояния $X(t_0) = X(0) = [2 \ 0.4 \ -1]^T$ в состояние

$X(t_N) = X(N) = [-1 \ 0 \ -0.5]^T$, на вход следует подать управления, представленные.

В результате получим переходный процесс (рис. 2) с графической интерпретацией траекторий переменных состояния, изменяющихся под действием аperiodических управлений во времени. Заметим, что на правой границе UI должен быть принят равным нулю. Ниже приведен фрагмент скрипт-файла sah727.m, предназначенного для вычислений аperiodических управлений прямоугольной формы.

% фрагмент файла sah727.m

% Применение матрицы Крылова для

% управления динамической системой

% по критерию минимума энергетических затрат

%=====

% Динамика системы

A = [0 1 0; 0 -1 1; 0 0 -1]; B = [0 0 1]';

N = 5;

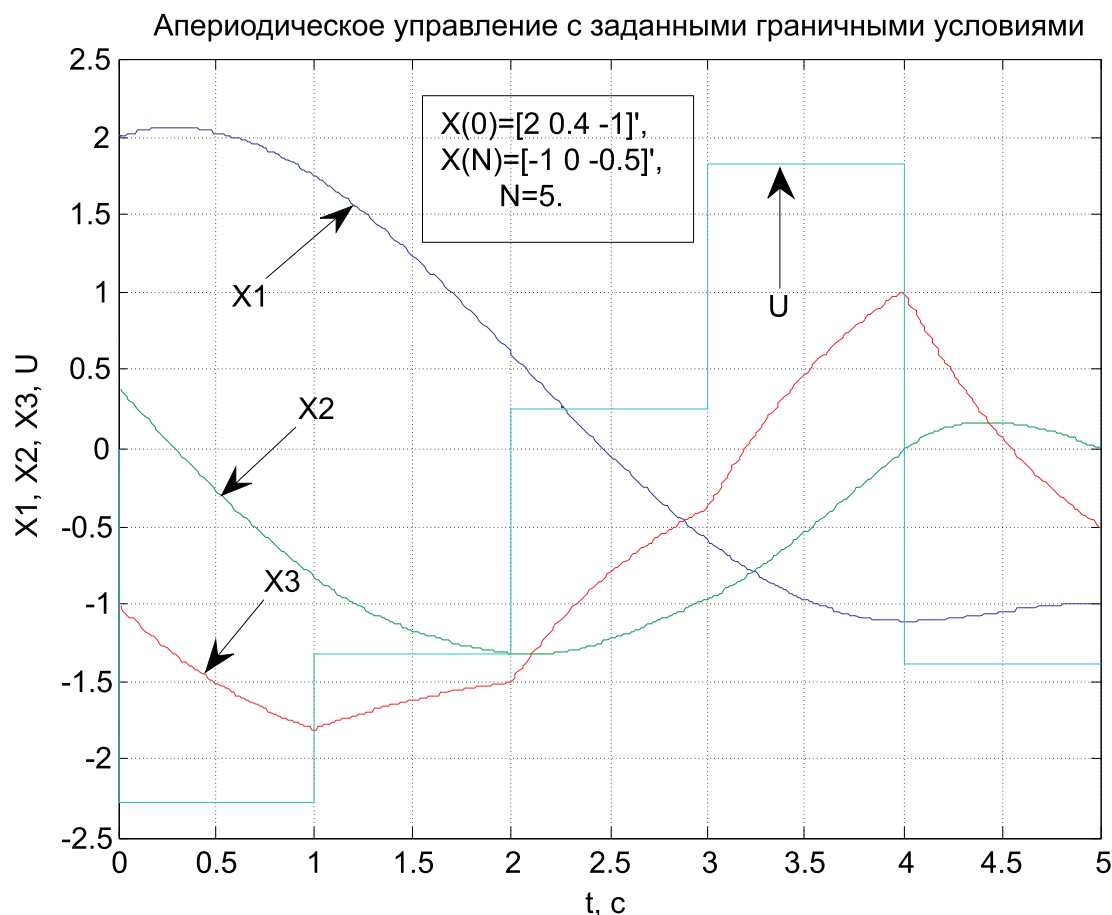


Рис. 2. Управление объектом при ненулевых граничных условиях вектором

$UI: UI = [-2.2775 \quad -1.3244 \quad 0.2583 \quad 1.8212 \quad -1.3776]$

```

C = eye(3); D = [0 0 0]';
% Начальные и конечные условия, число ша-
гов N:
x0 = [-1 1 2]'; xN = [0 0 0]'; N = 6;
% Выбор шага квантования:
delt = 1.0;
% Переход к системе в пространстве состо-
яний в терминах LTI:
sysl = ss(A, B, C, D);
% Переход к дискретной системе в про-
странстве состояний
sysd = c2d(sysl,delt,'zoh');
% Вывод матриц дискретной системы по
управлению 'zoh':
Ad = sysd.a; Bd = sysd.b;
Cd = sysd.c; Dd = sysd.d;
% МАТРИЦА КРЫЛОВА
Kr = gallery('krylov',Ad,Bd,N);
Kr = flipud(rot90(Kr,2));
KR = pinv(Kr);
% Оценка вектора управления дискретной си-
стемой с использованием % матрицы Крыло-
ва:
Dr = expm(A.*delt);
Z = Dr^(N)*x0;
U5 = KR*(xN-Z);
%=====
% Формирование векторов управления непре-
рывной системой:
U = [];

```

```

for i = 0:N-1;
    for t1 = 0:0.001:N;
        if (t1>=i)&(t1<i+1)
            u = U5(i+1);
            U = [U u];    end
        U;    end
    U;
end
u = [0 U];
% Моделирование и графические построения:
t1 = 0:0.001:N;
[x, t] = lsim(sysl, u, t1, x0);
plot(t1, x, t1, u), grid

```

Файл разделен на блоки и содержит комментарии, полностью отражающие последовательность операций по реализации алгоритма синтеза апериодических управлений, представленного соотношениями (1)–(4).

Алгоритм применим для синтеза апериодических управлений неустойчивыми объектами. Однако моделирование объектов и систем с матрицами состояния, содержащими большие положительные собственные значения, требует повышенной точности вычислений и компенсации влияния помех, приводящих к неустойчивости вычислительного процесса. Наилучший практический результат при моделировании может быть достигнут путем комбинации управления с обратной связью и апериодического управления.

Список литературы

1. Глуценко В. В., Сахаров В. В., Сумеркин Ю. В. Моделирование динамических систем и электрических цепей в среде MatLAB: Учебное пособие. — СПб.: СПГУВК, 1998. — 293 с.
2. Королев В. И., Сахаров В. В. Робастная система управления судном на курсе // Транспортное дело России. Спецвыпуск. Проблемы водного транспорта. — М., 2003. — С. 7–8.
3. Королев В. И., Лутков С. А., Сахаров В. В. Параметрическая идентификация и оптимальное управление макроэкономической системой // Транспортное дело России. Спецвыпуск. Проблемы водного транспорта. — М., 2003. С. 74–76.

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК:656.61.052: 621.396.6: 531.1

В. В. Каретников,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

А. А. Сикарев,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

Ю. Н. Андрюшечкин,
ассистент кафедры,
СПГУВК

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНЫХ ПОМЕХ НА ДАЛЬНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОМ КАНАЛЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

EFFECT OF INTERFERENCE ON THE TRANSMISSION RANGE OF CORRECTIVE DATA IN AN INFORMATION CHANNEL OF AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEMS

В статье рассматриваются вопросы передачи корректирующих данных в информационном канале и влияние взаимных помех на размеры зон и дальность действия автоматизированных идентификационных систем.

The article deals with the transfer of correcting the data in an information channel and the impact of interference on the zone sizes and range of automatic identification systems.

Ключевые слова: автоматизированная идентификационная система, базовая станция, судовой транспондер, информационный канал.

Key words: automatic identification system, base station, ship transponder, information channel.

В НАСТОЯЩЕЕ время у специалистов водного транспорта значительный интерес вызывает проблема определения топологии зоны действия автоматических информационных систем, работающих на внутренних водных путях при воздействии аддитивных помех.

Поэтому для ученых, занятых решением указанной проблемы, представляют значительный интерес вопросы, связанные с эффективностью функционирования автоматизированных информационных систем (АИС), которая в значительной степени зависит от комплексного воздействия на канал АИС трассы базовая станция (БС) — судовой транспондер (СТ) мультипликативных и аддитивных помех.

Среди таких помех имеют место шумы, взаимные помехи радиосредств, внеполосное излучение линий электропередачи и различных промышленных установок, различного рода моно- и полигармонические помехи и т. п.

В данной работе исследуются размеры зон и дальность действия АИС при комплексном воздействии шумов и сосредоточенных по спектру помех на трассе БС — СТ, в том числе взаимных и внеполосных помех. При этом будем считать, что БС «АИС-1» и «АИС-2» излучают в диапазоне ультракоротких волн (УКВ) частотно-манипулированные сигналы с непрерывающимся спектром.

Известно [1, 2], что максимальная дальность зоны действия БС АИС определяется соотношением

$$R_{\max} = \arg[P_{\text{ош}}(R_c)] = P_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где: $P_{\text{тр}} = 10^{-2} - 10^{-6}$ — требуемая вероятность ошибки при приеме цифровой двоичной единицы сообщения АИС; $P_{\text{ош}}(R_c)$ — вероятность ошибки приема в информационном канале АИС двоичной цифровой информации при расстоянии БС — СТ, равном R_c .

При воздействии указанных выше помех решение (1) может принимать следующие формы:

1. Незамирающий сигнал — незамирающая помеха [2]:

$$R_{\max} = \arg \left[\left\{ \frac{1}{2} \exp \left(-\frac{\chi}{2R_c^4} - \frac{\chi_{\text{п}} g_{\text{ор}}^2}{2R_{\text{п}}^4} \right) I_0 \left(\frac{\sqrt{\chi \chi_{\text{п}}}}{R_c^2 R_{\text{п}}^2} g_{\text{ор}} \right) + \frac{1}{2} \left(1 - Q \left(\frac{\sqrt{\chi}}{R_c^2}; \frac{\sqrt{\chi_{\text{п}}}}{R_{\text{п}}^2} \right) \right) \right\} \right] = P_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где $I_0(\cdot)$ — модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка.

$$Q(\alpha, \beta) = \int_{\beta}^{\infty} x \exp \left[-\frac{(x^2 + \alpha^2)}{2} \right] I_0(\alpha x) dx. \quad (3)$$

Выражение $Q(\beta, \alpha)$ является функцией Маркума:

$$\chi = \frac{P_u G_1 \eta_1 G_2 \eta_2 (h_1^2 + h_0^2)(h_2^2 + h_0^2)}{2P_{\text{пр min}}}, \quad (4)$$

$$\chi_{\text{п}} = \frac{P_{\text{ин}} G_{\text{п}} \eta_{\text{п}} G_2 \eta_2 (h_{\text{п}}^2 + h_0^2)(h_2^2 + h_0^2)}{2P_{\text{пр min}}}, \quad (5)$$

χ и $\chi_{\text{п}}$ — энергетические параметры сигнала и помехи, причем P_u и $P_{\text{ин}}$ — соответственно пе-

редатчика БС АИС и источника помехи (ИП); $P_{\text{пр min}}$ — чувствительность приемника судового транспондера АИС; h_1, h_2 и $h_{\text{п}}$ — высоты антенн БС, СТ и ИП; G_1, G_2 и $G_{\text{п}}$ — коэффициент направленного действия (КПД) антенн БС, СТ и ИП; η_1, η_2 и $\eta_{\text{п}}$ — соответственно КПД антенно-фидерных трактов БС, СТ и ИП; $R_{\text{п}}$ — расстояние между ИП и БС.

2. Незамирающий сигнал — помеха, замирающая по релеевскому закону распределения [2]:

$$P_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \exp \left[-\frac{\chi}{R_{\max}^4} \frac{1}{\left(2 + \frac{\chi_{\text{п}} g_{\text{ор}}^2}{R_{\text{п}}^4} \right)} \right], \quad r = 1; 2. \quad (6)$$

Из выражения (6) для нашего случая можно получить:

$$R_{\max} = \left[\frac{\chi}{|\ln 2 P_{\text{тр}}| \left(1 + \frac{\chi_{\text{п}} g_{\text{ор}}^2}{R_{\text{п}}^4} \right)} \right]^{1/4}. \quad (7)$$

При использовании выражения (7) для рассматриваемого случая можно построить семейство номограмм для разных соотношений P_u и $P_{\text{ин}}$ с учетом максимумов коэффициента взаимного различия $g_{\text{ор}}^2$, представленных в таблице.

Из рис. 1 видно, что при увеличении мощности передатчика БС (АИС-1) в шесть

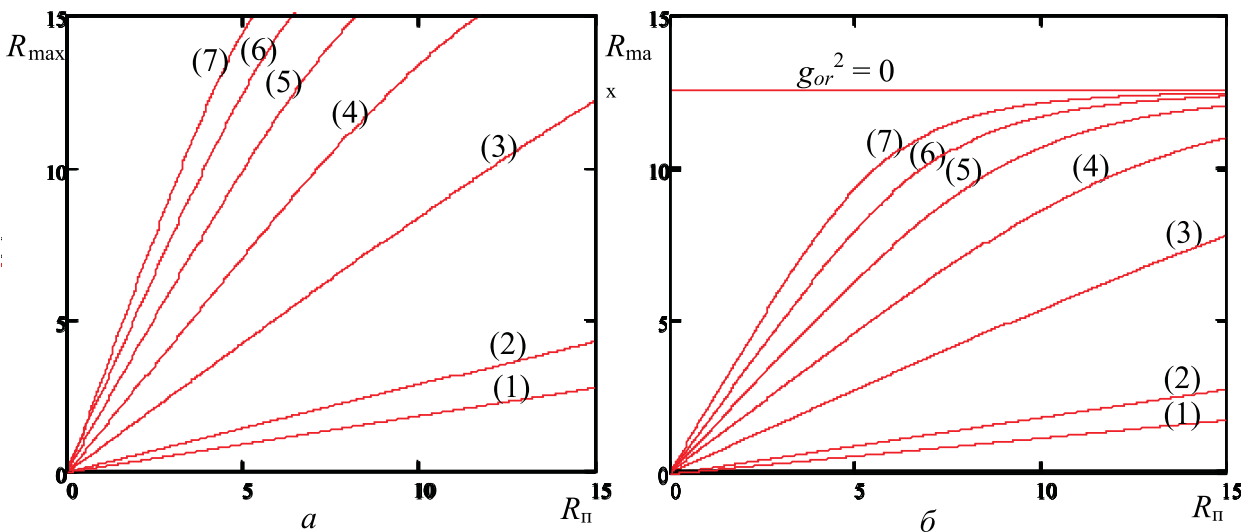


Рис. 1. Номограммы по (7) для различных максимумов $g_{\text{ор}}^2$:

а) $P_u = 12$ Вт, $P_{\text{ин}} = 2$ Вт; б) $P_u = P_{\text{ин}} = 2$ Вт

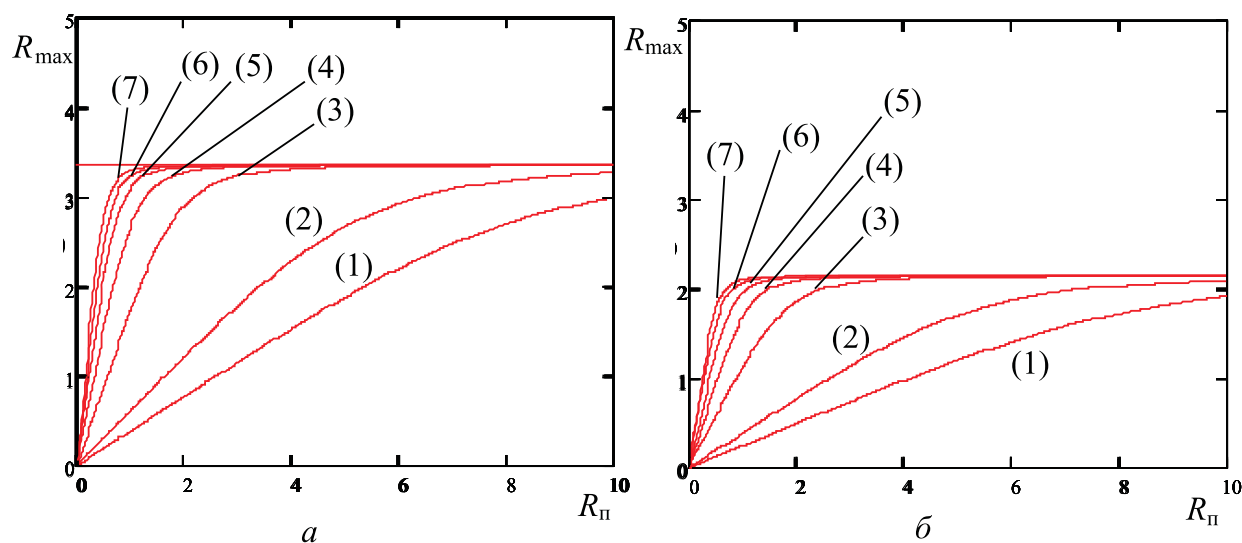


Рис. 2. Номограммы по (9) для различных максимумов g_{or}^2 :
а) для случая $P_u = 12$ Вт, $P_{ин} = 2$ Вт; б) $P_u = P_{ин} = 2$ Вт

раз и неизменной мощности передатчика помех (АИС-2) рабочая зона БС АИС-1 значительно увеличивается, как это и должно быть, причем в случае $g_{or}^2 = 0$ составляет 19,6 км.

Необходимо отметить, что выражение (7) является явным аналитическим решением относительно $R_{max} = R_{max}(g_{or}^2)$, а также оценкой сверху для случая (2).

Замирающий сигнал — помеха, замирающая по релейскому закону распределения [2]:

$$R_{max} = \arg \left\{ \frac{1}{2} \left[1 - \frac{\chi / R_c^4}{\chi / R_c^4 + 2} \exp \left(- \frac{\chi_n g_{or}^2 / R_n^4}{\chi / R_n^4 + 2} \right) \right] \right\} = P_{тр}. \quad (8)$$

Замирающий сигнал и замирающая по релейскому закону распределения помеха [2]:

$$R_{max} = \left[\frac{\chi}{\left(\frac{1}{2P_{тр}} - 1 \right) \left(2 + \frac{\chi_n g_{or}^2}{R_n^4} \right)} \right]^{1/4}. \quad (9)$$

Естественно, для рассматриваемого случая максимальная дальность действия АИС-1 при увеличении мощности передатчика и неизменной мощности передатчика источника помех возрастает (см. рис. 2). Здесь, как и в случае 2, выражение (9) представляет собой решение относительно $R_{max} = R_{max}(g_{or}^2)$ и, естественно, может служить и оценкой сверху для (8).

Выражения (7) и (9) обладают достаточной общностью, что позволяет их использовать для анализа влияния различных классов взаимных помех на R_{max} .

Список литературы

1. Петухов Ю. В., Сикарев И. А. Электромагнитная защищенность базовых станций речных АИС в условиях взаимных помех // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — СПб.: Издательство политехнического университета, 2008. — Вып. 2. — С. 115–119.
2. Сикарев А. А., Фалько А. И. Оптимальный прием дискретных сообщений. — М.: Связь, 1978. — 328 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СИТУАЦИОННОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЛАВАНИИ ПО ВНУТРЕННИМ ВОДНЫМ ПУТЯМAPPLICATION OF SITUATION SIMULATION WHILE ESTIMATION OF INLAND
WATERWAY NAVIGATION SAFETY

Настоящая статья посвящена обоснованию применения метода вероятностного моделирования для количественной и качественной оценки безопасности плавания по внутренним водным путям.

The present article is dedicated to stochastic simulation method of quantitative and qualitative estimation of inland waterway navigation safety.

Ключевые слова: навигационная безопасность плавания, метод ситуационного моделирования, байесовские сети.

Key words: navigational safety, situation simulation, Bayesian network.

В НАСТОЯЩЕЕ время методы количественной оценки безопасности плавания в стесненных условиях, на фарватерах и каналах основаны на применении математических моделей движения судна с учетом действия реальных гидрометеорологических факторов. Эти методы по своему характеру можно отнести к детерминированным методам, в которых использование математических моделей управляемого движения судов и баржевых составов позволяет полу-

чить точные численные значения параметров движения судна и необходимых управляющих воздействий при любых сочетаниях внешних условий.

В последующем информация по безопасности плавания представляется в виде допустимых ограничений на внешние воздействия на судно, при которых обеспечивается управление движением судна в заданной полосе. Одним из результатов численного моделирования может быть ограниченное множество допустимых векторов ветра, воздействующего на судно при плавании по затруднительному для судоходства участку (рис. 1).

К основным недостаткам метода математического моделирования можно отнести следующие:

- трудоемкость создания математических моделей района плавания и моделей судов;
- отсутствие единого критерия оценки безопасности плавания;
- ограничения, накладываемые визуальными моделями района плавания;
- трудность математического описания действий судоводителя при управлении судном.

Анализ современной литературы [1–4] показывает, что безопасность

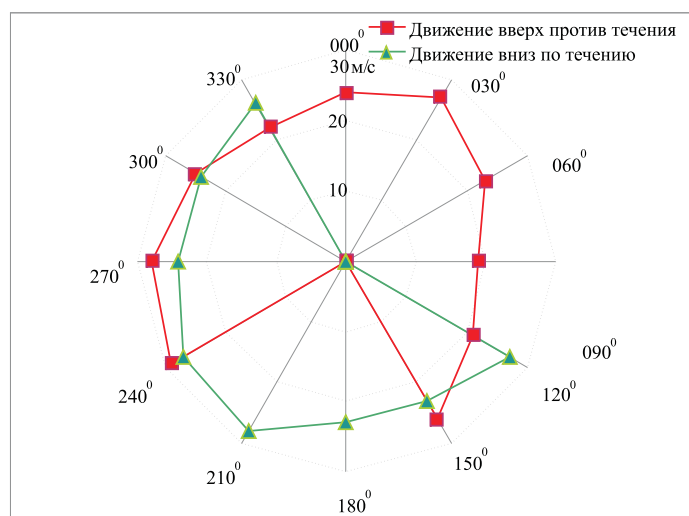


Рис. 1. Полярная диаграмма для оценки возможности прохода судна пр. 550А по Кошкинскому фарватеру в зависимости от направления и скорости ветра

плавания судов в речных условиях остается актуальной проблемой, несмотря на меры, предпринимаемые для ее совершенствования, среди которых можно отметить следующие:

- усиление государственного надзора за соблюдением существующих нормативных документов по безопасности плавания;
- проведение регулярных проверок знаний плавсостава;
- построение и усовершенствование систем мониторинга движения судов;
- осуществление комплексной тренажерной подготовки судоводителей;
- совершенствование системы навигационного оборудования участков ВВП.

Практика свидетельствует о том, что большая часть аварийности вызывается навигационными причинами и деятельностью лиц, управляющих судами [3].

При плавании по рекам деятельность судоводителя основывается не на применении инструментальных методов проводки судна, известных из навигации, а на использовании лоцманского метода, т. е. за счет применения качественных методов судовождения. Определяющая роль человеческого фактора, а также ограниченность систематизированных результатов исследования судов в речных условиях создают сложность при производстве оценки безопасности плавания.

Одним из перспективных направлений

количественного моделирования состояний сложных организационно-технических систем является применение байесовских сетевых моделей [5]. Практическое использование метода байесовских сетей предполагает:

- построение структурно-событийной модели рассматриваемой реальной системы;
- обоснование топологии и семантики полученной модели;
- выполнение вероятностного моделирования;
- анализ полученных результатов и выработка рекомендаций.

Модель системы судовождения можно представить в виде трех атомарных событий [6], отличающихся качественным образом:

- события, характеризующие особенности и техническое состояние судна, его систем и оборудования;
- события, отражающие периодические изменения НГУ и ГМУ района плавания;
- события, оценивающие деятельность судоводителя в процессе судовождения.

Детализированная модель процесса управления судном, учитывающая основные события, которые определяют специфику плавания по реке, представляет собой ориентированный граф (рис. 2).

Каждому событию, находящемуся в вершине графа, соответствует вероятность его появления. Значение вероятности может изменяться или оставаться постоянным.

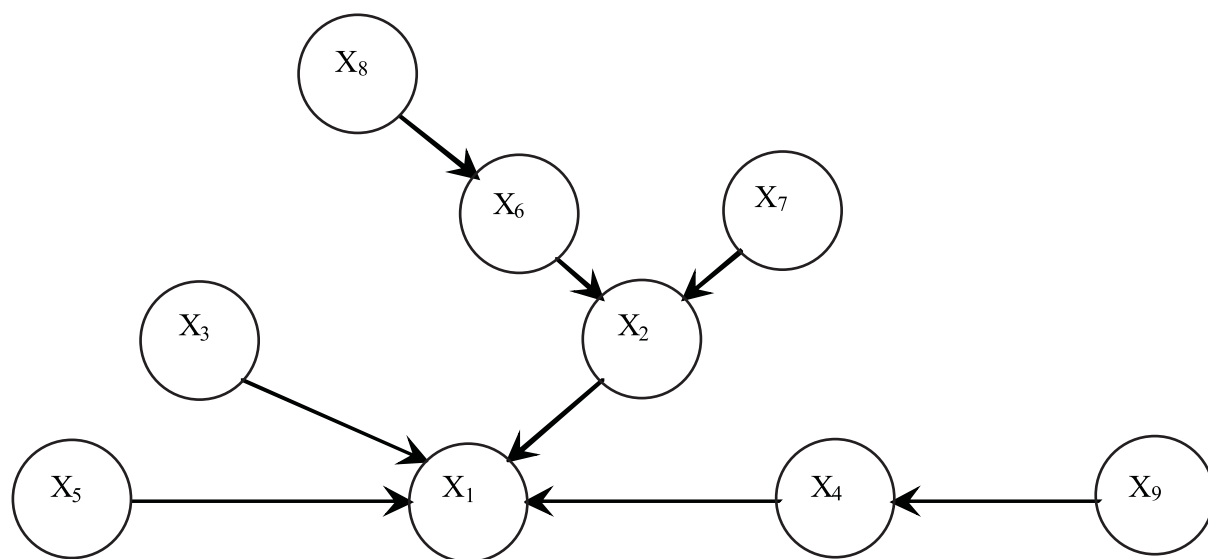


Рис. 2. Граф логико-вероятностной модели системы судовождения на ВВП

С учетом сказанного, граф байесовской сети судовождения на ВВП отражает следующие события:

X_1 — событие, определяющее способность вахтенного помощника удерживать судно на оси судового хода;

X_2 — событие, определяющее возможность вахтенного помощника определять место судна;

X_3 — событие, определяющее управляемость судна с учетом его технического состояния;

X_4 — событие, определяющее изменчивость маневренной полосы движения судна под влиянием гидрометеорологических факторов;

X_5 — событие, определяющее изменчивость габаритов судового хода по маршруту плавания;

X_6 — событие, характеризующее наличие визуальных полей элементов стационарного и плавучего ограждения системы навигационного оборудования района плавания;

X_7 — событие, характеризующее наличие систем радиолокационных ориентиров и совокупности полей отраженных РЛС-сигналов;

X_8 — событие, характеризующее повторяемость благоприятных условий видимости;

X_9 — событие, характеризующее изменчивость течений в районе плавания.

Сущность ситуационного анализа безопасности плавания по ВВП сводится к идентификации моделей навигационной безопасности в пространстве вероятностных событий и дальнейшему количественному анализу уровней навигационной безопасности.

На основе ситуационного метода анализа навигационных рисков можно получить вероятность безаварийного плавания и вероятность появления опасных навигационных ситуаций [5]. Таким образом, вероятность обеспечения навигационной безопасности плавания будет описываться выражением

$$P_{\text{НБ}} = P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 P_9, \quad (1)$$

где P_i $i=1 \div n$ — вероятности совершения соответствующих событий, включенных в граф логико-вероятностной модели судовождения по ВВП.

Общее выражение для навигационного риска при судовождении на ВВП, который проявляется в случае несовершения хотя бы одного из частных событий, примет вид

$$P_{\text{РИСКА}} = Q_9 + Q_4 P_9 + P_4 Q_7 P_9 + P_4 P_7 Q_8 P_9 + \\ + P_4 Q_6 P_7 P_8 P_9 + Q_2 P_4 P_6 P_7 P_8 P_9 + P_2 Q_3 P_4 P_6 P_7 P_8 P_9 + \\ + P_2 P_3 P_4 Q_5 P_6 P_7 P_8 P_9 + Q_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 P_9, \quad (2)$$

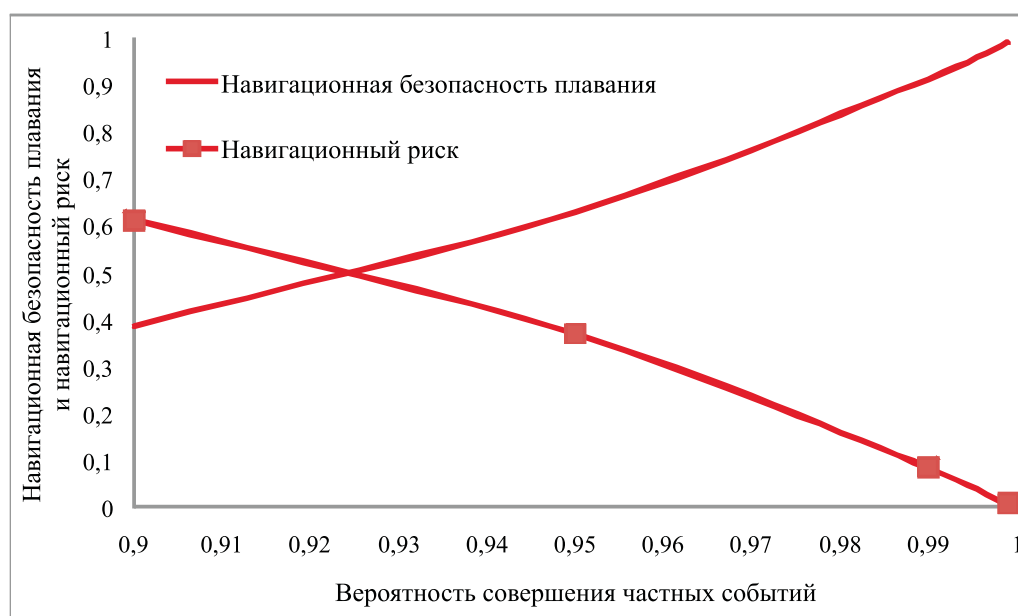


Рис. 3. Зависимость навигационной безопасности плавания и риска от вероятности совершения частных событий

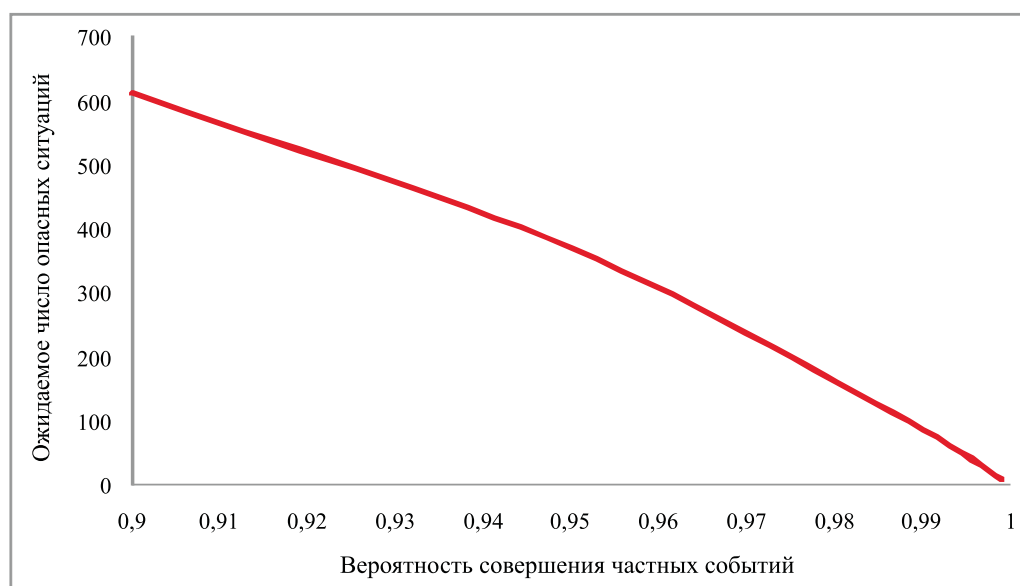


Рис. 4. Зависимость ожидаемого числа опасных ситуаций от вероятности совершения частных событий

где: P_i $i=1-n$ — вероятности совершения соответствующих событий;

$Q_i = 1 - P_i$ — вероятности совершения обратных событий.

Представляет научно-практический интерес получение количественных значений выражений (1) и (2). Для этого используется равнопараметрический метод численного анализа, при котором частные значения вероятностей появления событий, включенных в логико-вероятностный граф системы, принимают одинаковые значения.

Результаты вычислений по выражениям (1) и (2) приведены на рис. 3.

Помимо самих значений вероятностей появления опасных навигационных ситуаций рассматриваемый метод позволяет получить среднее значение числа опасных навигационных ситуаций (происшествий) для судопотока, например 1000 судов за летнюю навигацию (рис. 4).

Выводы:

1. Предложен ситуационный метод оценки навигационной безопасности плавания по ВВП, который позволил учесть основные свойства качественно-сложной организационно-технической системы судовождения на ВВП.

2. Полученные результаты моделирования показывают, что судоводитель должен решать задачи по оценке обстановки и управлению судном с вероятностью не хуже 0,99.

3. Система навигационного оборудования района плавания должна обеспечивать благоприятные условия для координирования судов с вероятностью не хуже 0,95.

4. При определении максимального значения уровня навигационного риска использовалась дизъюнктивная модель, определяющая уровни риска при несовершении хотя бы одного события, включенного в модель риска; вероятности возникновения опасных навигационных ситуаций существенны даже при низких значениях вероятностей обуславливающих их частных событий.

5. При равнопараметрическом способе задания частных вероятностей вклад каждого события будет определяться его положением в графе логико-вероятностной модели. Таким образом, равнопараметрический подход позволяет получить количественную оценку структуры рассматриваемой предметной области. Повышение достоверности результатов моделирования может быть достигнуто также обоснованием методики получения фактических численных оценок соответствующих вероятностей.

Список литературы

1. Давыденко А. Повышение безопасности судоходства в восточной части Финского залива и на реке Нева // Морской флот. — 2006. — № 5. — С. 4–7.
2. Костылев И. Состояние и перспективы развития тренажерной подготовки специалистов морского транспорта // Морской флот. — 2006. — № 6.
3. Безопасность судоходства: проблемы и пути их решения // Морской флот. — 2008. — № 4. — С. 26–31.
4. Зайков В. И., Колосов М. А. Повышение безопасности при движении судов под мостами // Транспорт Российской Федерации. — 2006. — № 5. — С. 39–40.
5. Некрасов С. Н., Прохоренков А. А. Ситуационный метод оценки навигационной безопасности плавания // Сборник докладов 57-й Международной молодежной научно-технической конференции «МОЛОДЕЖЬ — НАУКА — ИННОВАЦИИ», посвященной 200-летию транспортного образования в России, 25–26 ноября 2009 г.: в 2 т. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2009. — Т. 1. — 261 с.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход: Пер. с англ. — 2-е изд., М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1408 с.

УДК 629.5.031-52; 629.122

С. В. Рудых,
канд. техн. наук,
СПГУВК**СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ
ФЛОТОМ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ****THE BLOCK DIAGRAM AND FEATURES OF THE AUTOMATED CONTROL
SYSTEM OF TECHNICAL AND AUXILIARY FLEET ON INTERNAL WATERWAYS**

Целью настоящей работы является структурно-логический синтез типовой структуры автоматизированной системы управления техническим и вспомогательным флотом (АСУ ТВФ) на внутренних водных путях России и анализ особенностей сопряжения АСУ ТВФ в иерархической инфокоммуникационной триаде «КРИС — РИС — АСУ ДС».

The purpose of the present article is structurally-logic synthesis of typical structure of the automated control system of technical and auxiliary fleet on internal waterways of Russia and the analysis of features of its interface in hierarchical infocommunicational triad of «KRIS — RIS — ASM SM».

Ключевые слова: внутренние водные пути, автоматизированная система управления судами технического и вспомогательного флота (АСУ ТВФ), речная информационная служба (РИС), безопасность судоходства.

Key words: internal waterways, the automated control system of courts of technical and auxiliary fleet, river information system, safety of navigation.



СТРЕМЛЕНИЕ к интеграции российского транспорта в Европейскую систему водных путей привело к необходимости повышения уровня без-

опасности и эффективности транспортных сообщений.

Последнее десятилетие в сфере водного транспорта наблюдаются значительные из-

менения, направленные на улучшение транспортного процесса, развитие технических средств мониторинга судов и создание алгоритмов высокоэффективного управления движением судов транспортного флота. Перед сектором внутреннего водного транспорта была поставлена задача — связать структурные элементы транспортного процесса единой архитектурой, обеспечивающей определенную совместимость и эффективное взаимодействие. Для решения такой задачи одной из наиболее перспективных и конструктивных в настоящее время является триадно-иерархическая инфокоммуникационная технология управления, получившая название «КРИС — РИС — АСУ ДС» [1].

При решении этой сложной задачи внимание ученых и специалистов сферы информационных технологий и транспорта сосредоточилось на вопросах безопасности и управления транспортным флотом. Результатом концентрации внимания на транспортном флоте явилось то обстоятельство, что осталась неохваченной проблема улучшения мониторинга и управления техническим и вспомогательным флотом бассейновых органов государственного управления на внутреннем водном транспорте (БОГУ на ВВТ). Необходимо отметить, что решение такой проблемы является одной из важнейших составляющих в повышении уровня безопасности транспортного процесса на внутренних водных путях РФ, поскольку на БОГУ на ВВТ и находящийся в их оперативном управлении флот возложена задача обеспечения условий для безопасного и беспрепятственного плавания судов и составов на внутренних водных путях Российской Федерации.

На внутренних водных путях России безопасность судоходства обеспечивают 16 бассейновых государственных управлений, из которых 15 имеют статус федеральных государственных учреждений государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства (ФГУ ГБУВПиС) и одно имеет организационную форму государственного управления — федеральное государственное унитарное предприятие (ФГУП). Технический и вспомогательный флот государственных бассейновых управлений по состоянию

на 1 января 2008 г. составляет 2850 судов [2].

Не останавливаясь на вопросе необходимости обновления и модернизации флота, нужно отметить, что подразделения технического и вспомогательного флотов ГБУВПиС, в совокупности выполняя функцию обеспечения безопасности судоходства, каждое в отдельности решают свои индивидуальные задачи.

Рассмотрим самые основные задачи, решаемые техническим и вспомогательным флотами, и для наглядности проиллюстрируем их выполнение на рис. 1.

Основной задачей дноуглубительного флота является выполнение землечерпательных работ с целью обеспечения гарантированных габаритов судового хода на участках водного пути, подверженных заносимости. На рис. 1 цифрой 5 обозначен земкараван, выполняющий эксплуатационное землечерпание на правой кромке судового хода.

Основные задачи обстановочного флота — обслуживание знаков навигационного ограждения судового хода с целью обеспечения их исправности и нахождения на штатных местах согласно плану ограждения и проверка чистоты судового хода. На рис. 1 цифрой 1 обозначен обстановочный теплоход, осуществляющий проверку знаков навигационного ограждения, а 7 — обстановочный теплоход, осуществляющий производство тральных работ.

Основные задачи изыскательских партий, выполняемые с использованием промерных судов (цифра 5 на рис. 1), — это производство комплекса водных изысканий, включая гидрографические и гидрологические работы с целью определения глубин на водных путях, и контроль качества работ, выполняемых дноуглубительным флотом.

Основная задача дноочистительного флота — выполнение руслоочистительных работ, т. е. удаление естественных, искусственных и случайных подводных препятствий с судового хода, в том числе с производством водолазных работ. Дноочистительный снаряд, производящий работы на линии судового хода, обозначен на рис. 1 цифрой 6. Кроме того, плавучие краны дноочистительного флота осуществляют производство

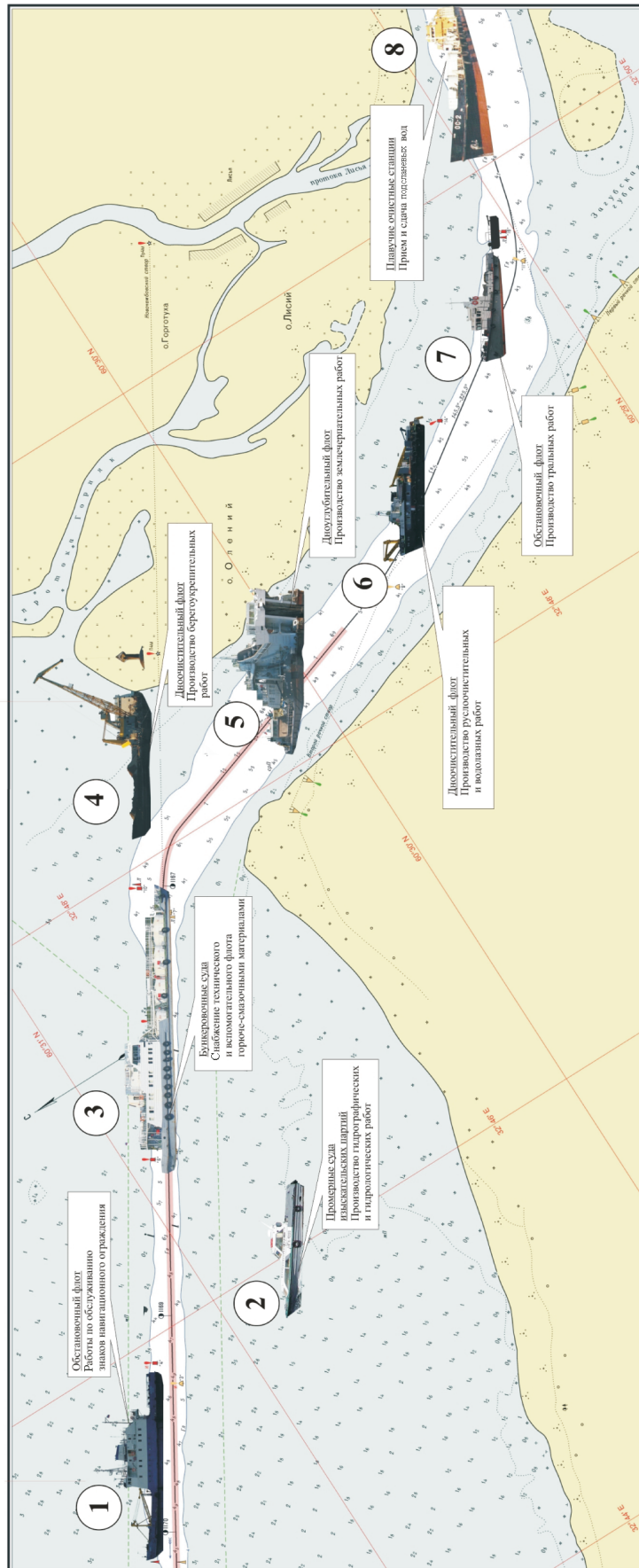


Рис. 1. Основные задачи подразделений технического и вспомогательного флота ГБУВПИС

берегоукрепительных и погрузо-разгрузочных работ (цифра 4 на рис. 1).

Основная задача бункеровочных судов (цифра 7 на рис. 1) — снабжение судов технического и вспомогательного флота горюче-смазочными материалами.

Основная задача плавучих очистных станций (цифра 8 на рис. 1) — осуществление приема подсланевых вод у судов технического и вспомогательного флота и их сдача на станции переработки отходов.

Для того чтобы не загромождать рисунок, не иллюстрировались задачи: буксирного флота — буксировка несамоходных плавсредств (брандвахты, шаланды, баржи, дебаркадеры и пр.); специальных судов-водолеев — снабжение технического и вспомогательного флотов питьевой водой; задачи, выполняемые судами аварийно-спасательных формирований ГБУВПиС; задачи лоцманских судов. А также локальные подзадачи, выполняемые отдельными судами земкараванов (работа мотозавозен по завозке и перекладке рабочих якорей земснарядов, работа грунтоотвозных шаланд и т. п.), и ряд второстепенных задач, не имеющих прямой связи с безопасностью судоходства.

Большое количество вышеуказанных разноплановых задач, поставленных перед техническим и вспомогательным флотами ГБУВПиС, значительная протяженность внутренних водных путей, а также наличие затруднительных для судоходства участков, требует совершенствования мониторинга и управления судами технического и вспомогательного флотов на основе инфокоммуникационных технологий. Создание автоматизированной системы управления судами технического и вспомогательного флота (АСУ ТВФ) позволит государственным бассейновым управлениям более эффективно руководить техническим и вспомогательным флотами. АСУ ТВФ гармонично дополнит иерархическую триаду «КРИС — РИС — АСУ ДС» и повысит безопасность как транспортного, так и технического и вспомогательного флотов на новый более высокий уровень.

При этом, по-видимому, наиболее оптимально рассматривать АСУ ТВФ в структуре иерархической триады «КРИС — РИС —

АСУ ДС» как подсистему Речной информационной службы, в одном ряду с автоматизированной системой управления движением судов (рис. 2).

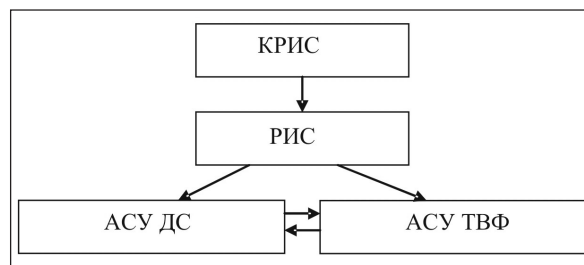


Рис. 2. Схема сопряжения АСУ ТВФ в структуре иерархической триады «КРИС — РИС — АСУ ДС»

Несмотря на то что структурная схема АСУ ТВФ основывается на обобщении опыта построения АСУ ДС, специфика решаемых техническим и вспомогательным флотом задач порождает ряд индивидуальных особенностей и отличает АСУ ТВФ от принятой канонической структуры АСУ ДС транспортного флота.

Рассмотрим типовую конфигурацию АСУ ТВФ, представленную на рис. 3.

Объектами АСУ являются суда технического и вспомогательного флота, причем в отдельный блок выделен обстановочный флот, хотя он является структурным подразделением технического флота.

Именно на работе обстановочного флота замыкаются все путевые работы, выполняемые на судоходных путях. Структурная схема АСУ ТВФ включает четыре основные системы:

- систему позиционирования, основанную на использовании радионавигационных полей GPS/ГЛОНАСС/GALILEO и их подсистем высокоточных дифференциальных поправок;

- систему мониторинга, предназначенную для получения полной информации об объектах АСУ ТВФ. Она состоит из подсистем УКВ-радиосвязи, РЛС-контроля, GSM — сотовой и транкинговой связи, видеонаблюдения и автоматизированных идентификационных систем (АИС);

- систему управления, представляющую собой координационный центр регули-

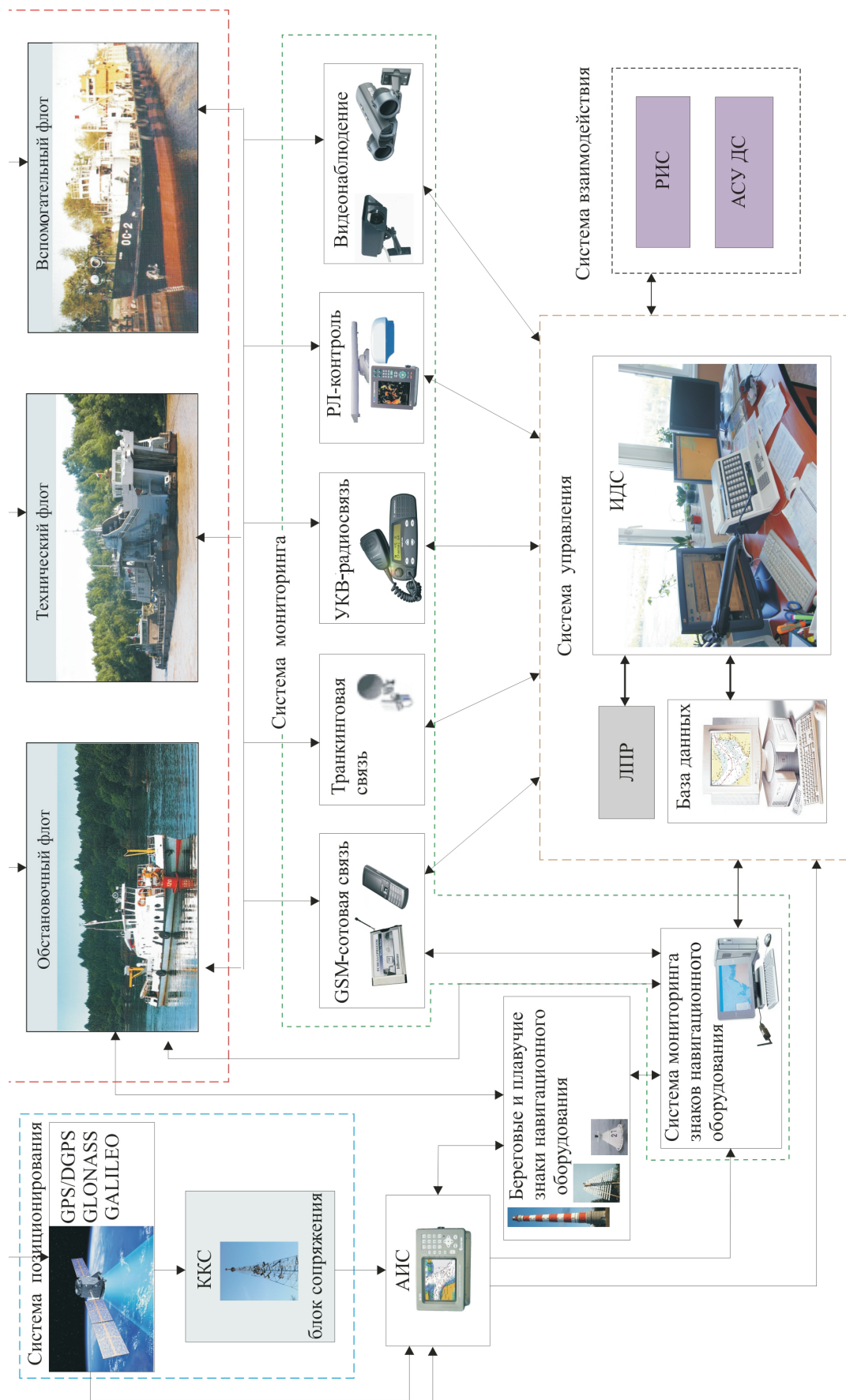


Рис. 3. Структурная схема АСУ ТВФ

рования работы АСУ ТВФ, который состоит из поста информационно-диспетчерской службы (ИДС), лица, принимающего решения (ЛПР), и базы данных;

— систему взаимодействия с АСУ ДС и РИС с использованием оперативной громкоговорящей связи, телефонной и факсимильной связи, электронно-картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС).

В структурной схеме АСУ ТВФ необходимо выделить немаловажную с точки зрения

повышения уровня безопасности цепочку: система мониторинга знаков навигационного оборудования — береговые и плавучие знаки навигационного оборудования — обстановочный флот, которая при использовании АИС и дифференциальных подсистем ДГЛОНАСС/DGPS позволит непрерывно отслеживать положение знаков навигационного оборудования и в случае необходимости оперативно восстанавливать поврежденные или смещенные СНО.

Список литературы

1. Петухов Ю. В. Информационное и математическое обеспечение построения береговой сети автоматизированных идентификационных систем для мониторинга и управления судоходством на внутренних водных путях ЕГС европейской части России: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — СПб.: СПГУВК, 2008. — 20 с.
2. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 20 мая 2008 г. № 377.

УДК 681.3.07:656.6

А. П. Нырков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

П. В. Викулин,
СПГУВК

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ, ИДУЩИХ ПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ КУРСАМИ

ALGORITHM OF MANAGEMENT OF THE SHIPS MOVEMENT, WHEN ITS COURSES INTERSECT

В статье рассматривается процесс расхождения судов, идущих пересекающимися курсами. Определяются параметры движения судна для построения траектории относительного движения при выполнении маневра расхождения. Предлагается использовать разработанный алгоритм для построения траектории движения.

The article discusses the process of divergence of ships when the courses of ships intersect. The parameters of the ship's movement at construction of the trajectory of relative movement to perform maneuver discrepancies are determined. The author suggests using the algorithm developed to construct the ship trajectory.

Ключевые слова: АИС, контрольная точка, дистанция кратчайшего сближения, маневр расхождения, параметры движения судна, алгоритм автоматизированного управления.

Key words: AIS, the control point, distance of closest approach, maneuver of discrepancies, parameters of the vessel, algorithm for automated control.

В МИРОВОЙ практике особый интерес для исследования представляет решение задачи построения траектории относительного движения в соответствии с инерцией и криволинейным движением судна. Применение математических методов, прямо рассчитанных на безопасность судоходства, в частности оценки опасности сближения дистанции до точки кратчайшего сближения, позволит моделировать процесс построения траектории движения судов, идущих пересекающимися курсами, во избежание столкновений.

В соответствии с Правилем 15 МППСС судно, обязанное уступить дорогу, может прибегнуть к изменению курса и скорости (курса или скорости). Для этого изменяют курс вправо на величину, превышающую значение пеленга P на кормовую оконечность другого судна. Этим курсом следуют до прохода судна, пользующегося преимуществом при расхождении, за траверз, затем ложатся на первоначальный курс. Величина отворота от пеленга на другое судно определяется значением курсового угла на него, дистанцией расхождения и отношением скоростей расходящихся судов.

Уменьшение скорости должно быть выполнено на величину не менее 1–2 ступеней хода. В этом случае попытку судна, обязанного уступить дорогу, пройти по носу другого судна на дистанции менее 20 кабельтовых следует считать опасным действием, которое может явиться причиной столкновения. В свою очередь судно, пользующееся преимуществом при расхождении, должно по возможности сохранять первоначальные курс и скорость, контролируя, насколько своевременно и четко другое судно выполняет предписанные ему действия [1].

Характерными признаками успешного выполнения маневра при расхождении судов, следующих пересекающимися курсами, являются быстрое изменение пеленга на корму и уве-

личение дистанции между судами.

Использование современных систем информационного сопровождения, таких как автоматическая идентификационная система (АИС), позволит изменить представление процесса прокладки траекторий при расхождении судов.

Имея четкое представление о координатах, скорости и времени движения судна, можно с большой точностью построить линии относительного движения и указать точку пересечения судов, время и дистанцию до пересечения. Используя данные о габаритах судна, передаваемые АИС в качестве судоходной информации, можно определить расчетным путем дистанцию безопасного движения судна D_{sec} . Она и будет определять условие безопасного расхождения судна.

На рис. 1 точка пересечения движения судов обозначена как O . Суда, идущие пересекающимися курсами, — A и B . Дистанции пересечения курсов — AO и BO делятся на равные участки, определяемые периодом времени t , в течение которого поступают координаты движения. Используя в качестве отправных точек скорость движения судна, текущие координаты и период времени, мы проклады-

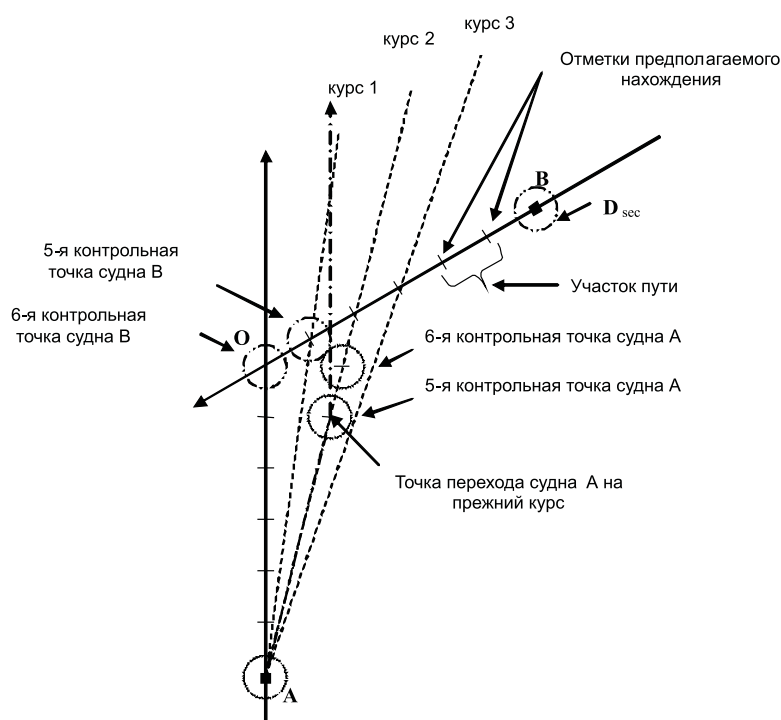


Рис. 1. Переход судна на первоначальный курс

ваем линии относительного движения судов с временными отметками участков пути для определения предполагаемого нахождения судов.

Для определения траектории расхождения осуществляется расчет нового курса вправо для каждой величины пеленга на судно **B**, равной точке предполагаемого нахождения (рис. 1). Для каждого нового курса судна **A** в точках предполагаемого нахождения рассчитывают дистанцию безопасного движения судна D_{sec} и сравнивают с аналогичной дистанцией судна **B**. В качестве результата сравнения используется кратчайшее расстояние между дистанциями безопасного движения двух судов. Например, D_{sec} при положении

судна **B** в контрольной точке № 5 сравнивается с D_{sec} при положении судна **A** в контрольной точке № 5. Сравнение происходит для каждой контрольной точки. В результате мы получаем величину кратчайшего расстояния между дистанциями безопасного движения двух судов для каждого курса и на основе вычисления наименьшего выбираем новый курс судна. Этим курсом следуют до контрольной точки, в которой и было зафиксировано наименьшее значение, затем ложатся на первоначальный курс.

На рис 2 схематично показана точка **C**, в которой и осуществляется переход на первоначальный курс. Путем вычислений величина кратчайшего расстояния была определена в

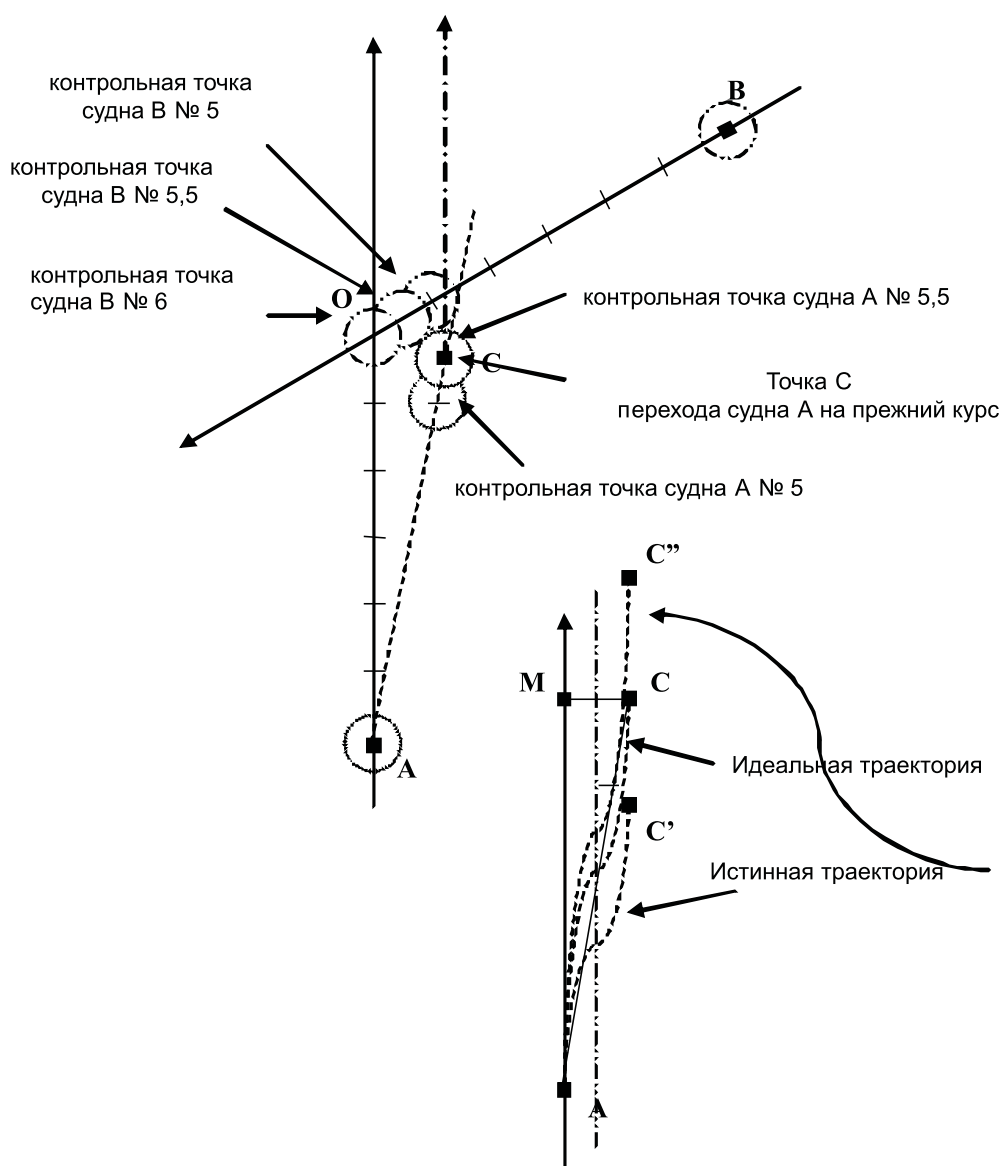


Рис. 2. Точка перехода на первоначальный курс

контрольной точке № 5,5; именно здесь и выполняется переход.

При переходе на новый курс движение судна осуществляется с отклоненным рулем по криволинейной траектории, которая называется циркуляцией судна. Циркуляцией также называют траекторию, описываемую центром тяжести судна при движении с отклоненным на постоянный угол рулем. На движение судна также оказывают влияние инерция судна, скорость движения, волнение, сила ветра, присоединенная масса воды, угловая скорость и т. д. Все эти факторы и будут определять траекторию движения.

Для построения относительной траектории движения судна мы будем использовать значения маневренных и инерционных характеристик судна, в результате чего применим идеальную траекторию движения, которая будет описывать путь АС (рис. 2).

Так как из-за воздействия на судно различных сил траектория относительного движения и дистанция АС будут изменяться (например, АС' и АС''), то для безопасного расхождения необходимо определить дистанцию АС и траекторию относительного движения.

Задачу определения элементов криволинейного движения судна можно рассмотреть как плоскую задачу динамики.

Для описания криволинейного движения вводим две системы координат — неподвижную $X_0O_0Y_0$ и подвижную XGY , которая жестко связана с судном (см. рис. 3). Направление осей неподвижной системы координат выбирается таким образом, чтобы в начальный момент она совпадала с подвижной [2].

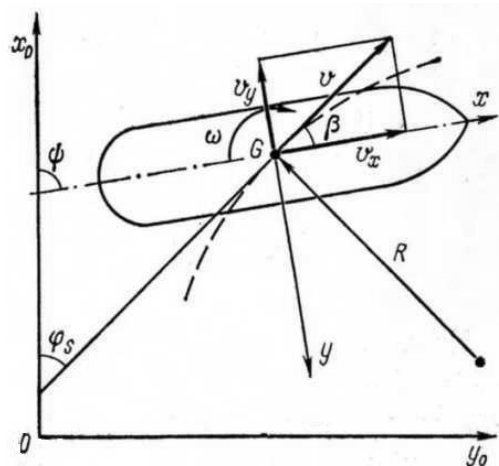


Рис. 3. Параметры криволинейного движения судна

Угол, образуемый пересечением оси X_0 с диаметральной плоскостью Ψ , называется углом курса судна. Угол β называется центральным углом дрейфа и измеряется между мгновенным вектором скорости центра тяжести судна и диаметральной плоскостью. Угол ϕ называется углом скорости, он измеряется между вектором скорости и осью X_0 .

Движение судна задано проекциями скорости центра тяжести судна на подвижные оси, угловой скоростью и системой кинематических параметров — модулем скорости центра тяжести судна $|V|$, углом дрейфа β и угловой скоростью Ω . Обе системы связаны между собой следующими соотношениями [2]:

$$\begin{aligned} V_x &= V \cos \beta, & V_y &= V \sin \beta \\ \operatorname{tg} \beta &= -\frac{V_y}{V_x}, & |V| &= \sqrt{V_x^2 + V_y^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Если в результате натурного эксперимента или расчета нам известны кинематические параметры криволинейного движения судна и их изменение во времени, то можно получить положение судна в плане на любой произвольный момент времени. Координаты судна в неподвижной системе координат определяются следующими соотношениями:

$$V_{X0} = \frac{dX_0}{dt} = V \cos \phi, \quad V_{Y0} = \frac{dY_0}{dt} = V \sin \phi; \quad (2)$$

$$X_0 = \int_0^t V \cos \phi \, dt, \quad Y_0 = \int_0^t V \sin \phi \, dt; \quad (3)$$

$$\text{Так как } \Omega = \frac{d\psi}{dt}, \text{ то } \psi = \int_0^t \Omega \, dt. \quad (4)$$

Используя вышеприведенные соотношения, можно построить траекторию движения судна и определить направление его диаметральной плоскости.

При криволинейном движении угол скорости ϕ изменяется в зависимости от угловой скорости судна Ω .

Для расчета и вычисления маневра при расхождении судов, следующих пересекающимися курсами, необходимо реализовать математическую модель движения судов по вычисляемым траекториям согласно заданному маршруту движения. В процессе реализации составляется система уравнений, позволяющая рассчитать траектории движения судов.

Отличительная особенность предлагаемой модели заключается в том, что в качестве источника информации о кинематических параметрах движения судов используется АИС, которая позволяет передавать и принимать необходимые для вычисления данные о координатах, скорости и скорости поворота судна.

Таким образом, расхождение судов на участке движения в этой системе определяется выражениями:

$$\begin{aligned} X_A &= \int_0^t V_A \cos \varphi_A dt & Y_A &= \int_0^t V_A \sin \varphi_A dt \\ \Psi_A &= \int_0^t \Omega_A dt & D_{SECA} & \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} X_B &= \int_0^t V_B \cos \varphi_B dt & Y_B &= \int_0^t V_B \sin \varphi_B dt \\ \Psi_B &= \int_0^t \Omega_B dt & D_{SECB} & \end{aligned} \quad (6)$$

где: X_A, Y_A — координаты местоположения судна **A**; V_A — скорость судна **A**; φ_A — угол скорости судна **A**; Ψ_A — угол курса судна **A**; Ω_A — угловая скорость судна **A**; X_B, Y_B — координаты местоположения судна **B**; V_B — скорость судна **B**; φ_B — угол скорости судна **B**; Ψ_B — угол курса судна **B**; Ω_B — угловая скорость судна **B**.

При определении местоположения судна в неподвижной системе координат происходит отклонение от заданного маршрута при появлении смещения от первоначального курса. Одновременно с вычислением координат производится вычисление расхождения судов при использовании дистанции безопасного движения судна D_{sec} .

Алгоритм построения траектории относительного движения для выполнения маневра расхождения судов, идущих пересекающимися курсами, в заданной дистанции при изменении курса показан на рис. 4. Он осуществляется в следующей последовательности.

Последовательность действий при выполнении алгоритма построения траектории относительного движения

Получение данных с датчиков и АИС	В результате работы АИС происходит получение навигационных данных от других участников движения, а также получение данных с датчиков, установленных на судне
Определение точки пересечения	Для судов, которые следуют с неизменными курсом, угловой скоростью и скоростью движения, выполняется расчет точки пересечения траекторий движения судов
Определение контрольных точек движения судов	По временным отрезкам определяются и устанавливаются значения контрольных точек
Вычисление нового курса	Происходит вычисление нового курса судна относительно контрольной точки
Определение положения судов по значениям контрольных точек при прохождении дистанции	Выполняется определение положений судов по значениям контрольных точек при прохождении дистанции
Построение D_{sec} для положений судов по значениям контрольных точек	Выполняется построение D_{sec} в виде окружности для определения безопасного движения судна
Расчет расстояния между D_{sec} двух судов	Выполняется расчет расстояния между D_{sec} двух судов для обеспечения выполнения маневра расхождения
Расчет траектории движения и выполнение маневра	По полученным параметрам движения происходит построение траектории движения судна и выполняется маневр расхождения

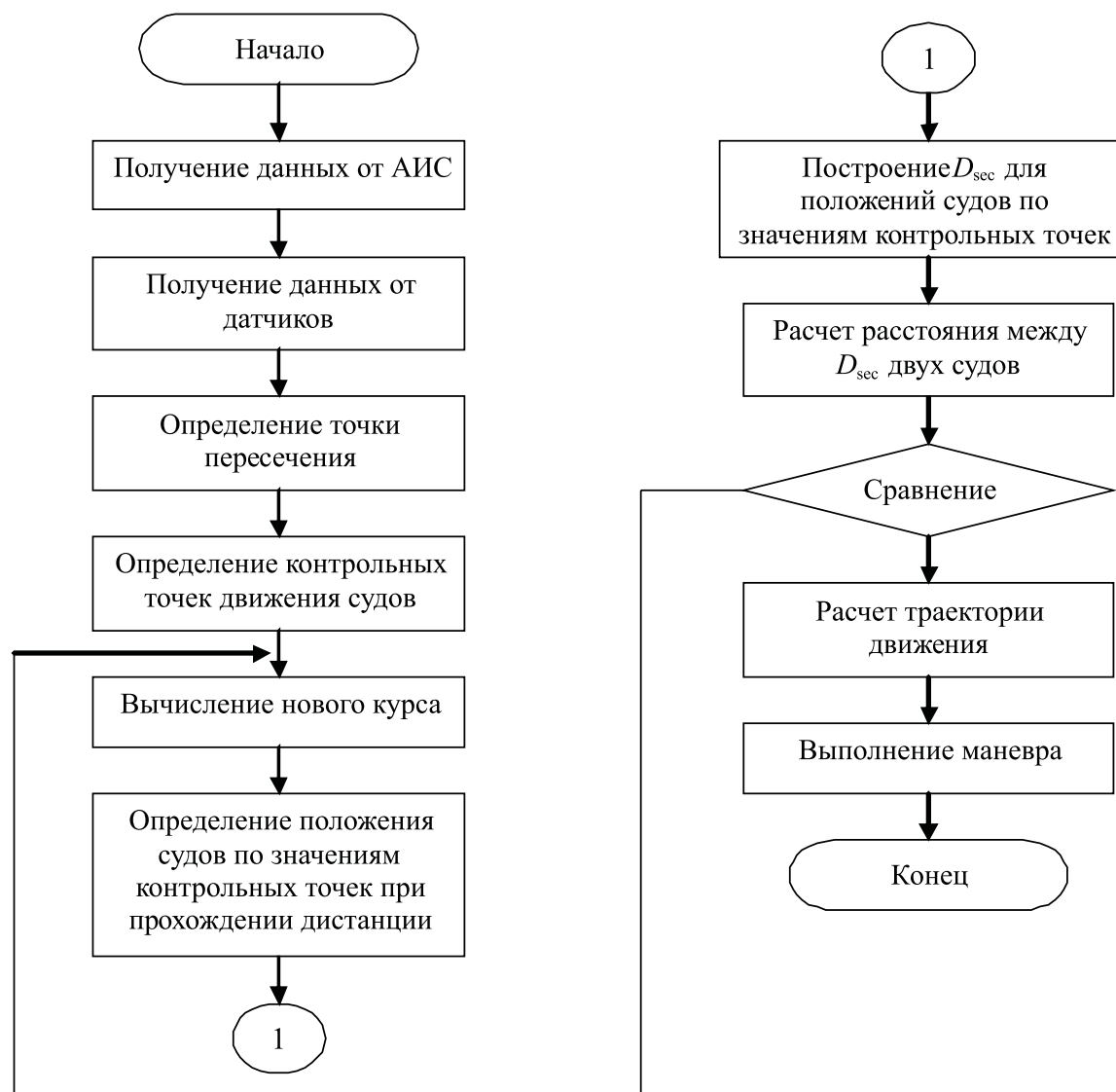


Рис. 4. Алгоритм построения траектории относительного движения

Список литературы

1. Смирнов Н. Г. Теория и устройство судна: Учебник для речных училищ и техникумов. — М.: Транспорт, 1992. — 248 с.
2. Антонов В. А., Письменный М. Н. Теоретические основы управления судном. — М.: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2007.

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПЛАВАНИИ ПО ВНУТРЕННИМ ВОДНЫМ ПУТЯМCOMBINED SIMULATION WHILE ESTIMATION OF INLAND WATERWAY
NAVIGATION SAFETY

Настоящая статья посвящена обоснованию применения комбинированного метода моделирования для количественной и качественной оценки безопасности плавания по внутренним водным путям. Данный метод есть синтез методов, успешно использующихся при оценке навигационной безопасности плавания, — метода математического моделирования управляемого движения судов и метода ситуационного моделирования на основании байесовских сетей.

The present article is dedicated to combined method of quantitative and qualitative estimation of inland waterway navigation safety. The method is based on synthesis of mathematical model method and method of Bayesian stochastic simulation. These methods have already been successfully applied in navigation safety estimation.

Ключевые слова: комбинированный метод оценки навигационной безопасности плавания, математическое моделирование управляемого движения судов и составов, метод ситуационного моделирования, байесовские сети.

Key words: combined method of navigational safety estimation, mathematical model of ships motion, situation simulation, Bayesian networks.



БЕСПЕЧЕНИЕ навигационной безопасности плавания является одной из основных задач судовождения.

Непосредственно решение задач обеспечения навигационной безопасности связано с оценкой уровней навигационных рисков и принятием решения на использование ресурсов, парирующих навигационные риски. В море это означает выбор оптимальных схем маневрирования с точки зрения максимального удаления от статических и динамических опасностей.

Навигационная безопасность плавания есть качественная характеристика сложной организационно-технической системы судовождения, которая включает большое количество связанных между собой подсистем: судно, навигационно-гидрографические и гидрометеорологические условия, судоводителей, управляющих судами и т. п.

Для исчерпывающей оценки уровня навигационной безопасности плавания необхо-

димо найти такие способы, которые бы учитывали основные свойства организационно-технической системы судовождения с учетом многообразия связей между отдельными элементами этой системы. По своему характеру свойства системы судовождения могут быть детерминированными или стохастическими.

Если рассматривать детерминированный характер элементов системы судовождения, то оценка уровня навигационной безопасности плавания производится методами теории систем. При этом используются математические модели движения судов, в которых учитывается совокупность всех гидродинамических и механических сил, воздействующих на судно [1].

В наиболее общем виде модель управляемого движения судна представляется системой нелинейных дифференциальных уравнений вида

$$\dot{X}(t) = F(X, t)X(t) + W(X, t)V(t) + B(X, t)U(t),$$

где: $\dot{X}$ — вектор линейных и угловых ускорений судна;

$F(X, t)$ — матрица системы, включающая гидродинамические коэффициенты данного типа судна, гидродинамические силы, силы тяжести и моменты, приложенные к судну, аэродинамические силы и их моменты;

$W(X, t)$ — матрица случайных возмущений, воздействующих на надводную и подводную части судна;

$B(X, t)$ — матрицы управления;

$X(t)$ — вектор состояний, включающий вектор линейной и угловой скорости;

$V(t)$ — вектор случайных возмущений, влияющих на судно;

$U(t)$ — вектор управления.

Этот подход хорошо зарекомендовал себя при оценке безопасного прохода по морским каналам и подходным путям портов [2]. Однако следует признать, что рассматриваемый подход по своей сути является детерминированным, потому что случайные возмущающие факторы в каждом цикле моделирования рассматриваются как детерминированные, а с последующим циклом изменяются. Кроме того, в рамках классической теории систем затруднительно адекватно описать модель управления судна судоводителем, которая включает этап оценки обоснованности принятия решения на маневр, исполнение и контроль исполнения маневра с учетом возможных неопределенностей.

Существенные сложности могут возникать при описании свойств надежности и безотказности технических систем, изменчивости гидродинамических факторов (ветра, волнения, течения, видимости и т. п.) в данной системе уравнений.

Другим современным аналитическим подходом к описанию поведения качественно сложной организационно-технической системы является представление этой системы байесовской сетью.

Байесовская модель судовождения представляет собой ориентированный граф специального вида, в котором вершины графа — основные характерные события, отражающие проявление закономерных свойств качественно сложной системы судовождения:

состояние системы навигационно-гидрографических условий, гидрометеорологические условия, способность судоводителя оценивать навигационную обстановку и принимать решения и т. п.

Ребра графа байесовской модели представляют собой логические связи между событиями в виде конъюнкций, дизъюнкций и инверсий.

Декомпозиция событий, включенных в граф, должна производиться до глубины статистической независимости их между собой. Использование основных правил булевой алгебры логики позволяет получить логическое уравнение совершения головного, а в принципе и любого события байесовской модели системы судовождения:

$$y_i = i \cdot \left(\& \tilde{y}_k \right) \cdot \left(\vee \tilde{y}_\partial \right), \quad (2)$$

Здесь: i — число вершин графа;

$\& y_k, k_i \in \Phi_i$ — конъюнктивная группа

условий;

$\vee \tilde{y}_\partial$ — дизъюнктивная группа усло-

вий.

Переход от логического уравнения функционирования качественно сложной системы судовождения к вероятностной функции обеспечивается использованием аксиом Колмогорова. Например, вероятность появления сложной навигационной ситуации для типовой байесовской модели судовождения имеет вид [3]

$$\begin{aligned} P_{14} = & (1 - P_8)P_9(1 - P_{10})(1 - P_{11})(1 - P_{12}) \\ & P_{13}P_{14} + P_1(1 - P_2)(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_{14} + (1 - P_8) \\ & P_{10}(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} + P_2(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_{14} + \\ & (1 - P_8)P_{11}(1 - P_{12})P_{13}P_{14} + P_3P_4(1 - P_8)P_{14} + (1 - P_8) \\ & P_{12}P_{13}P_{14} + P_8P_{14} - P_3P_4(1 - P_8)P_{12}P_{13}P_{14} - P_3P_4(1 - \\ & P_8)P_{11}(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_2(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_{11}(1 - P_{12}) \\ & P_{13}P_{14} - P_2(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_{12}P_{13}P_{14} - P_2(1 - P_3) \\ & P_4(1 - P_8)P_{10}(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_3P_4(1 - P_8) \\ & P_{10}(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_1(1 - P_2)(1 - P_3)P_4(1 - \\ & P_8)P_{10}(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_1(1 - P_2)(1 - P_3) \\ & P_4(1 - P_8)P_{11}(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_1(1 - P_2)(1 - P_3)P_4(1 - \\ & P_8)P_{12}P_{13}P_{14} - P_1(1 - P_2)(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_9(1 - P_{10}) \\ & (1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_2(1 - P_3)P_4(1 - P_8)P_9(1 - \\ & P_{10})(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14} - P_3P_4(1 - P_8)P_9(1 - P_{10}) \\ & P_9(1 - P_{11})(1 - P_{12})P_{13}P_{14}, \end{aligned}$$

где: P_4 — вероятность совершения сложного события, характеризующего навигационно-гидрографические условия района плавания (P_1, P_2, P_3 — вероятности появления частных событий);

P_8 — вероятность совершения сложного события, характеризующего гидрометеорологические условия района плавания (P_5, P_6, P_7 — вероятности появления соответствующих частных событий);

P_{13} — вероятность совершения сложного события, характеризующего техническое состояние судна как сложной системы ($P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$ — вероятности появления частных событий);

P_{14} — вероятность возникновения ситуации, обусловленной влиянием факторов, не зависящих от судоводителя.

Количественная оценка уровней навигационного риска возможна, если известны статистические законы совершения основных событий, включенных в байесовскую модель судовождения, которые могут быть получены по результатам эксплуатации судов или с помощью специальных экспериментов на навигационных тренажерах.

Помимо получения аналитических выражений и количественных величин уровней навигационных рисков, что является достаточно важным результатом в теории без-

опасности судовождения, стохастические байесовские модели судовождения являются основой для обоснования рационального использования ресурсов в интересах управления навигационными рисками. Это реализуется путем анализа системной значимости отдельных событий в обобщенном навигационном риске:

$$\mathfrak{I}_i \{Y\} = \frac{\partial P \{Y\}}{\partial P_i}. \quad (3)$$

Ситуационный подход с использованием байесовских моделей судовождения отражает стохастический характер многих факторов, влияющих на эффективность решения задач судовождения, и позволяет оценивать уровни навигационных рисков судовождения в море, на внутренних водных путях, при проектировании морских каналов, подходных путей к портам и т. д. Он существенно дополняет имитационные методы анализа навигационной безопасности плавания, но не отменяет их.

Таким образом, совокупность методов имитационного моделирования и методов моделирования с использованием байесовских сетей позволяет оценить навигационные риски при решении задач судовождения в море и на внутренних водных путях, а также решать задачи управления навигационными рисками.

Список литературы

1. *Zaikov V. I., Zaikov S. V. Mathematical Model of Ships 2-D Motion // Selected Papers of Association of Graduates of the Shipbuilding and Oceanotechnique Faculty. Vol. 1. Applied Hydrodynamics. State Marine Technical University. — St. Petersburg, 1993. P. 160–169.*
2. *Зайков В. И. Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование ограничений по гидрометеорологическим условиям и разработка мероприятий по обеспечению безопасности плавания в районе судопропускных сооружений С-1 и С-2 защиты Санкт-Петербурга от наводнений». — СПб.: СПГУВК, 2005. — 89 с.*
3. *Некрасов С. Н., Прохоренков А. А. Ситуационный метод оценки навигационной безопасности плавания // Сборник докладов 57-й Международной молодежной научно-технической конференции «МОЛОДЕЖЬ — НАУКА — ИННОВАЦИИ», посвященной 200-летию транспортного образования в России, 25–26 ноября 2009.: в 2 т. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2009. — Т. 1 — 261 с.*

АЛГОРИТМ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПО КОНТРОЛЬНЫМ
ТОЧКАМ МАРШРУТАALGORITHM OF SAFE SHIP MOVEMENT ALONG CONTROL POINTS
OF THE ROUTE

В статье рассматривается процесс движения судов, следующих по контрольным точкам маршрута. Определяется возможность сокращения корректировки курса судна при осуществлении выхода на контрольную точку. Автор предлагает использовать разработанный алгоритм для построения траектории движения.

The article discusses the process of ship movement along control points of the route. Determined by the possibility of reducing the ship's course correction when the ship moves through the control point. The author suggests using the algorithm developed to construct the ship trajectory.

Ключевые слова: маршрут следования, контрольная точка, вероятность попадания, случайная величина, диапазон значений, алгоритм автоматизированного управления.

Key words: route of the ship, the control point, the probability of the hit, random quantity, range, algorithm for automated control.

В НАСТОЯЩИЙ момент следование судна по маршруту определяется на основании прохождения контрольных точек — точек координат систем GPS/ГЛОНАСС, которые устанавливаются по всей протяженности маршрута движения.

Траектория движения судна по пройденному участку пути устанавливается по координатам GPS/ГЛОНАСС-оборудования. Но из-за влияния внешних и внутренних сил во время движения судна траектория движения может отличаться от маршрута следования. В результате мы получаем траекторию относительного движения, которая показывает траекторию движения судна относительно маршрута и вероятность выхода на следующую контрольную

точку (рис. 1). Построение траектории относительного движения судна устанавливается по разбросу значений получаемых координат от систем GPS/ГЛОНАСС-оборудования.

В зависимости от интервала времени отмечается количество точек на пройденном отрезке движения судна, характеристики же получаемой координаты зависят от работы GPS/ГЛОНАСС-оборудования.

Точность построения траектории относительного движения определяется отклонением значения принимаемых координат GPS/ГЛОНАСС-оборудования от траектории движения судна по контрольным точкам маршрута.

Результатом построения траектории относительного движения судна является



Рис. 1. Траектория относительного движения

ся определение предполагаемого выхода на контрольную точку. Точность прохождения контрольных точек и соответствие траектории относительного движения и траектории маршрута важны при прохождении опасных участков пути.

О точности прохождения контрольных точек можно судить по вероятностному прохождению контрольной точки в указанном для нее диапазоне значений (рис. 2).

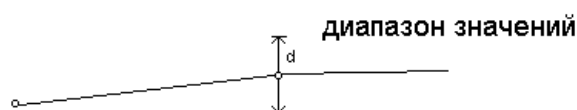


Рис. 2. Диапазон значений контрольной точки

Попадание в установленный диапазон позволит сократить количество корректировок курса судна, так как при движении судна выполняется корректировка курса по пройденному участку пути для осуществления выхода на контрольную точку. При этом прохождение контрольной точки зависит от диапазона значений, который и допускает безопасное отклонение траектории движения от намеченного маршрута. Учет вышеуказанных факторов и их математический анализ позволят прогнозировать опасные ситуации

движения и ситуации столкновения с опасным объектом при прохождении контрольных точек.

Проблемой изучения является поведение траектории относительного движения при изменении курса судна и попадание в заданный диапазон контрольной точки. При вычислении среднего значения и большом количестве точек изменение курса судна будет различаться с траекторией относительного движения. Изменение траектории будет проходить медленнее, чем изменение курса судна. Соответственно, решение о корректировке курса будет приниматься с запозданием и появится вероятность неточности в прохождении контрольной точки. Поэтому мы должны определиться с выбором количества точек, через которые будет происходить построение траектории относительного движения. За основу принимаем три последовательные координаты и по средним значениям выполняем построение траектории относительного движения.

Рассмотрим прохождение судном контрольной точки (рис. 3).

Представленная на рисунке схема определяет возможность безопасного прохождения контрольной точки маршрута с учетом диапазона значений контрольной точки и ширины фарватера на данном участке пути.

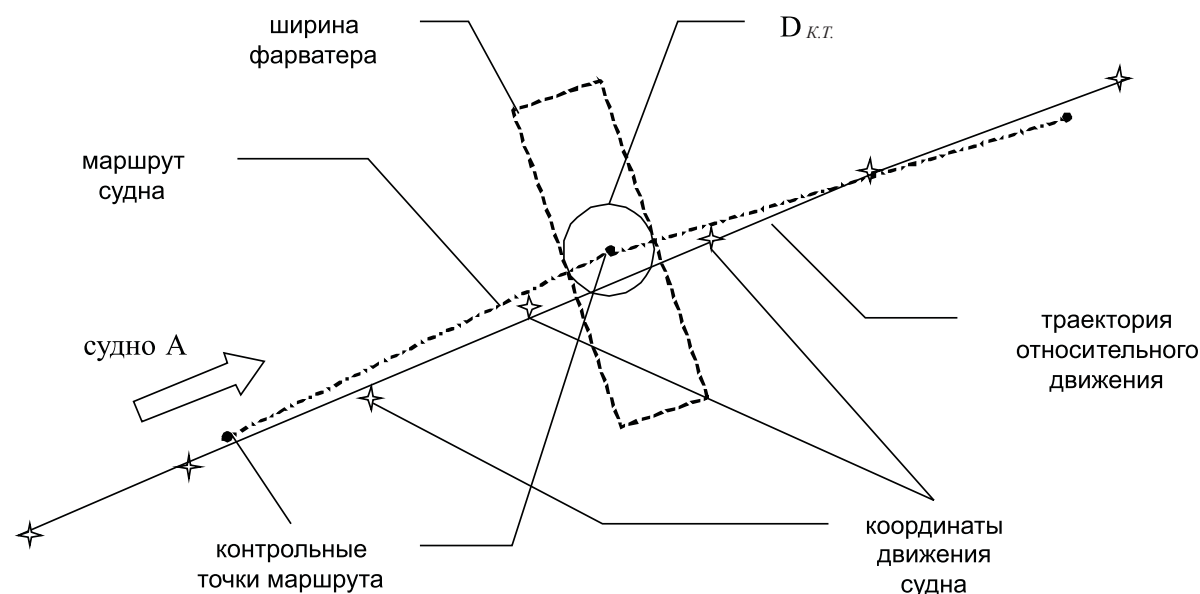


Рис. 3. Схема прохождения контрольной точки

Для определения точки пересечения траектории безопасного движения и диапазона значений контрольной точки $D_{к.т.}$ будем использовать аналитические уравнения прямой и окружности или эллипса:

$$L(x) = G(x), \quad (1)$$

где: $L(x)$ — уравнение прямой линии;

$G(x)$ — уравнение окружности или эллипса.

Для нахождения вероятности попадания траектории относительного движения (ТОД) в диапазон значений контрольной точки $D_{к.т.}$ используем геометрическую вероятность и закон равномерного распределения случайной величины.

Согласно определению, геометрическая вероятность — это некоторая область Ω , имеющая меру $\mu(\Omega)$ (длину, площадь, объем и т. д.) такую, что

$$0 < \mu(\Omega) < \infty. \quad (2)$$

Скажем, что точка равномерным образом попадает в Ω (реализуется принцип геометрической вероятности), если вероятность $P(A)$ попадания ее в каждую область A , являющуюся подобластью Ω , пропорциональна мере этой области $\mu(A)$ или в силу аксиомы нормированности [1]:

$$P(A) = \frac{\mu(A)}{\mu(\Omega)}. \quad (3)$$

В нашем первом случае вероятность попадания (рис. 4) будет определяться согласно следующей формуле:

$$P = \frac{S(D_{к.т.})}{S(F_\phi)}, \quad (4)$$

где: $D_{к.т.}$ — диапазон значений контрольной точки, принимающий в зависимости от размеров судна различную форму (круг, эллипс и т. д.);

F_ϕ — величина площади фарватера на заданном участке пути.

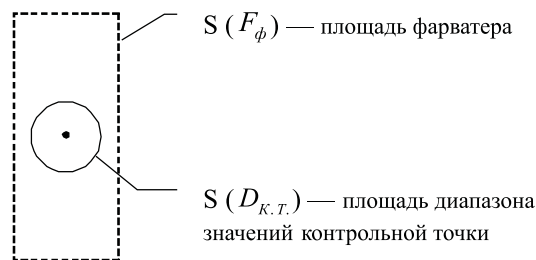


Рис. 4. Схема вероятности попадания в диапазон значений контрольной точки для одного судна

Согласно определению, непрерывная случайная величина X подчинена равномерному закону распределения на отрезке $[a, b]$, если ее функция плотности вероятности $p(x)$ постоянна на этом отрезке и равна нулю вне его, т. е. [2]:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b, \\ 0, & \text{если } x < a \text{ и } x > b. \end{cases} \quad (5)$$

Функция распределения вероятностей в этом случае определяется выражением

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b, \\ 1, & \text{если } x > b. \end{cases} \quad (6)$$

Графики плотности распределения $p(x)$ и функции распределения $F(x)$ приведены на рис. 5.

Вероятность попадания равномерно распределенной случайной величины в интервал (x_1, x_2) , лежащий внутри отрезка $[a, b]$:

$$P = F(x_2) - F(x_1) = \frac{x_2 - x_1}{b - a}. \quad (7)$$

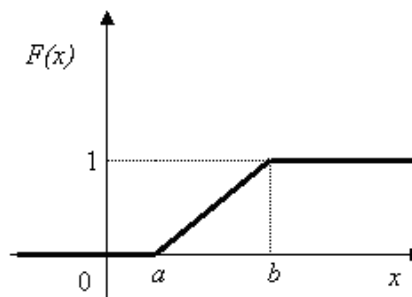
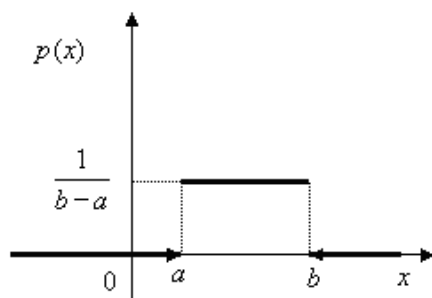


Рис. 5. Графики плотности распределения $p(x)$ и функции распределения $F(x)$

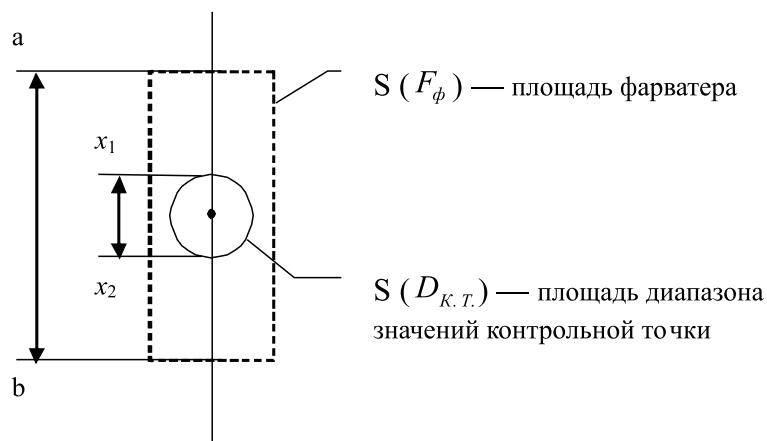


Рис. 6. Схема значений интервала для равномерно распределенной случайной величины

Вероятность попадания будет вычисляться по выражению (7), при этом принимаются во внимание обозначения, представленные на рис. 6.

Формулы (4), (7) показали нам поведение равномерно распределенной случайной величины при вычислении вероятности попадания траектории относительного движения (ТОД) в диапазон значений контрольной точки $D_{к.т.}$.

Построение траектории относительного движения суд-



Рис. 7. Алгоритм следования судна по контрольным точкам

на происходит в результате выполнения алгоритма управления движением судна, следующего по контрольным точкам маршрута [3].

Для разработки алгоритма автоматизированного управления используются теоретические основы информационного обеспечения водного транспорта и теория алгоритмов.

Представленный на рис. 7 алгоритм определяет возможность безопасного прохождения контрольной точки маршрута с учетом диапазона значений контрольной точки и ширины фарватера на данном участке пути.

В результате действия алгоритма определяется необходимость корректировки курса судна и выполняется следующая последовательность действий:

Последовательность действий алгоритма движения по контрольным точкам

Получение данных с датчиков и АИС	В результате работы АИС происходит получение навигационных данных от других участников движения, а также получение данных с датчиков, установленных на судне
Расчет линии движения судна	По полученным параметрам движения происходит построение линии предполагаемого движения судна. Линия строится по текущим координатам судна и определяет прохождение судна относительно контрольной точки маршрута
Определение вероятности попадания	Определяется вероятность попадания линии движения судна в диапазон значений контрольной точки
Проверка пересечения траектории и контрольной точки	Происходит построение системы уравнений для определения точки пересечения линии относительного движения и окружности диапазона контрольных точек
Построение траектории движения	Строится траектория движения судна

Список литературы

1. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. — 2-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — С. 37.
2. Маталыцкий М. А., Романюк Т. В. Теория вероятностей в примерах и задачах: Учеб. пособие. — Гродно: ГрГУ, 2002. — 248 с.
3. Антонов В. А., Письменный М. Н. Теоретические основы управления судном. МГУ им. адм. Г. И. Невельского. 2007.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК. 502.656.628

С. П. Зубрилов,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;**Ю. В. Гуриков,**
канд. хим. наук, старший научный сотрудник,
СПГУВКУЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ВОД КИСЛОРОДОМ МАЛЫХ
КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТОДАМИ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИIMPROVEMENT OF QUALITY OF DRINKING WATER BY OXYGEN IN SMALL
CONCENTRATION BY METHODS OF PHYSICAL ACTIVATION

Установлено: «гомеопатические» добавки кислорода стабилизируют структуру воды, что используется для упрочнения бетонов, очистки стоков, стабилизации эмульсий, в медицине и др.

It is established: «homeopathic» additives of oxygen stabilize water structure that is used for hardening of concrete, clearing of drains, stabilization of emulsions, in medicine, etc.

Ключевые слова: вода, стабилизация, кислород, кавитация.

Key words: water, stabilization, oxygen, cavitation.

НЕОБХОДИМОСТЬ настоящей статьи вызвана сегодняшней коммерциализацией вокруг воды, а именно продаж всякого рода бутилированной воды, концентрированных растворов микроэлементов, которые рекомендуются продавцами как добавки к водопроводной воде, минеральных вод, на этикетках бутылок которых написано «с любовью и благодарностью», «в ожидании чуда» и т. д., спекулирующей естественным желанием жителей городов пить физиологически полноценную воду и сохранить здоровье.

В статье «Обеспечение питьевой водой большого города» [1] эти вопросы достаточно освещены. Однако в последние годы появился ряд работ, посвященных «памяти воды» [3–10]. Среди отечественных исследователей можно отметить С. В. Зенина, К. М. Резникова, О. В. Мосина, В. А. Воейкова и др. Один из первых обзоров, посвященных структурной памяти жидкостей, сделан Б. В. Дерягиным и Н. В. Чураевым еще в 1971 г. Авторы связали «своеобразную структурную память воды» с наличием в ней молекулярных комплексов, дискретно меняющих свою структуру или размеры. Установлено, что поведение талой и кон-

трольной воды различно, т. е. свойство воды зависит от ее предыстории [11]. Роль кислорода в модифицировании воды установлена в [2].

Проблеме структуры жидкой воды посвящены тысячи публикаций (последние обзоры см.: Маленков Г. Г. Журнал структурной химии, т. 47, Приложение. 2006. С. 5–35; Кесслер Ю. М., Петренко В. Е. Вода: структура, состояние, сольватация. Достижения последних лет. Отв. редактор А. М. Кутепов. М., Наука, 2003. С. 6–106). Истекшие 20 лет не привели к существенному прорыву в создании общепринятой теории структуры воды, что крайне затруднительно, о чем мы писали ранее, анализируя работы тех лет (С. П. Зубрилов. Физическая активация растворов. АН СССР, Внешторгиздат, 1989).

Работы за последние годы в значительной степени были сосредоточены на компьютерных моделях воды (Г. Г. Маленков, В. П. Волошин, Ю. И. Наберухин, Н. Л. Ефанов, Е. А. Желиговская и др.). Более предпочтительной продолжает оставаться смешанная модель, хотя, как мы отмечали ранее, в рамках одной модели невозможно объяснить всю экспериментальную информацию. Все моде-

ли строения водных растворов жидкой воды можно разделить на два типа — «смешанные» и «непрерывные». «Смешанные» модели предполагают наличие двух и более типов частиц, отличающихся количеством водородных связей. В «непрерывных» считается, что каждая молекула воды испытывает действие тех же самых межмолекулярных сил, что и любая другая молекула.

Рассмотрим кратко современные представления о структуре воды. Структуры твердых льдов известны. Жидкая вода отличается от обычного низкотемпературного льда (льда I) более высокой плотностью. Это необычное свойство (аномалия) воды имеет большое биологическое значение: оно обеспечивает сохранение органической жизни на нашей планете при сезонных колебаниях температуры. При температурах выше 3,8 °C плотность воды уменьшается, как и у большинства других жидкостей и твердых тел. Но у воды тепловое расширение проявляется слабо. Например, плотность жидкой воды вблизи точки кипения (100 °C, 1 атм.) все еще превышает плотность льда, которую он имел при 0 °C. Указанные особенности требуют объяснения, что породило к жизни множество моделей структуры.

Объективно о диффузионно-усредненной структуре жидкой воды можно судить по радиальной функции распределения, которая определяется в экспериментах по рассеянию рентгеновских лучей и показывает зависимость локальной плотности расположения молекул от расстояния до центральной молекулы. Проблема структуры воды состоит в том, чтобы указать частоту реализации различных локальных тетраэдрических решеток на малых временах, сравнимых со временем оседлой жизни молекулы (10^{-10} с). Несмотря на очень большое количество предложенных к настоящему времени моделей, эта проблема не решена до сих пор. Перечислим кратко основные типы моделей для объяснения особенностей структуры воды:

а) феноменологические двухструктурные модели; предполагается, что вода представляет собой смесь участков с ажурной (льдоподобной) структурой и участков с более плотным расположением молекул с нарушен-

ными водородными связями; впервые такую модель рассматривал Рентген;

б) модель случайной сетки водородных связей; предполагается, что водородные связи могут изгибаться (Бернал, Попл); при этом протон отклоняется от линии связи О-Н-О, а расстояние между атомами кислорода соседних молекул воды несколько укорачивается;

в) каркасные модели воды; наибольшей популярностью пользуется льдоподобная модель О. Я. Самойлова, согласно которой молекулы жидкой воды образуют упорядоченную тетраэдрическую решетку наподобие той, которая обнаружена у льда I, с той разницей, что пустоты, которые имеются в каркасе льда I, в жидкой воде заполнены молекулами, что и делает всю упаковку более плотной; из этой модели следует, что определенная часть ($q \approx 0,08$) молекул воды (именно тех, которые занимают пустоты каркаса) не участвует в водородных связях из-за отсутствия партнеров, ориентированных должным образом; наличие в жидкой воде такого количества несвязанных молекул воды не подтверждается спектроскопическими данными;

г) смешанные каркасные модели; Ю. В. Гуриковым был предложен компромиссный вариант модели структуры воды, согласно которому молекулы располагаются в узлах льдоподобного каркаса с частично заполненными полостями; но в отличие от модели Самойлова предполагается, что пустотные молекулы смещены из центров пустот и могут образовывать искривленные водородные связи с молекулами из каркаса при условии, что соответствующая часть связей в каркасе разрывается; оказывается, что жидкую воду можно рассматривать как трехмерную мозаику, составленную из кусочков (островков микроскопического размера, которые включают центральную молекулу и ее ближайшее окружение) идеального льдоподобного каркаса со свободными полостями и кусочков льдоподобного каркаса с частично заполненными пустотами. Такая модель в отличие от описанных выше объясняет наблюдающееся на радиальной функции распределения воды плечо на расстоянии 3,5Å. Интересно, что среди полиморфных форм льда имеется структура (а именно лед VI), представляю-

шая собой тетраэдрический каркас, состоящий из водородных связей, который имеет полости, содержащие молекулы другого идентичного каркаса; оба каркаса являются взаимопроницаемыми, но не взаимосвязанными; лед VI обладает повышенной плотностью ($1,31 \text{ г/см}^3$), содержит гидрофобные (не являющиеся водородными связями) контакты

на расстоянии $3,51 \text{ \AA}$; длина водородной связи в структуре льда VI ($2,81 \text{ \AA}$) близка к таковой в жидкой воде ($2,82 \text{ \AA}$).

Изменение строения воды для полезных технологических целей в медицине, сельском хозяйстве, промышленности, в частности для улучшения качества питьевых и очистки загрязненных вод сейчас из экономических со-

Подтверждение (ИКС) стабилизации воды неэлектролитами (Гуриков Ю. В.)

Стабилизация и разрушение структуры водных растворов по смещению частот (по отношению к полосе H ₂ O) в области обертонов $\nu_a \approx 5200 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_b \approx 6900 \text{ см}^{-1}$ [2]							
Смещение ($-\Delta\nu_a$) в сторону низких частот, см^{-1} («стабилизация» структуры водного раствора)				0	Смещение ($+\Delta\nu_a$) в сторону высоких частот, см^{-1} («разрушение» структуры водного раствора)		
105	75	50	25		25	50	
Мочевина (10 молей)	AlCl ₃ (3 моля)	Изобутиловый спирт	Метиловый спирт	H ₂ O (KCl, глицерин)	Муравьиная кислота; NaCl (3,3 моля)	NaClO ₄ (0,1—0,3 моля), ацетон (40%)	

Смещение ($-\Delta\nu_b$) в сторону низких частот, см^{-1}				0	Смещение ($+\Delta\nu_b$) в сторону высоких частот, см^{-1}			
155	85	25			25	50	75	100
Мочевина (10 молей)	AlCl ₃ (3 моля)	Спирты: метиловый и изобутиловый; глицерин	H ₂ O (KCl, CaCl ₂) (0,1 моля)	AlCl ₃ (0,1 моля)	Ацетон (40%)	NaCl (0,1—3,3 моля)	Муравьиная кислота	NaClO ₄ (0,1—3,0 моля)

Рис. 1

Подтверждение стабилизации воды (понижение структурной температуры при заполнении локальной структуры воды молекулами газов с различной растворимостью (1–углекислый газ, 2–озон, 3–аргон, 4–кислород, 5–азот) (Rawson A.E.)

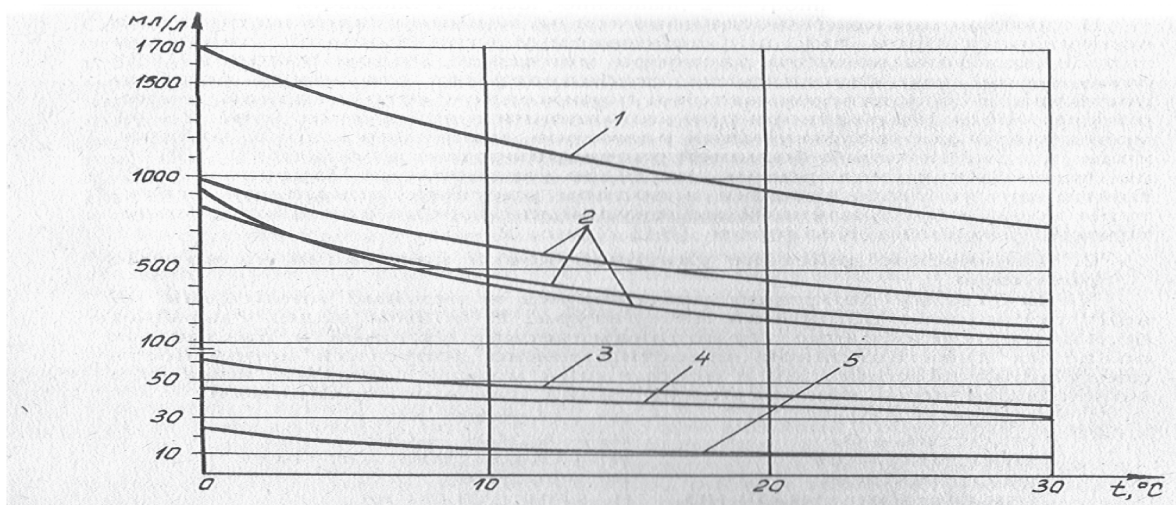


Рис. 2

**Подтверждение перестройки структуры воды при малых
концентрациях спиртов (1-изопропиловый,
2-тропилбутиловый) (Вукс М. Ф.)**

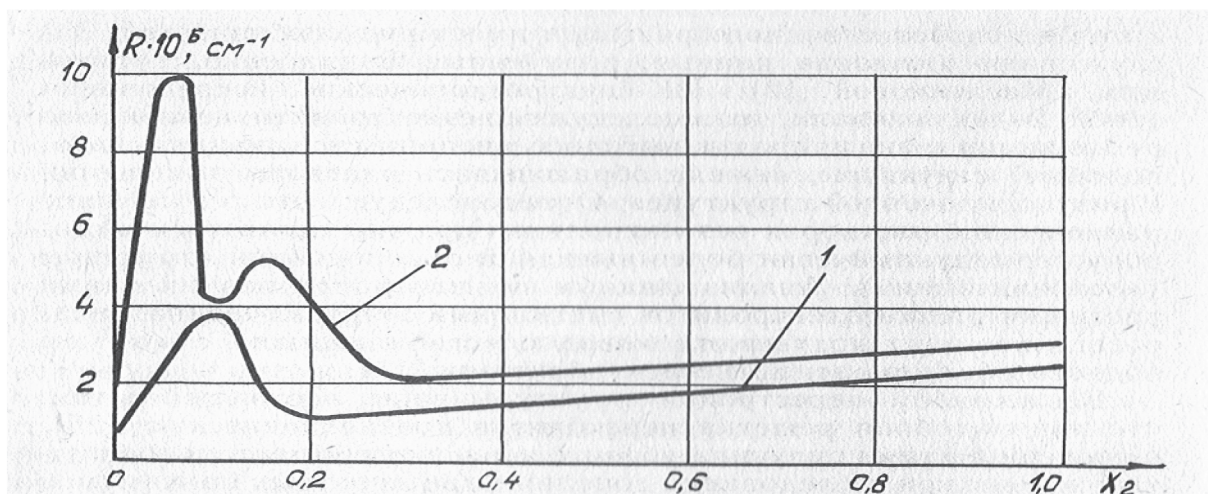


Рис. 3

**Стабилизация кислородом локальной структуры воды
оценена в 0,5 ккал/моль • водор. связь (Keller I. H.)**

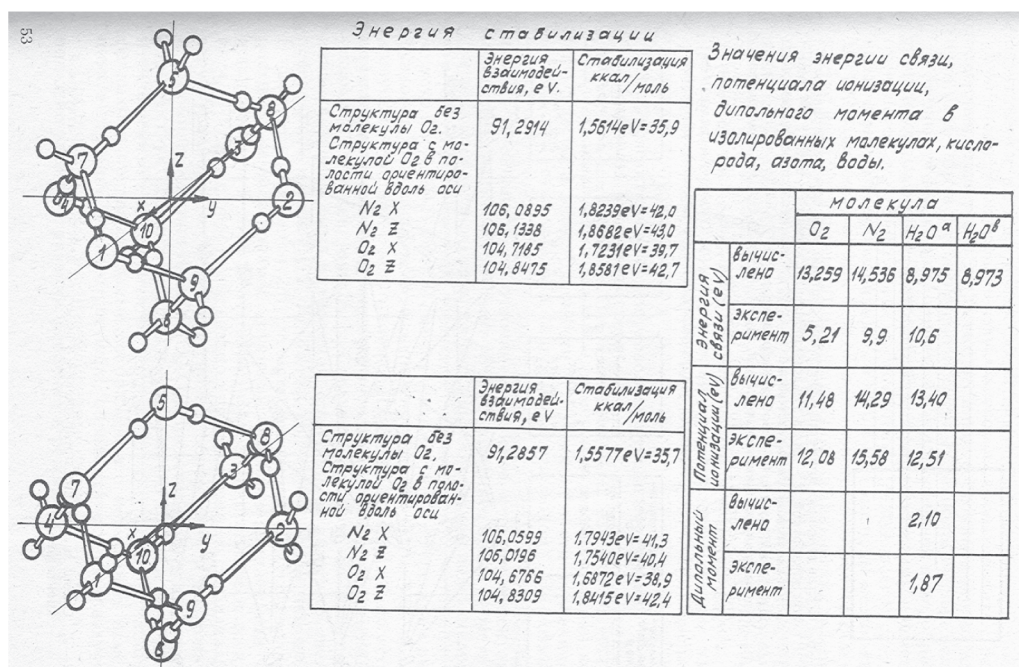


Рис. 4

ображений осуществляется реагентами. Это, как известно, наносит экологический вред, зачастую более существенный, чем первичное загрязнение (так, хлорирование воды приво-

дит к синтезу хлорорганических соединений). Безреагентные воздействия на воду (ультрафиолет, электромагнитные, кавитационные поля и т. д.) свободны от этого недостатка.

В основе их лежит механизм явлений и процессов превращения энергии физического воздействия в химическую энергию, приводящий к изменению строения водного раствора.

Наиболее перспективной, на наш взгляд, является кавитация, которая по спектру воздействия является универсальным способом, т. е. электромагнитным, тепловым, ультрафиолетовым и т. д., с автоматизированным регулированием параметров обработки. Нами установлено, что таким способом можно инициировать в воде получение молекулярного кислорода с концентрацией до 10^{-4} моль/л, способного стабилизировать водный раствор. На первый взгляд напрашивается вывод, что химический эффект действия кислорода из-за низкой концентрации невелик. Однако широко известна специфическая роль кислорода в химических реакциях [12] в связи с его высокой парамагнитностью. Поэтому, несмотря на малые концентрации кислорода, строение водного раствора заметно меняется. Экспериментальные данные [13] подтверждают это положение. Аналогичный вывод можно сделать из ИК-спектроскопических исследований [14]. Установлено, что молекулам неэлектролита, независимо от их химической природы, выгоднее внедряться в полости льдоподобной структуры, нежели образовывать растворы замещения в разупорядоченной структуре. Структурное равновесие в растворе неэлектролита (в том числе кислорода) сдвигается в сторону термодинамически более выгодной льдоподобной структуры, происходит стабилизация водного раствора, которую можно использовать для полезных технологических

целей и получить существенный экономический эффект с точки зрения экономии традиционных химических реагентов (рис. 1–3).

Расчет энергии стабилизации выполнен Келлером и Хейером [15] (рис. 4).

Установлено, что стабилизирующий эффект от молекулы кислорода в локальной структуре воды равен 0,5 ккал/моль на водородную связь.

Обработка водных растворов при их движении в электромагнитных полях в последние годы проводилась, к сожалению, без детального учета физико-химического состава воды, что продолжает вызывать негативное отношение к самой идее электромагнитной обработки. Поскольку примеси в воде, как правило, случайны, свойства исследуемой воды неконтролируемо меняются. Это часто приводит к недоразумениям, «открытиям» различных эффектов и бесплодным спорам. Тем не менее в работах, выполненных с необходимой тщательностью, отмечается четкая связь между физическим воздействием и изменением газосодержания воды с повышением содержания в ней молекулярного кислорода [16]. Поэтому представляется возможным изложенные выше соображения, в рамках идеи стабилизации структуры воды кислородом, распространить на весь комплекс физического модифицирования воды. Объяснение эффектов обработки воды при действии внешних физических полей за счет изменения состава растворенных газов может иметь, по-видимому, более общий характер [17].

Список литературы

1. Зубрилов С. П. Обеспечение питьевой водой большого города // Труды Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций. — Вып. 2. — СПб.: СПГУВК, 2009.
2. Зубрилов С. П. Физическая активация растворов. — Л.: Внешторгиздат, 1989.
3. Зубрилов С. П. Роль кислорода при ультразвуковой обработке водных дисперсий // Коллоидный журнал АН СССР. Т. 8 (2). — М., 1984.
4. Зенин С. В. Структурированное состояние воды как основа управления поведением и безопасностью живых систем: дисс. ... д-ра биол. наук. ГНЦ «ИМБП», 1999.
5. Мосин О. В., Складнев Д. А., Швеиц В. И. Биотехнология. Исследование физиологической адаптации бактерий к тяжелой воде, 2001.
6. Резников К. М. Вода жизни // Журнал «Прикладные информационные аспекты медицины».

Том 4. № 2, 2001.

7. Волошин В. П., Наберухин Ю. И. Распределение времени жизни водородной связи в компьютерных моделях воды // Журнал структурной химии. — 2009. — Т. 50. — № 1.

8. Ефанов Л. Н. О влиянии геометрии водородного мостика на колебательные спектры воды: простейшие модели потенциала Н-связи // Журнал структурной химии. — 2008. — Т. 49. — № 2.

9. Бульенков Н. А. Самоорганизация водных биологических систем // «Биофизика». — 2005. — Т. 50. — № 5.

10. Желиговская Е. А. Изучение кристаллических водных льдов методом молекулярной динамики // Журнал структурной химии. — 2008. — Т. 49. — № 3.

11. Масару Эмото. Послания воды. Тайные коды кристаллов льда: Перевод с англ. — М.: ООО «Издательский дом «София», 2005.

12. Дерягин Б. В., Чураев Н. В. Новые свойства жидкостей. — М.: Издательство «Наука», 1971.

13. Голодец Г. И. Гетерогенно-каталитические реакции с участием молекулярного кислорода. — Киев.: Наукова думка, 1977.

14. Вукс М. Ф. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. — Л.: Издательство ЛГУ, 1977.

15. Гуриков Ю. В. Структурные изменения воды под влиянием примесей // Сборник конференций «Физико-химические аспекты реакции водных систем на физические воздействия». — Л.: Агрофизический институт. 1979.

16. Hojer G., Keller I. J. Quantum Chem. Symp. — 1974. — № 8. — P. 1478.

17. Классен В. И., Шадеев Р. Ш., Хажинская Г. Н., Корюкин Б. М., Стецкая С. А. // Доклады АН СССР. — 1970. — Т. 190. — № 6.

18. Ершова Г. Ф., Чураев Н. В. Журнал физической химии. — 1979. — Т. 53. — № 6.

УДК 621.791.94

Т. А. Михеева,

канд. техн. наук,

ст. преподаватель,

ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ВОДЫ В СИСТЕМЕ «WATER TABLE»

SUBSTANTIATION OF PRODUCTIVITY AND CALCULATION OF THE BASIC KNOTS OF INSTALLATION OF WATER TREATING IN SYSTEM «WATER TABLE»

В статье выполняется обоснование производительности и расчет узлов установки очистки технической воды раскройных столов системы «Water table». Потребность в расчете возникла в связи с попыткой решить вопрос обеспечения экологической безопасности механизированной плазменной резки посредством применения водяных раскройных столов оборотного водоснабжения. В настоящее время имеется реальная возможность данным оборудованием оснастить машины плазменной резки типа «Кристалл», «Ритм» и т. п.

In article the substantiation of productivity and calculation of knots of installation of clearing of technical water cutting system tables «Water table» is carried out. The requirement for calculation has arisen in connection with attempt to solve the problem of maintenance of ecological safety of mechanized plasma flame cutting by means of application water cutting tables of turnaround water supply. Now there is a real possibility to equip plasma flame cutting machines of «Crystal», «Phytm» type with this equipment.

Ключевые слова: водяной раскройный стол, производительность установки, система оборотного

водоснабжения, основные узлы установки.

Key words: water cutting table, productivity of installation, system of turnaround water supply, the basic components of installation.

В СУДОСТРОЕНИИ и судоремонте в общем объеме производства значительное место занимает механизированная резка металла, которая осуществляется различными способами: газокислородным, плазменным, лазерным. Среди этих способов наиболее технологичным и эффективным является плазменный, который чаще всего применяется в судостроительном производстве.

В связи с постоянным ужесточением экологических требований и норм механизированная плазменная резка металла требует совершенствования технологического процесса в целях снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Сотрудниками ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта» была разработана и предложена для внедрения в производство, как наиболее эффек-

тивная по обеспечению экологической безопасности на сегодняшний день, технология плазменной резки на водяном столе (система «Water table») с использованием 100 % рециркуляции воды, которая проходит очистку в специальной установке. Принципиальная схема этой установки приведена на рис. 1 [1].

Для обоснования требуемой производительности установки очистки технической воды в оборотных системах водоснабжения раскройных столов системы «Water table» необходимо располагать подробными данными об объеме очищаемой воды и ее качественном составе, а также данными, которые характеризуют санитарные условия системы очистки.

Кроме этого, необходимо учитывать закономерности протекания соответствующих химических реакций, описывающих процессы поэтапной нейтрализации вредных ве-

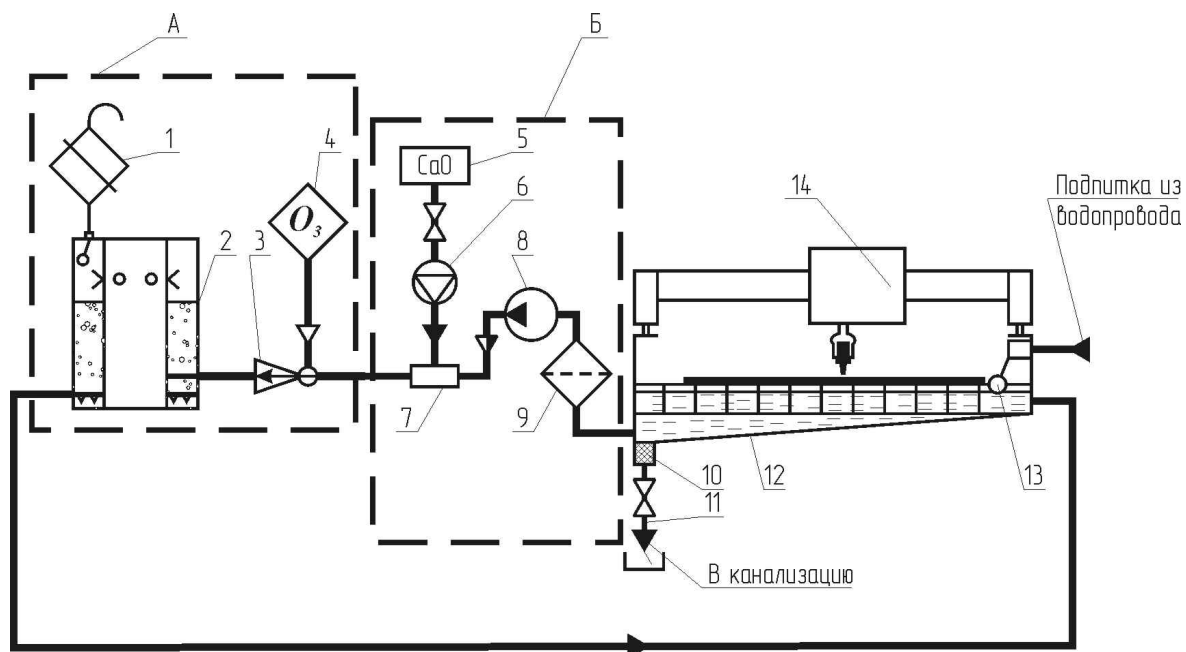
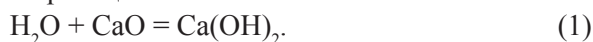


Рис. 1. Принципиальная схема оборотного водоснабжения раскройного стола машин тепловой резки листового проката

- А — блок финишной очистки воды; Б — блок предварительной очистки воды; 1 — дегазатор; 2 — фильтр контактный; 3 — эжектор; 4 — генератор озона; 5 — емкость для катализатора; 6 — насос-дозатор; 7 — смеситель; 8 — циркуляционный насос; 9 — сетчатый барабанный фильтр; 10 — грязевая коробка; 11 — патрубок отвода воды в канализацию; 12 — поддон раскройного стола; 13 — реле уровня воды; 14 — машина для тепловой резки «Кристалл»

ществ, которые образуются при выполнении механизированной плазменной резки и затем попадают в поддон стола системы «Water table».

Как показывает практика, наиболее доступным, безопасным и эффективным реагентом для нейтрализации вредных веществ (H_2CO_3 , N_2O_3 и H_2SO_4), образующихся в результате термokatалитического химического взаимодействия газообразных продуктов резки с водой, является известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [2]. Нейтрализующее вещество получается при взаимодействии окиси кальция CaO с водой по реакции

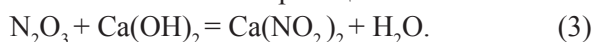


В этом случае угольная кислота взаимодействует с нейтрализатором по следующей реакции:



Получаемое при этом соединение CaCO_3 выпадает в виде осадка, представляющего собой малорастворимое в воде вещество.

Оксид азота также может быть нейтрализован известью по реакции



Получаемое при этом вещество $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ выпадает в виде осадка.

Серная кислота тоже нейтрализуется гидроксидом кальция в соответствии со следующей реакцией:



где CaSO_4 — хорошо отфильтровывающееся кристаллическое вещество.

Указанные реакции протекают в узле предварительной очистки и нейтрализации технической воды (блок Б), состоящий из емкости с нейтрализующим веществом, системы трубопроводов, насоса-дозатора и смесителя (рис. 1).

Оксид кальция поступает в смеситель посредством насоса-дозатора 6. Важным представляется точный расчет количества щелочного реагента. Теоретический расход реагента на нейтрализацию кислотной среды, г/л, можно рассчитать по формуле вида

$$X = C \cdot \text{Щ}/K, \quad (5)$$

где: C — концентрация кислоты или ионов металла в растворе, г/л;

Щ — эквивалентная масса используемого щелочного реагента, г/г-экв.;

K — эквивалентная масса кислоты или ионов металла, г/г-экв.

Если известна величина водородного показателя воды, то пересчет концентраций содержащихся в ней кислот производится по формуле:

$$pH = -\lg \frac{C_k}{K}, \quad (6)$$

где: C_k — концентрация кислоты, г/л;

K — эквивалентная масса кислоты, г-экв.

Теоретические расходы реагентов определяются на основании уравнений реакции нейтрализации. В соответствии с [3] для нейтрализации кислот применяют гидроксид кальция (гашеную известь) в виде 5%-го известкового молока или отходы щелочей (едкого натра или калия) в виде 5% растворов.

На практике дозу реагента для нейтрализации технической воды принимают на 10 % больше теоретической, полученной по расчету. Расход реагентов $Q_{\text{реаг}}$, кг/час, для нейтрализации находят по формуле

$$Q_{\text{реаг}} = k_z \cdot Q_{\text{час}} \cdot a \cdot C_{\text{к,щ}} \cdot 100, \quad (7)$$

где: k_z — коэффициент запаса расхода реагента по сравнению с теоретическим. Для известкового молока $k_z = 1,1$, для известкового теста и сухой извести $k_z = 1,5$;

$Q_{\text{час}}$ — расход сточных вод, м³/ч;

a — теоретический расход реагента на нейтрализацию, кг/кг;

$C_{\text{к,щ}}$ — концентрация кислоты или щелочи в стоках, кг/м³.

Так как в кислой технической воде практически всегда присутствуют ионы металлов, дозу реагента (кг/час), определим с учетом выпадения в осадок солей и гидроксидов тяжелых металлов:

$$Q_{\text{реаг}} = k_z \cdot Q_{\text{час}} (aC_{\text{к}} + b_1C_{\text{Me1}} + b_2C_{\text{Me2}} + \dots + b_NC_{\text{MeN}}), \quad (8)$$

где: b_i — расход реагента на осаждение металлов, кг/кг;

$C_{\text{Me1...n}}$ — концентрация металлов в сточных водах, кг/м³.

Количество сухого вещества осадка M , кг/м³, образующегося при нейтрализации 1 м³ воды, содержащей свободную серную кислоту и соли тяжелых металлов, определяют по формуле [3]:

$$M = \frac{100-B}{B} \cdot (A_1 + A_2) + A_3 + (E_1 + E_2 - 2), \quad (9)$$

где B — количество активной части в товарном продукте, %;

A_1 — количество активного СаО, необходимое для осаждения металлов, кг/м³;

A_2 — количество активного оксида кальция, необходимого для нейтрализации свободной серной кислоты, кг/м³;

A_3 — количество образующихся гидроксидов металлов, кг/м³;

E_1 — количество сульфата кальция, образующегося при осаждении металлов, кг/м³;

E_2 — количество сульфата кальция, образующегося при нейтрализации свободной кислоты, кг/м³.

Если выполняется условие: $E_1 + E_2 < 2$, то третий член выражения (9) не учитывается, поскольку весь образующийся при нейтрализации сульфат кальция находится в растворенном виде.

Объем осадка (%), образующегося при нейтрализации 1 м³ воды, вычисляется по выражению

$$P_{oc} = \frac{10 \cdot M}{100 - W_{oc}}, \quad (10)$$

где W_{oc} — влажность удаляемого осадка, %.

Общий объем образующегося за час осадка, м³/ч, составит:

$$Q_{осад} = P_{oc} \cdot Q_{час} / 100. \quad (11)$$

Объем емкости V , м³, определяется по выражению

$$V = \frac{Q_{реак} \cdot n}{C_{Ca} \cdot \rho} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где: n — время работы установки за сутки, ч;

$C_{Ca} = 5\%$ — концентрация известкового молока по активному СаО;

ρ — плотность известкового молока, кг/м³.

Число заготовок известкового молока зависит от расхода реагента и продолжительности работы узла нейтрализации. Обычно это значение находится в пределах 2–4.

Трубопроводы при напорной подаче очищенного известкового молока должны иметь диаметр не менее 25 мм, не очищенного — не менее 50 мм, при самотечной по-

даче — не менее 50 мм. Скорость движения в трубопроводах должна составлять не менее 0,8 м/с. Напорные трубопроводы проектируются с уклоном к насосу не менее 0,02, самотечные трубопроводы должны иметь уклон к выпуску не менее 0,03. Насосы и дозирующие устройства должны быть приспособлены для работы с суспензиями [4, 5].

В дальнейшем оборудование узла нейтрализации должно рассчитываться на суммарный расход нейтрализуемой воды $Q_{час}$, м³/час, и известкового раствора $Q_{реак}$:

$$Q_H = Q_{час} + Q_{реак}.$$

Смешивание реагента с водой наиболее целесообразно осуществлять в смесителях гидравлического (вихревых, перегородчатых) или механического типов. Продолжительность контакта нейтрализуемой воды и реагента для кислых вод составляет 5 мин. Для обеззараживания воды в установке используется один из самых сильных окислителей — озон.

Во многих системах очистки воды озон получают из воздуха в озонаторах посредством синтеза в высоковольтном электрическом газовом разряде. Озонатор (генератор озона) 4 на рис. 1 содержит один или несколько озонирующих элементов (ОЭ), которые, в свою очередь, состоят из двух электродов, разделенных между собой диэлектриком. Расстояние между электродами определяет разрядную зону. В целом ОЭ представляет собой герметичную конструкцию с подводом воздуха и воды и отводом озono-воздушной смеси и охлаждающей воды.

Кроме ОЭ в состав озонатора входит блок электрического питания с высоковольтным трансформатором и, при необходимости, преобразователем частоты электротока.

Основным параметром, характеризующим обработку воды озоном, как показано в работах В. Л. Этина [6, 7] и А. С. Курникова [8], является доза озона, г/м³, которая дает полную и однозначную количественную картину воздействия озона на любой показатель качества воды:

$$g_{оз} = \frac{G_{оз}}{Q_H}, \quad (13)$$

где $G_{оз}$ — производительность озонатора, г/ч.

Производительность озонатора определяется по выражению

$$G_{oz} = C_{oz} \cdot V_z, \quad (14)$$

где: C_{oz} — концентрация озона в озono-воздушной смеси, г/м³;

V_z — объемная скорость газа, м³/ч.

Она может быть найдена путем решения систем уравнений, состоящих из уравнения баланса энергии среды и баланса масс реагирующих веществ.

Уравнение материального баланса реагирующих веществ в озонаторе можно записать в следующем виде:

$$C_{oz} = C_a \cdot \left(1 - e^{-k_1 \frac{N}{V_z}} \right), \quad (15)$$

где: C_a — стационарная концентрация озона, г/м³;

k_1 — сумма констант скоростей образования и разложения озона, отнесенной к единице удельной мощности разряда, м³/Втс;

N — активная мощность разряда, Вт.

Величины $\bar{C}_a$ и $\bar{k}_1$ определяются следующими зависимостями:

$$\bar{C}_a = C_0 - 6,1(\psi - 0,51);$$

$$\bar{k}_1 \cdot 10^7 = k_0 - 1,41(\psi - 0,51) - 0,14(T_{жс} - 298), \quad (16)$$

где: C_0, k_0 — коэффициенты, величина которых зависит только от конструкции озонатора;

$\psi, T_{жс}$ — текущие значения влажности газа в ОЭ, г/м³, и температуры охлаждающей ОЭ среды, °К.

Ограничение процесса синтеза озона, которое возникает из-за термохимического пробоя диэлектрического барьера, связано с ростом температуры в разрядной зоне ОЭ при увеличении мощности. Это явление можно учесть с помощью уравнения теплового баланса среды в ОЭ, из которого определяется максимально допустимая по условию обеспечения надежности диэлектрического барьера активная мощность:

$$N_{\max} = \frac{T_{\delta}^{kp} - T'_{жс}}{R + \frac{1}{m \cdot c_p}} F_{p.з.}, \quad (17)$$

где: T_{δ}^{kp} — максимально возможная температура поверхности диэлектрического барьера, при которой еще сохраняется высокая надежность диэлектрика, К;

$T'_{жс}$ — температура охлаждающей среды на входе в ОЭ, К;

R — полное термическое сопротивление теплопередачи в ОЭ, (Км²)/Вт;

m — удельный, приходящийся на единицу площади расход охлаждающей среды, кг/(м²·с);

c_p — удельная изобарная теплоемкость охлаждающей среды, Дж/(кг·К);

$F_{p.з.}$ — средняя площадь разрядной зоны ОЭ, м².

Последний член уравнения (17) — площадь разрядной зоны $F_{p.з.}$ вычисляется по формуле, приведенной в работе [9]:

$$F_{p.з.} = \frac{N}{8fU_z \varepsilon_z \left[(U_0 - U_z) \frac{\varepsilon_{\delta}}{\Delta_{\delta}} - \frac{U_z}{\Delta_z} \right]}, \quad (18)$$

где: $\varepsilon_z, \varepsilon_{\delta}$ — диэлектрические постоянные газа и диэлектрического барьера, Ф/м;

f — частота электротока, Гц;

U_0 — начальное напряжение, В;

U_z — напряжение в разрядном промежутке, В;

Δ_z — разрядный промежуток, м;

Δ_{δ} — толщина барьера, м.

Для эффективного смешения озона с водой используется струйный насос — эжектор. Основным параметром, характеризующим работоспособность эжектора в составе системы, является давление эжектируемого потока газа P_n . При достижении величины P_n — уровня атмосферного давления — произойдет «срыв» эжекции, и тогда струйный аппарат дестабилизирует работу всего оборудования системы (произойдет отказ в работе системы).

Давление эжектируемого потока газа P_n определяется в соответствии с уравнением (19):

$$P_n = H \frac{1,39 \cdot \left(\frac{V_z}{Q_H} + 1 \right)^2 P_{сж} - P_p}{1,39 \cdot \left(\frac{V_z}{Q_H} + 1 \right)^2 - 1} < P_{атм}, \quad (19)$$

где P_n — давление эжектируемого потока газа, кПа;

$P_{сж}$ — давление сжатия, кПа;

$P_{атм}$ — атмосферное давление, кПа;

P_p — давление рабочей среды перед эжектором, кПа.

Определение максимально возможной величины давления сжатия $P_{сж}$, при которой произойдет «срыв» эжекции ($P_n = P_{атм} \approx 101$ кПа, $L_z = 0$), производится по формуле

$$101 = \frac{1,39 \cdot \left(\frac{0}{Q_H} + 1 \right)^2 [P_{сж}] - P_p}{1,39 \cdot \left(\frac{0}{Q_H} + 1 \right)^2 - 1} \quad (20)$$

Тогда:

$$[P_{сж}] = \frac{P_p + 39,4}{1,39} \quad (21)$$

Другим важным параметром эжектора является оптимальное отношение сечения камеры смещения и сопла, которое также может быть вычислено по эмпирическому уравнению:

$$\left(\frac{F_K}{F_p} \right)_{опт} = 0,877 \left(\frac{P_{сж} - P_n}{P_p - P_n} \right)^{-0,68} \quad (22)$$

где: F_K — площадь камеры смещения, м²;
 F_p — площадь выходного отверстия сопла, м².

Для извлечения выпадающих в осадок соединений в рассматриваемом случае наиболее приемлемы фильтры с песчаной загрузкой, в которых и обеспечивается необходимое время контакта. Расчет фильтра производится по СНиП 2.04.03-85.

В целях компактного размещения узла финишной фильтрации (блок финишной очистки воды А (рис. 1) технической воды необходимо воспользоваться идеей объединения двух узлов систем водоочистки (фильтра и контактной колонны) в единую конструкцию — «контактный фильтр» 2. Такой подход позволит значительно уменьшить объемы данных узлов с одновременным упрощением общей конструкции, сократить количество и сопротивление трубопроводов, их соединяющих, а также позволит обеспечить более качественное смешение озона с водой и требуемое время их контакта.

Расчет основных параметров фильтра сводится к следующему.

Общий объем контакта озона с водой, образуемый контактной колонной и свободной полостью фильтра:

$$V_{ке} = \frac{1}{3} \cdot H_\phi \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{кф}^2 - D_{кк}^2) + H_\phi \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{кк}^2, \quad (23)$$

где: $\frac{1}{3}$ — минимальная часть свободного от загрузки объема фильтра, предназначенная для расширения загрузки при ее регенерации [10];

H_ϕ — высота контактного фильтра, м;

$D_{кф}$ — диаметр корпуса фильтра, м;

$D_{кк}$ — диаметр контактной колонны, м.

Этот объем также можно вычислить по регламентируемому времени контакта озона с водой, τ_k , которое согласно [11, 12] должно быть не менее 720 с:

$$V_{ке} = \tau_k Q_H = 720 \cdot Q_H \quad (24)$$

Решение двух этих уравнений относительно $(D_{кф}^2 - D_{кк}^2)$ дает:

$$(D_{кф}^2 - D_{кк}^2) = \frac{8640 Q_H - 3\pi H_\phi D_{кк}^2}{\pi H_\phi} \quad (25)$$

Необходимую площадь фильтрования воды можно определить по формуле [15]:

$$\frac{\pi}{4} \cdot (D_{кф}^2 - D_{кк}^2) = \frac{Q_H}{\omega_\phi},$$

где ω_ϕ — скорость фильтрования, м/с.

Тогда:

$$(D_{кф}^2 - D_{кк}^2) = \frac{4Q_H}{\pi\omega_\phi} \quad (26)$$

Совместное решение уравнений (23) и (24) позволяет определить диаметр контактной колонны:

$$D_{кк} = \sqrt{\frac{4Q_H(2160\omega_\phi - H_\phi)}{3\pi H_\phi \omega_\phi}} \quad (27)$$

Из выражения (25) можно определить также общий диаметр контактного фильтра $D_{кф}$:

$$D_{кф} = \sqrt{\frac{4Q_H}{\pi\omega_\phi} + D_{кк}^2} \quad (28)$$

Представляет определенный интерес сравнение объемов, занимаемых контактной колонной и фильтром, установленных последовательно по традиционной схеме и предлагаемым конструктивным вариантам:

$$V' = V_{кк} + V_\phi = \frac{\pi D_{кк}^2}{4} H_\phi + \frac{\pi D_\phi^2}{4} H_\phi$$

Или, выразив объемы узлов системы через объемную скорость воды и скорость фильтрования, получим:

$$V' = 720L_{\text{эс}} + \frac{L_{\text{эс}}}{\omega_{\text{ф}}} H_{\text{ф}}.$$

Аналогично объем контактного фильтра будет:

$$V_{\text{кф}} = \frac{Q_{\text{н}}}{\omega_{\text{ф}}} H_{\text{ф}}.$$

Тогда отношение объемов V' и $V_{\text{кф}}$ составит:

$$\frac{V'}{V_{\text{кф}}} = \frac{720\omega_{\text{ф}} + H_{\text{ф}}}{H_{\text{ф}}}. \quad (29)$$

В соответствии с рекомендациями [13] скорость фильтрования находится в пределах

7–10 м/ч, а высота фильтра составляет 1,5–2 м. При использовании предозонирования скорость фильтрования можно принять 8 м/ч. В этом случае выражение (19) будет иметь следующие значения:

$$\frac{V'}{V_{\text{кф}}} = \frac{720 \cdot 8 / 3600 + (1,5 \dots 2)}{(1,5 \dots 2)} = 2,07 \dots 1,8.$$

Это означает, что, применив в технологической схеме обработки воды контактный фильтр, можно добиться уменьшения объемов основных узлов СОВТ — фильтра + контактной колонны — в **1,8–2,07 раза** без учета сокращения протяженности соединяющих их трубопроводов, а значит, и снижения потерь давления воды на преодоление трения в трубах и местных сопротивлений.

Список литературы

1. Курников А. С., Михеева Т. А. Определение баланса воды при использовании водяного раскrojного стола с собственной системой очистки / А. С. Курников, Т. А. Михеева // Ген. докл., тез. докл.; МК «Великие реки». — Н. Новгород, 2008. — С. 217–218.
2. Кухарь В. П. Экотехнология. Оптимизация технологий производства и природопользования / В. П. Кухарь, И. Д. Зайцев, Г. А. Сухоруков. — Киев: Наукова думка, 1986. — 264 с.
3. Брусникин И. И. Очистка выбросов плазменно-резательных машин от оксидов азота / И. И. Брусникин, Л. Н. Григорьев [и др.] // Журнал «Технология судостроения». — 1985. — № 10. — С. 42–44.
4. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. — М.: Химия, 1992. — 282 с.
5. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В. М. Черкасский. — М.: Энергия, 1977. — 435 с.
6. Этин В. Л., Курников А. С., Худяков Л. А. Экспериментальные исследования параметров и коэффициентов процесса кондиционирования воды озоном // В кн.: Надежность и эффективность судовых систем. — Горький: ГИИВТ, 1981. — Вып. 184. — С. 25–50.
7. Этин В. Л. Теория работы судовых озонаторных станций // В кн.: Надежность и эффективность судовых систем. — Горький: ГИИВТ, 1981. — Вып. 184. — С. 3–25.
8. Наумов В. С. Управление окружающей средой на промышленных предприятиях водного транспорта: Монография. — Н. Новгород: Издательство ВГАВТ, 2002. — 220 с.
9. Матвеев Н. А. Некоторые вопросы расчета и конструирования озонаторов промышленного типа: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. — М., 1967. — 23 с.
10. Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.5.2-703-98. — М.: Минздрав России, 1998. — 144 с.
11. Курников А. С., Ванцев В. В. Применение остаточного озона // Труды ВГАВТ. — Н. Новгород, 2000. — Вып. 294. — С. 33–53.
12. Васькин С. В. Проектирование судовых систем приготовления питьевой воды с управляемым технологическим процессом: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Н. Новгород, 2000. — 22 с.
13. Этин В. Л. Теория работы судовых озонаторных станций // В кн.: Надежность и эффективность судовых систем. — Горький: ГИИВТ, 1981. — Вып. 184. — С. 3–25.

ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСУДОВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
СУДОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

TECHNOLOGY OF OUT-OF-SHIP POLLUTION TREATMENT

Исследовано одно из направлений предотвращения загрязнения водоемов при эксплуатации судов — внесудовая переработка сточной и подсланевой воды. Разработаны теоретические основы организации внесудовой очистки, технологические схемы и способы размещения внесудовых природоохранных технических средств.

The article investigates on of the directions of the reservoir pollution prevention while ships operating — outside recycling of waste and bilge water. Theoretical basis of arranging out-of-ship treatment, technological plans and methods of locating out-of ship nature protection facilities are worked out.

Ключевые слова: предотвращение загрязнения водоемов, внесудовая очистка, технология.
Key words: prevention of reservoirs pollution, out-of-ship treatment, technology.

КАК ИЗВЕСТНО, при эксплуатации судов образуются различные загрязнения, прежде всего это сточная и нефтесодержащая подсланевая вода [1, 2]. Современные природоохранные требования не разрешают сброс таких загрязнений без очистки [3]. Существуют два способа организации очистки судовых загрязнений — с помощью судовых установок и внесудовых природоохранных технических средств.

Организация внесудовой переработки судовых загрязнений предполагает решение следующих основных задач:

— выбор и обоснование технологии внесудовой переработки;

— выбор и обоснование мест расстановки внесудовых природоохранных технических средств на участке водных путей.

Технология внесудовой переработки загрязнений представляет собой совокупность операций по приему загрязнений у судов, временному хранению, транспортировке, передаче на очистные сооружения и очистке. Указанные операции осуществляются в определенной последовательности с помощью комплекса технических средств.

В зависимости от функциональных возможностей (от типа) технических средств каждая операция может быть осуществлена на отдельном техническом средстве или несколько операций могут быть выполнены на одном средстве.

При организации внесудовой очистки сточной и подсланевой воды выбор и обоснование технологии внесудовой очистки определяется возможностью или целесообразностью использования определенных технических средств с учетом конкретных условий для определенного участка водных путей. К упомянутым условиям прежде всего относятся: география участка водных путей, количество и тип судов, работающих на рассматриваемом участке водных путей, наличие населенных пунктов и некоторые другие.

В табл. 1 приведены несколько вариантов применения разных комплексов технических средств для организации внесудовой очистки судовых загрязнений. Указанные в таблице варианты технологии внесудовой очистки не исчерпывают все возможные.

Таблица 1

Технологические схемы организации внесудовой очистки судовых загрязнений

Технологическая операция				
Передача судовых загрязнений с судов	Временное хранение	Транспортировка	Передача на очистные сооружения	Очистка
На судно-сборщик ОС при его подходе к судам	Судно-сборщик ОС		С судна-сборщика ОС при подходе к несамоходной плавучей очистной станции	Несамоходная плавучая очистная станция
На судно-сборщик ОС при подходе к судам	Судно-сборщик ОС		С судна-сборщика ОС при подходе к береговым очистным сооружениям	Береговые очистные сооружения
На баржу-накопитель при подходе к ней	Баржа-накопитель	При буксировке баржи-накопителя	С баржи-накопителя при подходе к береговым очистным сооружениям	Береговые очистные сооружения

Одним из наиболее распространенных вариантов технологии внесудовой очистки сточной и подсланевой воды является вариант, который предполагает применение судов-сборщиков (типа ОС) для сбора загрязнений с судов и транспортировки на береговые очистные сооружения для последующей очистки. Операция хранения судовых загрязнений в данной схеме отсутствует.

Суда ОС обслуживают некоторые районы участка водных путей. Каждый район может обслуживаться одним или несколькими судами ОС. Суда ОС принимают загрязнения с судов, находящихся в пределах районов обслуживания, и доставляют загрязнения на береговые очистные сооружения, которые могут находиться в каком-то месте в пределах рассматриваемого участка водных путей.

Основными параметрами, которые характеризуют организацию сбора и очистки сточной и подсланевой воды по данной технологической схеме, являются:

— интенсивность образования судовых загрязнений на каждом районе обслуживания, т. е. количество загрязнений, образующихся в единицу времени (целесообразно количество загрязнений учитывать за навигацию);

— расстояние от районов обслуживания до мест возможного расположения береговых очистных сооружений;

— скорость доставки загрязнений судами ОС из районов обслуживания до береговых очистных сооружений.

На рис. 1 показан пример участка водных путей, на котором есть три района, обслуживаемые судами-сборщиками: ОС-1, ОС-2 и ОС-3.

Интенсивность образования судовых загрязнений q_i на каждом i -м районе обслуживания позволяет определить количество n судов ОС, необходимое для этого района:

$$n = q_i / g_i,$$

где $g_i = \sum g_n$ — суммарное количество судовых загрязнений, которое может быть принято с судов и перевезено на береговые очистные со-

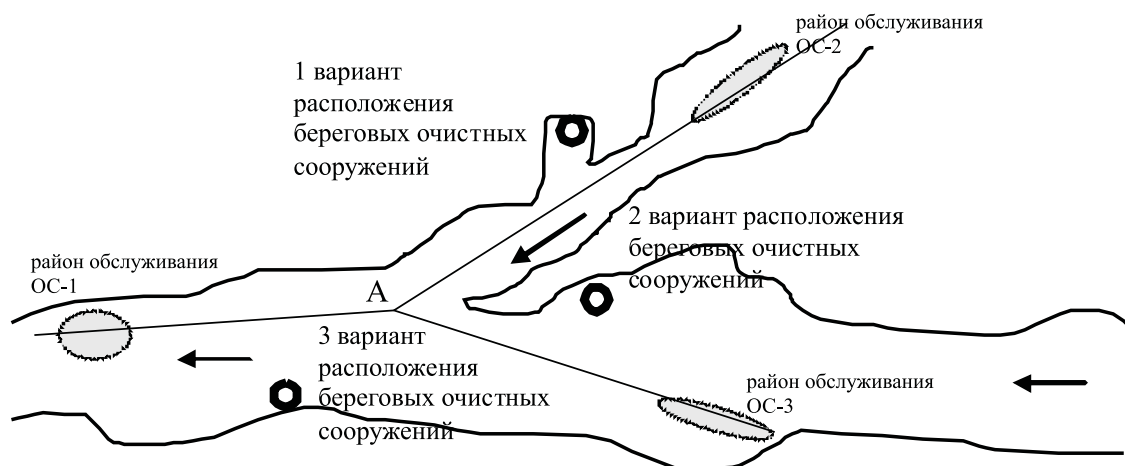


Рис. 1. Технологическая схема внесудовой очистки с судами ОС и береговыми очистными сооружениями

оружения n судами ОС в единицу времени (за навигацию) в рассматриваемом районе обслуживания.

Значение параметра g определяется с учетом затрат времени каждым судном ОС на прием и транспортировку НПВ на береговые очистные сооружения.

Общее количество загрязнений G , образующееся за навигацию во всех районах обслуживания рассматриваемого участка водных путей:

$$G = \sum g_i$$

Общая производительность W очистки судовых загрязнений на рассматриваемом участке водных путей, а также производительность w_m береговых очистных сооружений связаны следующими соотношениями:

$$W = G;$$

$$w_m = W/m,$$

где m — количество очистных сооружений.

Береговые очистные сооружения могут быть определенным образом размещены на участке водных путей.

Расстояния от районов обслуживания до мест возможного расположения береговых очистных сооружений, а также скорость доставки загрязнений ОС из районов обслуживания до береговых очистных сооружений позволяют определить оптимальное место расположения береговых очистных сооружений.

В целом в качестве оптимизируемого могут рассматриваться разные параметры.

Например, оптимальным размещением считается такое, которое обеспечивает наименьшие общие затраты времени на доставку загрязнений районов сбора до береговых очистных сооружений.

Каждое (i -е) судно ОС затрачивает некоторое время на доставку загрязнений к очистным сооружениям:

$$t_{ij} = 2s_{ij}/v_{ij},$$

где: s_{ij} — расстояние i -го судна-сборщика до сооружений, которые размещены по j -му варианту;

v_{ij} — средняя скорость i -го судна-сборщика на пути доставки загрязнений на очистные сооружения, расположенные по j -му варианту, и возвращения в свой район обслуживания.

За навигацию каждое судно-сборщик делает n_{ij} рейсов на очистные сооружения. Время, которое каждое судно-сборщик затратит на доставку загрязнений на очистные сооружения за навигацию, составит $T_{ij} = n_{ij} t_{ij}$. Общие затраты времени для всех судов-сборщиков за навигацию для j -го варианта размещения станции будет равно $T_j = \sum T_{ij}$.

Например, для ОС-1 (см. рис. 1) время на доставку загрязнений на очистные сооружения, которые расположены по 1-му варианту нахождения, составит $t_{11} = s_{11}/v_{11}$. Аналогично для ОС-2: $t_{21} = s_{21}/v_{21}$ и ОС-3 — $t_{31} = s_{31}/v_{31}$.

Общие затраты времени всех судов ОС при 1-м варианте размещения очистных сооружений:

$$T_1 = n_{11}(s_{11}/v_{11}) + n_{21}(s_{21}/v_{21}) + n_{31}(s_{31}/v_{31}).$$

Аналогично для 2-го и 3-го вариантов расстановки общие затраты времени составят:

$$T_2 = n_{12}(s_{12}/v_{12}) + n_{22}(s_{22}/v_{22}) + n_{32}(s_{32}/v_{32})$$

$$\text{и } T_3 = n_{13}(s_{13}/v_{13}) + n_{23}(s_{23}/v_{23}) + n_{33}(s_{33}/v_{33}).$$

Понятно, что при организации внесудовой очистки необходимо выбирать такой вариант расположения очистных сооружений, при котором общие затраты времени будут минимальными, то есть $T_j \rightarrow \min$.

Таким образом, оптимальному расположению очистной станции будет соответствовать наименьшее из предварительно рассчитанных значений T_1 , T_2 и T_3 .

Выше показано, как можно находить оптимальное решение при использовании одних очистных сооружений для очистки судовых загрязнений.

При использовании в рассматриваемой технологии нескольких очистных сооружений, которые имеют разную производительность очистки воды, оптимальное решение может быть получено путем определения оптимального плана перевозок методом северо-западного угла [4].

Рассмотренная выше технология внесудовой очистки обладает одним недостатком. В некоторый момент времени может возникнуть ситуация, когда возникает потребность сдачи судами накопленных загрязнений подсланевой воды, а судно ОС в этот момент времени не будет готово к их приему.

Решение указанной проблемы обеспечивается в технологии внесудовой очистки судовых загрязнений с использованием

барж-накопителей, которые размещены в определенных местах участка водных путей и принимают загрязненную воду с судов, обеспечивая ее временное хранение. При этом баржи-накопители одновременно играют роль буферных емкостей, которые сглаживают неравномерность между графиком поступления загрязнений и графиком их передачи на очистной комплекс (например, суда для комплексной переработки отходов — СКПО).

На рис. 2 показан участок водных путей и несколько районов обслуживания судов, на которых расположены баржи-накопители.

По мере заполнения барж-накопителей загрязнениями к ним подходят СКПО для приема загрязнений и последующей очистки.

Основными параметрами, которые характеризуют данную технологическую схему, являются:

- суточная интенсивность накопления загрязнений на каждом районе обслуживания;
- расстояния между баржами-накопителями.

В свою очередь суточная интенсивность q_i образования загрязнений на каждом i -м районе обслуживания позволяет определить общее количество загрязнений G , образующееся за навигационный период T на всех районах обслуживания:

$$G = T \sum q_i.$$

Передача загрязнений с барж-накопителей на СКПО может осуществляться по следующим основным вариантам.

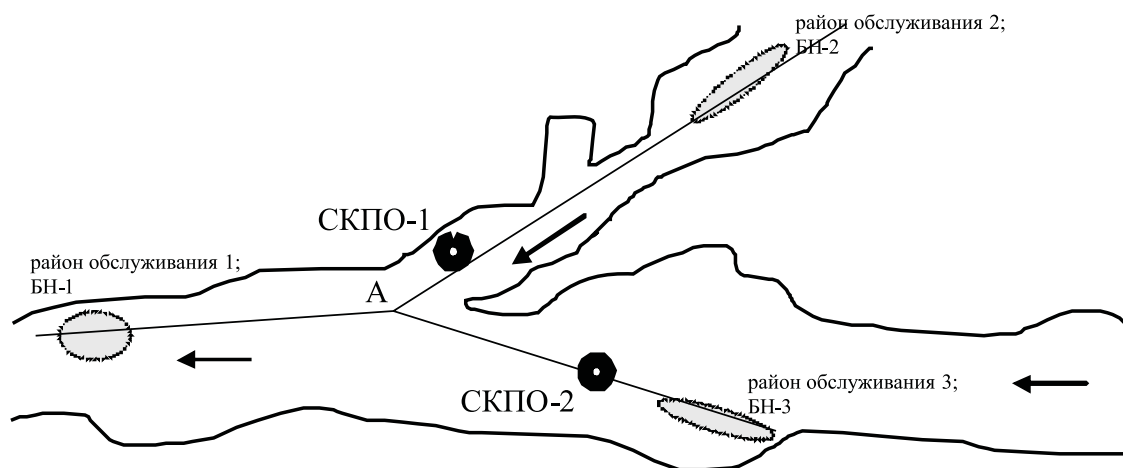


Рис. 2. Технологическая схема внесудовой очистки с баржами-накопителями и судами для комплексной переработки отходов

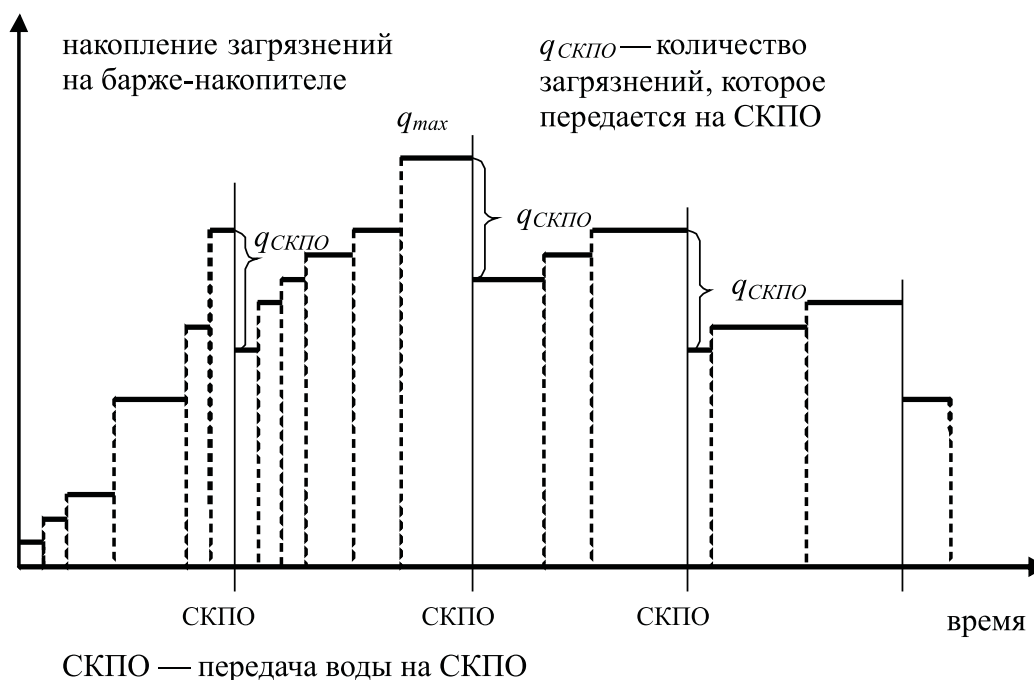


Рис. 3. Изменение количества загрязнений на барже-накопителе

В первом случае судно (одно или несколько) для комплексной переработки отходов осуществляет регулярное перемещение между баржами-накопителями, забирая у них определенное количество загрязнений. Тогда рабочий объем приемных емкостей каждой баржи-накопителя для каждого района определяется с учетом графика поступления загрязнений с судов и графика передачи загрязнений воды на СКПО. На рис. 3 показано изменение количества загрязнений в навигационный период с учетом приема с судов и передач на СКПО. Моменты передачи воды на СКПО отмечены вертикальными сплошными, а прием с судов — вертикальными пунктирными линиями.

Анализ этой зависимости показывает наличие максимума накопления q_{max} в некоторый момент навигационного периода.

Расчетное значение требуемого рабочего объема приемных емкостей баржи-накопителя v_i' должен составлять $v_i' = k q_{\text{max}}$, где: $k = 1, 2$ — коэффициент запаса;

q_{max} — значение максимального за навигационный период остатка загрязнений на барже-накопителе с учетом их поступления и передачи на СКПО.

Последнее предполагает, что при организации внесудовой очистки по данной технологии в наличии имеется баржа-накопитель, у которой фактический v_i рабочий объем емкостей равен расчетному v_i' значению рабочего объема приемных емкостей баржи-накопителя. При этом чаще всего может оказаться так, что для обеспечения приема загрязнений на разных районах обслуживания потребуются баржи-накопители с разным рабочим объемом. Указанные обстоятельства могут создавать понятные трудности в организации внесудовой очистки.

В другом случае организации внесудовой очистки по рассматриваемой технологической схеме могут использоваться те баржи-накопители, которые есть в наличии, а СКПО осуществляет сбор загрязнений по мере их накопления на баржах-накопителях. Недостатком этого варианта может оказаться частое заполнение барж-накопителей, если фактический v_i рабочий объем емкостей будет существенно меньше расчетного v_i' , то есть при $v_i \ll v_i'$. Как следствие, это приведет к увеличению общего навигационного пробега СКПО и расхода топлива.

Если же фактический v_i рабочий объем емкостей будет больше расчетного v_i' , т. е.

$v_i \gg v_i'$, это приведет не только к повышению затрат на постройку или приобретение баржи-накопителя, но и к снижению эксплуатационных затрат по СКПО.

В любом случае количество m СКПО, необходимое для переработки всего количества G загрязнений, которые накапливаются на рассматриваемом участке водных путей за навигационный период T , должно определяться как $M = G/w_i(T - t_{m.n.})p$,

где: w_i — производительность одной установки для переработки загрязнений на СКПО;

p — количество установок для переработки загрязнений на СКПО;

$t_{m.n.}$ — общее за навигацию время техно-

логических перерывов между включениями установок.

Аналогичным образом могут быть разработаны и исследованы другие технологические схемы внесудовой очистки судовых загрязнений. Выбор технических средств, входящих в состав разрабатываемой технологической схемы внесудовой очистки, определяется конкретными условиями участка водных путей. Рассмотренные в настоящей работе варианты технологий можно считать стандартными, на их примере показана методика выбора и обоснования технологических схем внесудовой переработки судовых загрязнений.

Список литературы

1. Решняк В. И. Экология. Охрана окружающей среды на водном транспорте. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 105 с.
2. Зубрилов С. П., Косовский В. И. Охрана окружающей среды на водном транспорте. — М: Транспорт, 1987. — 275 с.
3. РД 152.011.00. Наставления по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов.
4. Решняк В. И., Решняк К. В. Оптимизация КОФ. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 35 с.
5. Решняк В. И. Экологическая безопасность при перегрузке нефти и нефтепродуктов в портах. — СПб.: СПГУВК, 2006. — 233 с.

УДК 629.12-8:502.7

А. С. Курников,

д-р техн. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»;

Д. С. Мизгирев,

канд. техн. наук,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ ДЛЯ СУДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

PROBLEMS OF DESIGNING GAS PURIFICATION SYSTEMS FOR THE SHIPS OF COMPLEX WASTE PRODUCTS TREATMENT

Статья посвящена решению актуальной проблемы снижения эмиссий судовых газовых выбросов. Авторами достаточно подробно рассмотрены применяемые в настоящее время способы снижения ток-

сичности выбросов. Предложена технология, позволяющая обеспечить требования современной нормативно-технической документации по качеству выбросов.

The article is dedicated to decision of the actual problem of the reduction emission of ship gas surge. The authors consider in details the ways of reduction of surge toxicity. They offered technology, allowing to provide the requirements of modern normative-technical documentation on quality of surge.

Ключевые слова: комплексная переработка, очистка, выпускные газы, циклонно-пенный аппарат.
Key words: complex processing, clearing, final gases, cyclone-foam device.

В НАСТОЯЩЕЕ время предельную актуальность приобрела проблема сохранения природы и здоровья человека, для чего применяются широкие программы по защите окружающей среды от вредных воздействий техники и транспорта.

Эксплуатация судов неизбежно связана с возникновением и решением проблем охраны окружающей среды и обеспечения соответствия выбросов и сбросов загрязняющих веществ современным нормативным требованиям.

Среди основных выбросов наиболее существенными и вредными составляющими являются выпускные газы судовых энергетических установок (СЭУ).

Несмотря на влияние финансового кризиса, в последние годы наблюдается рост грузо- и пассажироперевозок речным флотом, а также использование транзитных судов в качестве стационарных гостиниц, причалов, накопителей, насосных станций и т. п. Судовладельцы используют топлива худшего качества, экономят на комплексном обслуживании флота (КОФ) и ремонтах судов, вынуждены производить несанкционированные сбросы. Указанные причины приводят к повышению эмиссии вредных загрязняющих веществ с судов в окружающую среду.

Кроме этого, отечественные суда, построенные до введения поправок к конвенции МАРПОЛ-73/78 о загрязнении воздуха с судов 18.05.05 № 10.16-1/1007, не допускают захода этих судов во многие европейские порты при использовании собственных главных энергетических установок, что значительно затрудняет торговые отношения.

Для решения проблемы обеспечения экологической безопасности судоводного участка при всех видах КОФ можно рекомендовать применение современных авто-

номных СКПО, отличающихся комплексным подходом к утилизации судовых отходов. Это обеспечит максимальный экономический эффект у потребителя при минимальных эксплуатационных затратах. Применение их актуально и сможет устранить основные недостатки существующей системы, а мобильность, обслуживание любого судоводного участка, максимальная эффективность не требуют постройки капитальных сооружений, также невелики затраты на строительство и эксплуатацию. Применяемые системы переработки отдельных видов отходов, объединенные в комплексы, смогут обеспечивать высокое качество очистки, отвечая не только существующим, но и перспективным требованиям природоохранного законодательства.

Необходимо учитывать то обстоятельство, что в 95 % всех видов судовых отходов имеется «скрытая» энергия в виде теплоты при сгорании, которая до сих пор не получила широкого применения.

Обозначенные проблемы можно комплексно решить посредством переработки вредных загрязняющих сточных (СВ), нефте-содержащих вод (НВ) и мусора в полезную тепловую энергию посредством генерации перспективного вида топлива — биогаза и сжигания его с прочими отходами на судах СКПО. Авторами разработана технология, обеспечивающая не переработку, а утилизацию отходов. Так, нефтепродукты, сухой бытовой и производственный мусор, шламы СВ и НВ утилизируются сжиганием. Перспективно использование альтернативного вида топлива — биогаза, генерируемого из осадка СВ и пищевых отходов. Получаемую теплоту целесообразно использовать для нужд самого судна: производства тепловой и электрической энергий, пропульсивного комплекса и т. п.; избыточная энергия может передаваться внеш-

ним потребителям. В результате реализации технологии на СКПО будут скапливаться небольшое количество перерабатываемого мусора и сухой зольный остаток, которые необходимо сдавать на береговые предприятия.

Отмеченные выше преимущества и особенности работы СКПО налагают соответствующие требования и на СЭУ. В зависимости от условий эксплуатации СКПО должны быть обеспечены надежные режимы энергоснабжения перерабатывающего и движительного комплексов, выдачи энергии внешним и внутренним потребителям, переходные режимы.

Решением указанной задачи является применение комбинированной СЭУ, имеющей в своем составе современные электрогенераторные установки, использующие как нефтяное топливо, так и «скрытую» энергию отходов. В качестве последних целесообразно применение агрегатов с приводными паровыми турбинами или поршневыми машинами.

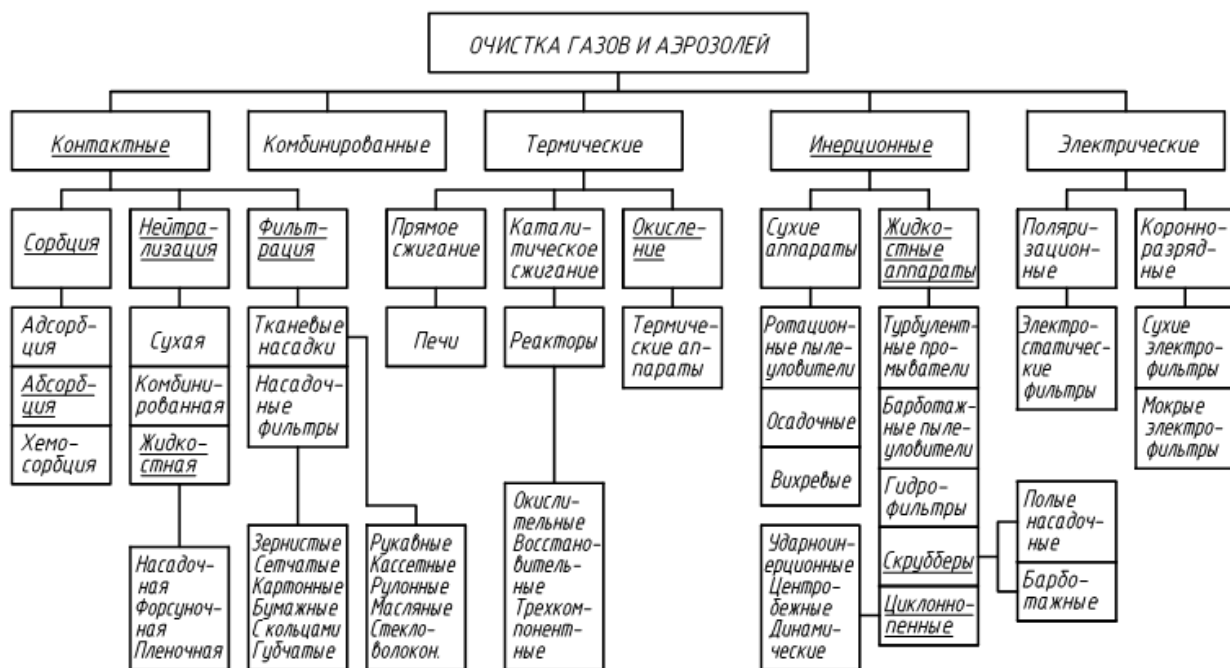
Для решения поставленной задачи в настоящее время уже разработан поршневой паровой бесшатунный двигатель двойного расширения $2 \times \frac{90 \times 220}{180}$. Он спроектирован на высоком уровне и по ряду показателей уже не уступает совершенным дизельным двигателям, что позволит применить его в составе СЭУ СКПО (патент РФ № 2359134).

Однако здесь следует отметить, что при подобном разнообразии видов топлива, сжигаемых в котлоагрегате СКПО, возникает опасность загрязнения атмосферы различными продуктами сгорания. Данный вопрос актуален еще и потому, что их эксплуатация возможна также на судоходных участках в границах населенных пунктов, что вносит дополнительные ограничения на качество выпускаемых дымовых газов. В связи с этим при реализации процесса термической утилизации эксплуатационных судовых отходов и продуктов их переработки необходимо применение системы газоочистки, обеспечивающей выполнение требований ГОСТ 17.2.3.01-76 «Охрана природы. Атмосфера. Контроль качества воздуха населенных пунктов».

Ниже на схеме приведены основные методы очистки газов и аэрозолей, которые разделены по нескольким признакам: по принципу действия средств очистки, по конструкции, по степени очистки и т. п.

Среди самых малозатратных мероприятий по снижению токсичности выбросов СЭУ распространены: применение водотопливной эмульсии, очистка газов и их рециркуляция.

Наличие ряда специфических требований к судовым способам очистки, а также сравнительно небольшое возможное разно-



образе применяемых методов обработки приводят к тому, что для практического использования может быть рекомендован ограниченный ряд методов: фильтрация, сорбция, нейтрализация и инерционные жидкостные аппараты. Три последних относятся к «мокрым» методам очистки, и это вполне объяснимо, поскольку у судна для этого имеется неограниченный объем рабочей среды — воды. Кроме этого, они соответствуют судовым условиям по массогабаритным характеристикам, возможностью работать на переменных режимах СЭУ, малым гидравлическим сопротивлением, минимальным запасом реагентов, низким удельным энергопотреблением и пожаробезопасны. И последнее: после очистки и нейтрализации используемую для обработки газа воду из ЦПА с $\text{pH} = 2-3$ (кислая) целесообразно направлять в цистерну исходных СВ, где она будет частично их обеззараживать.

Особый интерес вызывают метод нейтрализации жидкостной пленкой и инерционный метод, осуществляемый в скрубберах и циклонно-пенных аппаратах (ЦПА). Произведя сравнительный анализ этих двух методов, следует отдать предпочтение инерционному по следующим причинам:

- при качке и вибрации может быть нарушена целостность пленки жидкости, тем самым нарушится технологический процесс очистки газов;

- удельная площадь межфазной поверхности (газ и вода) значительно (на порядок) больше у второго метода;

- скруббер и ЦПА дополнительно выполняют роль глушителя;

- «мокрый» инерционный метод дает более высокие результаты по снижению концентраций вредных веществ и твердых включений в газе, чем нейтрализация жидкостной пленкой.

Следовательно, для очистки выпускных газов СЭУ на СКПО наиболее рационально применение «мокрого» инерционного метода с использованием ЦПА.

Кроме этого, в настоящее время опубликованы положительные результаты исследований по снижению токсичности промышленных выбросов котельных (прежде всего NO_x , SO_x) путем введения в продукты сгора-

ния в зоне дожигания котла водных растворов азотистых соединений (аммиачной воды).

Описанный принцип также целесообразно применить в системе газоочистки СКПО исходя из следующих соображений:

1. Способ наиболее надежен при внедрении его на установках, содержащих котлы средней и большой мощности. На СКПО в составе СЭУ целесообразно применение котлоагрегатов. Судовые автономные котлоагрегаты отличаются высокой надежностью и простотой конструкции, в связи с чем могут быть без больших капитальных вложений дооборудованы системой впрыска аммиачной воды в зону дожигания.

2. Для реализации технологии требуется специально приготовленный раствор химических соединений. В технологическом процессе очистки СВ как один из продуктов переработки образуются соединения аммонийного азота, которые легко преобразовать в необходимую нам аммиачную воду.

3. Котлоагрегат СЭУ СКПО будет работать в стабильном, практически постоянном режиме, что позволит обеспечить полное протекание необходимых химических реакций.

4. Впрыск аммиачной воды позволит снизить температуру уходящих газов, что снизит теплонапряженность деталей котла и газохода, а также обеспечит устойчивую работу ЦПА.

5. В комплексе с ЦПА описанная технология очистки уходящих газов позволит обеспечить соответствие выбросов самым строгим требованиям нормативной документации.

Таким образом, дымовые газы перед выходом в атмосферу целесообразно пропустить через установку газоочистки с улавливанием твердой и связыванием части газообразной фазы.

В современных условиях перед речным флотом стоит задача получения максимальной прибыли, для этого необходимо увеличить объем перевозок грузов и пассажиров при снижении затрат на обслуживание флота. Следовательно, необходимо обновить речной флот, оснащая его экономичными, экологичными и комфортабельными судами, а также обеспечить его инфраструктуру, чему и способствует разработка предлагаемого проекта.

Список литературы

1. Константинова С. А. Эти «кислые» дожди... // Изобретатель и рационализатор. — 2006. — № 2. — С. 32.
2. Лебедева Е. А., Лоцилова Е. В. Совершенствование методов очистки выбросов промышленных котельных // Приволжский научный журнал. — 2010. — № 2. — 270 с.
3. Охрана природы. Атмосфера. Контроль качества воздуха населенных пунктов: ГОСТ 17.2.3.01-76. — Введ. 22.09.1976. — М: Изд-во стандартов, 1976. — 12 с.
4. Патент на полезную модель № 2009104258/22, МПК C02F11/00. Комплекс систем для мобильной станции переработки эксплуатационных судовых отходов с целью их последующей рекуперации / Курников А. С., Мизгирев Д. С.; заявитель и патентообладатель ФГОУ «ВПО «ВГАВТ». — № 2009104258/22 (05658); заявл. 09.02.2009. — 5 с.
5. Патент на изобретение № 2007119837/15, МПК C02F11/00. Мобильная станция комплексной переработки эксплуатационных судовых отходов с целью их последующей рекуперации / Курников А. С., Мизгирев Д. С.; заявитель и патентообладатель ФГОУ «ВПО «ВГАВТ». — № 2007119837/15 (021615); заявл. 28.05.2007. — 8 с.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 338.001.76

О. В. Малиновская,
д-р. экон. наук, профессор,
СПГУВК;

И. П. Скобелева,
д-р. экон. наук, профессор,
СПГУВК

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПОРТОВЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

CLUSTER APPROACH AND MANAGEMENT OF THE PORT SECTOR

В статье обоснована необходимость развития кластерного подхода в портовом хозяйстве России как модели развития конкурентоспособности транспорта и обеспечения роста его инвестиционного потенциала.

The article justifies the need to develop a cluster approach in the port sector of Russia as a model for developing competitive transport and growth of its investment potential.

Ключевые слова: кластер, портовое хозяйство, конкурентоспособность, географическая (территориальная) концентрация.

Key words: cluster, port facilities, competitiveness, geographical (territorial) concentration.

ПРОБЛЕМЫ глобализации ставят перед современным этапом национального развития задачу обеспечения конкурентоспособности экономики страны и ее территорий в контексте мировой экономики. В этих условиях кластерный подход приобретает значимый смысл и особую актуальность.

Введение кластерного подхода, занимающего приоритетное положение в решении задач обеспечения конкурентоспособности в соответствии с моделью М. Портера, требует обоснованного подхода к содержательному потенциалу категории «кластер».

Классический подход к определению, представленный в работах М. Портера, под кластером рассматривает «группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга»¹.

С развитием современной теории и практики наблюдается тенденция выделения

трех развернутых и одновременно аппроксимированных трактовок категории «кластер», каждая из которых позволяет идентифицировать его основные черты:

— это регионально ограниченные формы экономической активности внутри взаимосвязанных секторов экономики, обычно интегрируемые с теми или иными научными учреждениями (НИИ, университетами и т. д.);

— это вертикальные производственные и транспортные цепочки; довольно узко определенные секторы, в которых смежные этапы производственного процесса образуют ядро кластера (например, цепочка «поставщик — производитель — сбытовик — клиент»); в эту же категорию попадают сети, формирующиеся вокруг головных фирм;

— это отрасли промышленности, транспорта и т. д., функционирующие на высоком уровне агрегации (например, «химический кластер») или совокупности секторов на еще более высоком уровне агрегации (например, «агропромышленный кластер», «транспортный кластер»).

Также в современных научных исследованиях существует два подхода, обуслав-

¹ Портер Майкл Э. Конкуренция: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. С. 207.

ливающих необходимость географической концентрации организаций, ведущих к активизации кластерной политики.

Первый подход базируется на существовании и анализе основных детерминант географической концентрации организаций, ведущей к повышению конкурентоспособности территорий. К этим детерминантам относятся:

- достижение максимального эффекта от распределения затрат на поддержание и развитие общих для нескольких организаций ресурсов, например создание деловой, транспортной, финансовой, социальной, коммунальной инфраструктуры на определенной территории;

- обеспечение снижения цен и сроков поставок необходимого для бизнеса оборудования и иных товаров и услуг;

- эффективная реализация «кривой опыта» как ключевого элемента структуры отрасли или территории. Концентрация фирм в пределах одной местности способствует распространению «неявного знания», то есть тех знаний и опыта, которые не могут быть легко формализованы и переданы, потому что они тесно связаны с собственными индивидами-носителями. Так, по мнению Макдональда, *«Работа индивидов на фирмы и большая часть их ценности для работодателей связана с их членством в сетях [network], однако членство в сетях является принципиально личным делом, выходящим за пределы фирм и даже лояльности к фирмам»*¹. Географическая близость важна не для распространения формализуемого научного знания, а для распространения менее формального неявного знания.

Второй подход. Майкл Портер представил несколько иное объяснение географической концентрации компаний. По его мнению, первопричина территориальной концентрации состоит в конкуренции. Если на местном рынке появилась высококонкурентоспособная компания, выбор для остальных становится крайне жестким: либо повысить

свою конкурентоспособность, либо уйти с рынка. Постепенно возникает сообщество фирм с очень высокой конкурентоспособностью. Выходя на другие регионы и иностранные рынки, эти фирмы легко уничтожают местных конкурентов, не прошедших столь жесткий отбор. В результате на отраслевом рынке доминирует кластер фирм, сосредоточенных на одной территории. «Создавая критическую массу для необычайно конкурентного успеха в определенных областях бизнеса, кластеры оказываются ярко выраженной особенностью практически любой национальной, региональной и даже столичной экономики, особенно кластеры государств с прогрессивной экономикой»².

Принципиальных различий между двумя подходами не существует, но они позволяют идентифицировать элементы роста эффективности кластерной политики и могут дополнять друг друга.

Чаще всего термин «кластер» употребляют применительно к отдельным отраслям промышленности, но, как свидетельствует практика становления кластеров, существуют и транспортные кластеры. Например, в Нидерландах вся экономика страны поделена на 10 «мегакластеров», крупнейшим из которых является транспортный.

С нашей точки зрения, проблема кластеров в контексте развития портового хозяйства России становится наиболее востребованной на современном этапе, поскольку кластерный подход будет способствовать эффективному становлению и развитию портовых особых экономических зон (ПОЭЗ) как нового института развития отраслевого инвестиционного и инновационного потенциала. Позиция авторов статьи по одновременному эффективному развитию двух институциональных структур рыночной экономики — кластеров и ПОЭЗ — может быть обоснована рядом принципиальных аргументов:

- торможением и сложностью создания и функционирования ПОЭЗ в национальной экономике, недостатками его правового и организационного механизма, которые

¹ Macdonald S. Formal Collaboration and Informal Information Flow // International Journal of Technology Management. 1992, 7 (1/2/3). P. 49–60.

² Портер Майкл Э. Конкуренция: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. С. 206.

можно преодолеть, используя кластерный подход;

- переносом центра тяжести по развитию и управлению ПОЭЗ на региональный уровень, что совпадает со спектром деятельности кластеров;

- совпадением целевых параметров территориальной концентрации в ПОЭЗ и кластерах — обеспечение (повышение) конкурентоспособности территорий и отрасли в целом.

Интеграция этих институциональных структур позволит расширить спектр деятельности, включаемой в понятие «портовое хозяйство» при создании ПОЭЗ, на основе которого и будет реализована основная идея функционирования кластеров и ПОЭЗ — обеспечение конкурентоспособности транспорта (территориальной и национальной). Кроме того, кластерный подход в рамках ПОЭЗ позволит решать еще целый ряд актуальных проблем национальной экономики:

- осуществлять анализ конкурентоспособности государства, региона, транспортной отрасли;

- формировать основы транспортной политики и стратегии;

- выступать основой стимулирования инновационной деятельности на транспорте.

Важной отличительной чертой кластера является его инновационная ориентированность. Наиболее успешные кластеры формируются там, где осуществляется или ожидается прорыв в области техники и технологии производства с последующим выходом на новые «рыночные ниши». В этой связи многие страны — как экономически развитые, так и развивающиеся — все активнее используют кластерный подход в формировании и регулировании своих национальных инновационных программ;

- формировать ключевые параметры транспортного регионального развития;

- выступать основой эффективного взаимодействия крупного и малого бизнеса, что имеет принципиальное значение для развития портового хозяйства.

Со временем эффективно действующие портовые кластеры могут стать потребителями крупных капиталовложений, решая задачу

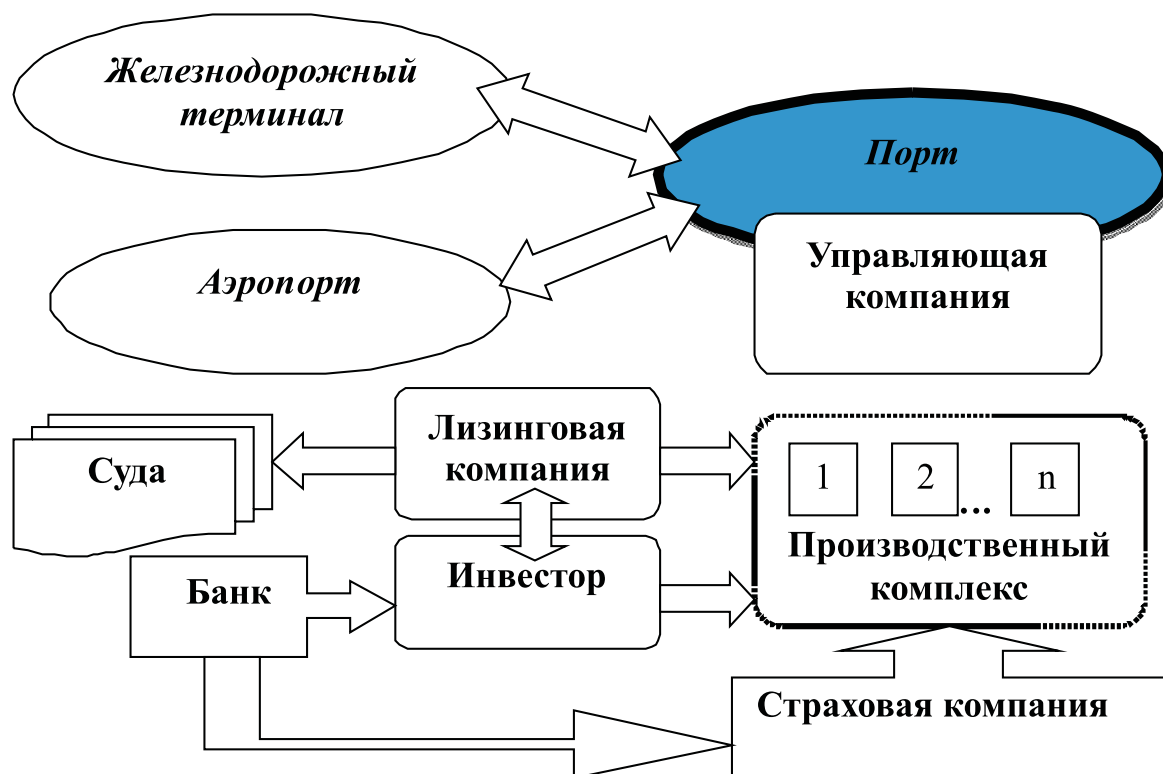
роста инвестиционного потенциала транспортной отрасли, и инструментом развития ГЧП, поскольку кластер является не просто суммой отдельных его частей, а системой, обладающей существенным синергетическим эффектом. Центром кластера чаще всего бывает несколько мощных компаний порта, при этом между ними сохраняются конкурентные отношения. Этим кластер отличается от картеля или финансовой группы. Концентрация соперников, их покупателей и поставщиков способствует росту эффективной специализации производства по видам портового хозяйства. При этом кластер дает работу и множеству мелких фирм и малых предприятий. Кроме того, кластерная форма организации приводит к созданию особой формы инновации — «совокупного инновационного продукта». Объединение в кластер на основе вертикальной интеграции формирует не спонтанную концентрацию разнообразных научных и технологических изобретений, а определенную систему распространения новых знаний и технологий. При этом важнейшим условием эффективной трансформации изобретений в инновации, а инноваций — в конкурентные преимущества является формирование сети устойчивых связей между всеми участниками кластера.

Модели структур портового кластера могут быть разнообразными и зависят от стратегии развития того или иного порта.

Видение авторами статьи эффективной модели портового кластера отражено на рисунке ниже. Определим позиции стратегии данной структуры кластера.

1. Включение в состав портового кластера железнодорожного терминала и аэропорта (в ряде случаев) осуществлено с целью его превращения в важнейший узел транспортировки межгосударственной значимости.

2. Для привлечения в порт новых судов целесообразно создание лизинговой компании. На стадии становления кластера она может поставлять малотоннажные суда для прибрежного рыбного лова (современное оснащение, производство во взаимодействии с ведущими мировыми корпорациями). Лизинговая компания будет выбирать фирмы для обслуживания тех судов, которые она поставляет на рынок. Тем



Модель структуры портового кластера

самым лизинговая компания формирует рынок для судоремонтной отрасли региона и послепродажного обслуживания судов.

3. Рост заказов будет происходить постепенно. Это накладывает определенные требования по формированию производства под бизнес послепродажного обслуживания судов.

На стартовом этапе создается управляющая компания. Она берет на себя функцию формирования портфеля заказов и их распределения между субподрядчиками, которые специализируются на отдельных видах работ. Ответственность перед заказчиками несет управляющая компания; субподрядчики несут ответственность перед данной компанией.

Управляющая компания также берет на себя функции, касающиеся маркетинга (стимулируя рост заказов) и координации с целью создания условий для эффективного взаимодействия. Она является ключевым звеном

системы, так как в ней собирается основная информация по продажам. В лизинговой компании аккумулируется информация по промышленному капиталу. В банке — информация по финансовому состоянию всей структуры. Депозитарий (структурное подразделение банка) накапливает информацию для управления капиталом кластера. Страховая компания формирует финансовые средства, что позволяет привлекать к участию инвесторов, находящихся вне региона портового кластера. Производственный комплекс определяет тип оборудования и является непосредственным исполнителем заказов.

В соответствии с намеченной стратегией, определяющей направления деятельности порта, данная структура кластера обладает свойствами самодостаточности и эффективности, которые будут способствовать росту инвестиционного потенциала транспортной отрасли.

Список литературы

1. Адамова К. З. Кластерная политика как инструмент повышения конкурентоспособности национальной экономики // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2009. — № 38. — С. 172–177.
2. Важеннин С. Г., Сухих В. В. Трудности становления кластеров в России / С. Г. Важеннин // Экономика региона. — 2009. — № 2. — С. 169–179.
3. Портер Майкл Э. Международная конкуренция. — М.: Международные отношения, 1993.
4. Портер Майкл Э. Конкуренция: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.

УДК 658.011

Л. А. Ротко,

доцент,

ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»;

И. А. Кочеганова,

преподаватель,

ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРИБЫЛИ МОРСКОГО ПОРТА

ESTIMATION OF A SEA PORT PROFIT FORMATION AND DISTRIBUTION

Рассмотрены вопросы формирования и распределения чистой прибыли морского порта. Определены и проанализированы показатели эффективности распределения прибыли. Дана оценка дивидендной политики предприятия.

The problems of net profit formation and distribution of a sea port have been examined. The effectiveness of profit distribution has been analysed and determined. The estimate of the plant dividend policy is given.

Ключевые слова: эффективность, распределение прибыли, фонд накопления, фонд потребления, акция, дивиденды, чистые активы, рентабельность.

Key words: effectiveness of profit distribution, accumulation fund, consumption fund, share, dividends, net assets, profitability.



ФИНАНСОВЫЕ результаты деятельности предприятия характеризуются суммой полученной прибыли и уровнем рентабельности, которые в свою очередь определяют эффективность хозяйствования предприятия по всем направлениям его деятельности: производственной, сбытовой, снабженческой, финансовой и инвестиционной. Они составляют основу экономического развития предприятия и укрепления его финансовых отношений со всеми участниками

коммерческого дела. Рост прибыли создает финансовую базу для самофинансирования, расширенного воспроизводства, решения проблем социального и материального поощрения персонала.

В системе морского транспорта наряду с флотом важнейшее место занимают морские порты.

Открытое акционерное общество «Новороссийский морской торговый порт» (ОАО «НМТП») — одно из предприятий морской

отрасли, от ритмичной работы которого во многом зависит эффективность функционирования российской экономики. ОАО «НМТП» оказывает широкий спектр стивидорных и портовых услуг и является крупнейшим в России портовым оператором. По информации Ассоциации российских морских портов, на долю НМТП приходится около 20 % всех импортных и экспортных поставок, осуществляющихся через морские порты России. В 2009 г. годовой грузооборот порта превысил 80 млн т, а балансовая прибыль — 6,8 млрд руб.

Для эффективного управления прибылью предприятия необходимо учитывать как особенности ее формирования, так и направления рационального использования. Распределение прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, — одно из направлений внутрифирменного планирования.

Прибыль, получаемая организацией в результате хозяйственно-финансовой деятельности, распределяется между государством и самой организацией как хозяйствующим субъектом. Объектом распределения является балансовая прибыль. Государство в законодательном порядке определяет ту ее часть, которая подлежит внесению в соответствующие бюджеты в виде налогов и других обязательных платежей. Принципиально важно, чтобы при этом соблюдались интересы как государства, так и коммерческих организаций. Размер изъятия прибыли в бюджет не должен снижать заинтересованность хозяйствующих субъектов в расширении объемов и улучшении финансовых результатов предпринимательской деятельности.

Одной из наиболее сложных задач политики управления прибылью предприятия является рациональное распределение прибыли. Сложность решения этой задачи заключается в том, что при распределении прибыли должна быть достигнута оптимальность в удовлетворении интересов трех сторон: государства, руководства предприятия и трудового коллектива. При этом государство заинтересовано получить большую часть прибыли в бюджет, руководство стремится направить максимальную сумму на расширенное воспроизводство, а работники предприятия заинтересованы в

повышении оплаты труда. Если государство облагает прибыль предприятия слишком высокими ставками налогов, то пропадает стимул дальнейшего развития предприятия. Если руководство решает использовать всю сумму прибыли на материальное стимулирование труда своих работников, то не будет средств для обновления основных фондов, в результате произойдет снижение объемов реализации и, как следствие, — снижение заработной платы и сокращение рабочих мест. Если будет слишком низка доля средств, направляемых на материальное стимулирование, то это отрицательно скажется на производительности труда. Таким образом, на каждом предприятии должен быть найден оптимальный вариант распределения прибыли.

Другой стороной проблемы распределения прибыли является необходимость учета противоположных интересов собственников предприятия — получение высоких текущих доходов или увеличение их размеров в перспективе.

Высокая значимость прибыли для развития предприятия, удовлетворения интересов трудового коллектива, собственников предприятия, государства делает очевидным, актуальным и необходимым эффективным управление прибылью.

Распределение прибыли представляет собой процесс формирования направлений ее последующего использования в соответствии с целями и задачами развития предприятия.

Основной целью распределения прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, является оптимизация пропорций между капитализируемой и потребляемой ее частями с учетом обеспечения реализации стратегии его развития и роста его рыночной стоимости.

Капитализированная (нераспределенная) прибыль является показателем, характерным сугубо для рыночной системы хозяйствования. Она отражает экономический рост предприятия, базирующийся на собственных средствах, полученных в результате хозяйственной деятельности.

В основе распределения прибыли по направлениям лежит выбранная предприятием стратегия развития. Чистая прибыль используется по направлениям, определенным соб-

ственниками предприятия в учредительных документах.

Основным источником прибыли предприятия является прибыль от реализации, которая определяется как разность между выручкой от реализации и полной себестоимостью оказанных услуг.

Выручка от реализации порта — это сумма денежных средств, полученных предприятием за оказанные стивидорные услуги. Это главный источник средств для возмещения затрат. Выручка ОАО «НМТП» формируется из трех источников:

1. Деятельность грузовых районов (формирование выручки происходит за счет платы

за производство погрузочно-разгрузочных работ).

2. Деятельность нефтерайона.

3. Прочая деятельность, относящаяся к основной.

Выручка и себестоимость услуг грузовых районов формируются в результате осуществления погрузочно-разгрузочных работ с импортно-экспортными сухими грузами.

Выручка и себестоимость услуг нефтерайона формируются при оказании сторонним организациям услуг по обеспечению работ, связанных с нефтеналивом.

Динамика указанных показателей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Динамика финансовых показателей ОАО «НМТП»

Показатели	Годы		Темп роста, %
	2007	2008	
1. Выручка от реализации, млн руб.	6555	8305	126,7
2. Полная себестоимость оказанных услуг, млн руб.	2981	2919	97,9
3. Прибыль от реализации, млн руб.	3574	5386	150,7

Выручка от реализации порта в 2008 году возросла по сравнению с 2007-м на 26,7 %. Эта положительная тенденция отмечается по всем направлениям текущей деятельности: по грузовым районам, нефтерайону, прочим видам деятельности.

Одним из основных факторов, обеспечивших рост выручки в отчетном периоде, является введение с 8 июня 2008 года в действие новых тарифов на погрузочно-разгрузочные работы и связанные с ними услуги, оказываемые ОАО «НМТП» (приказ ФСТ России № 388-Т/3 от 27.11.07, № 58-Т/1 от 15.04.08). Положительное влияние оказал также рост курса доллара по отношению к рублю во второй половине 2008 года.

Полная себестоимость основной деятельности ОАО «НМТП» снизилась на 2,1 %. Это связано со снижением расходов на ремонт основных фондов и на страхование имущества.

Как результат, прибыль от реализации ОАО «НМТП» в 2008 году возросла на 50,7 % по сравнению с 2007 годом. Улучшение финансовых результатов порта во многом предопределено высокими темпами прироста выручки по сравнению с темпами прироста полной себестоимости. Это характеризует эффективность деятельности ОАО «НМТП» по производству погрузочно-разгрузочных работ.

Порядок формирования чистой прибыли ОАО «НМТП» представлен в табл. 2:

Таблица 2

Формирование чистой прибыли ОАО «НМТП», млн руб.

Показатель	2007 год	2008 год	Абсолютное отклонение	Темпы роста, %
Доходы, в том числе	7826	9363	1537	119,6
выручка от реализации	6555	8305	1750	126,7

Таблица 2
(Окончание)

прочие	1271	1059	–212	83,3
Расходы, в том числе	4764	6745	1981	141,6
полная себестоимость (с управленческими расходами)	2981	2919	–62	97,9
прочие	1783	3826	2043	214,6
Прибыль до налогообложения	3062	2618	–444	85,5
Налог на прибыль с учетом отложенных налоговых активов и обязательств	828	679	–149	82,0
Чистая прибыль	2234	1939	–295	86,8

Чистая прибыль предприятия в 2008 году уменьшилась по сравнению с 2007-м на 295 млн руб., или на 13,2 %. Среди основных факторов, вызвавших такое сокращение чистой прибыли, можно назвать изменения в сумме доходов, расходов и удельного веса чистой прибыли в налогооблагаемой.

Основной причиной снижения чистой прибыли стало резкое увеличение прочих расходов на 114,6 %, приведшее к сокращению чистой прибыли на 1491 млн руб. Прирост доходов на 19,6 % оказал положительное влияние на чистую прибыль в сумме 1122 млн руб., несмотря на отрицательное влияние прочих доходов.

Таким образом, приведенные показатели свидетельствуют, что получение положительного финансового результата (прибыли) является результатом основной деятельности ОАО «НМТП» и, следовательно, несмотря на ухудшение результатов 2008 года, характеризуется относительной устойчивостью. Прочие

операции в целом убыточны из-за высоких значений прочих расходов, при этом удельный вес прочих доходов невелик. Это означает, что источники формирования прибыли достаточно стабильны.

Прибыль, остающаяся в распоряжении ОАО «НМТП», используется им самостоятельно и в основном направляется на дальнейшее развитие предпринимательской деятельности.

Чистая прибыль предприятия идет на создание следующих фондов: фонд накопления, фонд потребления и резервный фонд.

Необходимая величина резервного фонда ОАО «НМТП» была сформирована более 5 лет назад, поэтому в течение 2007–2008 годов при распределении чистой прибыли общества средства на пополнение резервов не направлялись.

В табл. 3 представлены основные направления распределения чистой прибыли ОАО «НМТП».

Таблица 3

Распределение чистой прибыли ОАО «НМТП»

Наименование	Сумма, млн руб.			Темп роста, %	Структура, %		
	2007 год	2008 год	Отклонение		2007 год	2008 год	Изменение
Фонд накопления (капитализируемая прибыль)	1878	1429	–449	76,1	84,05	73,68	–10,38
в том числе производственное развитие	1878	1429	–449	76,1	84,05	73,68	–10,38

Таблица 3
(Окончание)

Фонд потребления (потребленная прибыль)	356	510	154	143,2	15,95	26,32	10,38
в том числе дивиденды	356	510	154	143,2	15,95	26,32	10,38
Резервный фонд	0	0	0	-	0,00	0,00	0,00
Всего	2234	1939	-295	86,8	100,0	100,0	0,00

В 2008 году сумма отчислений в фонд накопления относительно данных предшествующего периода уменьшилась на 449 млн руб., или на 23,9 %, и доля фонда накопления снизилась с 84,05 до 73,68 %, или на 10,38 %. Единственное направление его расходования — производственное развитие предприятия, в том числе приобретение основных средств, нематериальных активов и др.

Снижение отчислений в фонд накопления и его удельного веса в составе распределяемой прибыли говорит о снижении имущественного состояния предприятия.

В течение отчетного года на 154 млн руб., или на 43,2 процентных пункта, возросли отчисления в фонд потребления. Использование средств на потребление определяется двумя основными факторами: дивидендной политикой предприятия и политикой социальных выплат. ОАО «НМТП» не производит социальных выплат из чистой прибыли. Изменения отчислений в фонд потребления вызваны тем, что в отчетном году анализируемое предприятие отказалось от политики стабильного размера дивидендов и перешло к политике постоянного возрастания дивидендов. Это позволило ОАО «НМТП» повысить рыночную стоимость акций.

При сокращении чистой прибыли в отчетном году наращивание фонда потребления в ущерб фонду накопления выглядит нерационально — в данном случае интересы акционеров перевесили интересы предприятия. В дальнейшем предприятие может столкнуться с нехваткой оборотных средств, особенно учитывая широкомасштабную реализацию инвестиционных проектов, что вызовет потребность в привлечении заемных средств.

Выявленные пропорции (в процентном соотношении) использования чистой прибыли характеризуют распределительную политику руководства предприятия. Так, соотношение фондов потребления и фондов накопления ОАО «НМТП» в 2008 году 1:4 свидетельствует о значительном инвестировании.

Для оценки эффективности распределения прибыли используются коэффициент капитализации, коэффициент потребления прибыли, коэффициент процентных выплат и темпы устойчивого роста собственного капитала.

Рассчитанные показатели эффективности распределения чистой прибыли ОАО «НМТП» представлены в табл. 4.

Таблица 4

Эффективность распределения чистой прибыли ОАО «НМТП» в 2007–2008 годах

Показатель	2007 год	2008 год	Абсолютное отклонение	Темпы роста, %
Коэффициент капитализации	84,1	73,7	-10,4	87,7
Коэффициент потребления	15,9	26,3	10,4	165,1
Коэффициент дивидендных выплат	15,9	26,3	10,4	165,1
Темп устойчивого роста	12,5	8,6	-3,9	68,8

Данные табл. 4 позволяют сделать вывод о незначительном снижении эффективности распределения чистой прибыли ОАО «НМТП» в 2008 году по сравнению с прошлым периодом.

Изменение коэффициента капитализации в сторону сокращения с 84,1 % в 2007 году до 73,7 % в 2008-м показывает снижение доли капитализируемой прибыли, что свидетельствует о снижении удельного веса реинвестируемой прибыли, обеспечивающей расширение предпринимательской деятельности и способствующей ускорению экономического роста, и заслуживает отрицательной оценки — тем самым сокращаются возможности будущего потребления.

Однако ее высокая доля (свыше $\frac{3}{4}$ распределяемой прибыли) обеспечивает условия для дальнейшего расширения масштабов и повышения эффективности деятельности ОАО «НМТП» в перспективе, его финансовой независимости и платежеспособности. Одновременно обеспечивается рост имущественного благосостояния владельцев за счет возрастания вложенного собственного капитала, а также рыночной стоимости пред-

приятия, его инвестиционной привлекательности.

Коэффициент потребления в 2008 году вырос с 15,9 до 26,3 %, или на 10,4 %. Коэффициент дивидендных выплат имел такие же значения, поскольку у ОАО «НМТП» только одно направление использования фонда потребления — это выплата дивидендов по акциям порта.

Увеличивая долю чистой прибыли, направляемой на текущие потребности, ОАО «НМТП» снижает темпы экономического роста, что отражает динамика темпа устойчивого роста, снизившегося с 12,5 % в 2007 году до 8,6 % в 2008 году.

Таким образом, при падении чистой прибыли ОАО «НМТП» на 13,2 % темпы экономического роста сократились на 3,9 %. Это вызвано тем, что предприятие уменьшило долю прибыли, направляемой на развитие бизнеса и, следовательно, ограничило возможности будущего потребления.

Одним из важнейших оценочных показателей, отражающих эффективность распределения прибыли, является прибыль на акцию. Данные за 2007–2008 годы представлены в табл. 5.

Таблица 5

Прибыль, приходящаяся на одну акцию ОАО «НМТП»

Показатель	2007 год	2008 год	Абсолютное отклонение	Темпы роста, %
Чистая прибыль, млн руб.	2234	1939	–295	86,8
Средневзвешенное количество обыкновенных акций в обращении, шт.	19259815400,00	19259815400,00	0,000	100,0
Базовая прибыль, приходящаяся на одну акцию, тыс. руб.	0,116	0,101	-0,015	86,8

По данным табл. 5, величина базовой прибыли на одну акцию в 2007 году составляла 0,116 тыс. руб., а в 2008 году — 0,101 тыс. руб., что на 13,2 %, или на 0,015 тыс. руб., меньше. Это свидетельствует о снижении эффективности инвестированных акционерами собственных средств.

Особое значение имеет направление чистой прибыли на выплату дивидендов по акциям. При этом следует заметить, что для акционерных обществ направление чистой прибыли на выплату дивидендов является важнейшей проблемой их политики и стратегии. От размера дивидендов зависит курс

акций данной фирмы, объем и возможные изменения собственного капитала, необходимость привлечения внешних источников.

Аналитическим показателем, характе-

ризующим эффективность дивидендной политики, является ставка дивиденда. Изменение величины средней ставки дивиденда за два года показано в табл. 6.

Таблица 6

Ставки дивидендов ОАО «НМТП» в 2007–2008 годах

Показатель	2007 год	2008 год	Абсолютное отклонение	Темпы роста, %
Стоимость чистых активов, млн руб.	14991	16574	1583	110,56
Выплачиваемые дивиденды, млн руб.	356	510	154	143,24
Средняя ставка дивидендов, %	2,38	3,08	0,70	129,57

Из данных табл. 6 следует, что в 2008 году средняя ставка дивидендов возросла с 2,38 до 3,08 %, или на 0,7 %.

Уровень ставки дивиденда в целом должен превышать уровень депозитных процентных ставок, однако поскольку доход акционера включает и капитальный доход, то ставка дивиденда может быть и низкой при наличии роста рыночной цены акций.

Задача анализа распределения прибыли состоит в выявлении соответствия между распределением прибыли и результатами работы предприятия.

Соотношение использования прибыли к накоплению и потреблению оказывает влияние на финансовое положение предприятия. Недостаточность средств, направляемых на накопление, сдерживает рост оборота, приводит к увеличению потребности в заемных средствах.

Верхнюю границу потенциального развития предприятия определяет рентабельность собственного капитала, которая также отражает инвестиционную привлекательность организации и характеризуют размер прибыли, приходящийся на 1 руб., вложенный инвесторами организации.

Для оценки финансовой рентабельности в качестве показателя экономического эффекта, соотносимого с величиной собственного капитала, целесообразно использовать чистую прибыль, поскольку именно она характеризует

приращение собственного капитала в результате его использования. При оценке финансовой рентабельности, как и при оценке рентабельности активов, следует оперировать средней за период величиной собственного капитала.

Показатель демонстрирует уровень прибыльности собственного капитала предприятия, т. е. какова «процентная ставка» для средств, вложенных собственниками предприятия. Этот показатель является ключевым, так как предприятие принадлежит его владельцам и должно приносить прибыль в первую очередь им самим, иначе они могут принять решение о коммерческой нецелесообразности дальнейшей деятельности предприятия, несмотря на высокие значения всех прочих показателей.

В международной практике принято сравнивать рентабельность собственного капитала с процентной ставкой Центрального банка, скорректированной на уровень инфляции и риск инвестиций в конкретное предприятие (или с безрисковыми вложениями, например депозитными ставками по вкладам в Сбербанк Российской Федерации). Проведение указанных сравнений показывает, выгодна ли собственникам предприятия его деятельность, целесообразно ли им нести риски, связанные с деятельностью предприятия, имеет ли коммерческая деятельность предприятия преимущества перед безрисковыми вложениями.

Рентабельность собственных средств можно представить как отношение суммы средств, направляемых на накопление и потребление, к величине собственных средств.

Таким образом, рентабельность собственного капитала связана с показателем темпа устойчивого роста.

Отношение фонда накопления к величине собственного капитала определяет внутренние темпы роста, т. е. темпы увеличения активов. Теоретически при неизменном значении коэффициента оборачиваемости капитала прирост объема реализации продукции равен внутренним темпам роста.

Отношение фонда потребления к размеру собственного капитала составляет уровень потребления.

Показатель рентабельности активов (экономическая рентабельность) отражает эффективность использования имущества организации. Этот показатель отражает величину прибыли, приходящуюся на 1 руб., вложенный в активы организации.

Коэффициент чистой прибыли — это отношение чистой прибыли к общей сумме продаж организации.

Важнейшим показателем является рентабельность расходов, которая отражает величину прибыли, приходящуюся на 1 руб. произведенных расходов, т. е. отдачу расходов по основной деятельности организации.

Динамика вышеназванных показателей деятельности ОАО «НМТП» представлена в табл. 7.

Таблица 7

Показатели рентабельности ОАО «НМТП» за 2007–2008 годы, %

Показатель	2007 год	2008 год	Абсолютное отклонение	Темпы роста
Рентабельность собственного капитала, в том числе	14,9	11,7	–3,2	78,5
темпы устойчивого роста	12,5	8,6	–3,9	68,8
уровень потребления	2,4	3,1	0,7	129,6
Рентабельность активов	8,7	6,6	–2,1	76,3
Коэффициент чистой прибыли	34,1	23,4	–10,7	68,5
Рентабельность продукции	54,5	64,9	10,3	118,9

Анализируя результаты расчета, приведенные в табл. 7, можно отметить, что рентабельность собственного капитала ОАО «НМТП» в 2008 году сократилась на 3,2 % относительно данных прошлого года под влиянием снижения прибыльности деятельности порта.

Значение рентабельности собственного капитала в отчетном году составило 11,7 %. С точки зрения распределения прибыли это означает, что, отказавшись от использования средств на потребление и выплату дивидендов, можно увеличить собственные средства на 11,7 % или, отказавшись от использования средств на накопление, направить все средства на потребление или выплату дивидендов.

Расчетный темп экономического роста снизился за период с 12,5 до 8,6 %, что связано с дивидендной политикой, поскольку в 2008 году уровень потребления чистой прибыли возрос за счет увеличения дивидендных выплат на 0,7 %.

Средняя ставка рефинансирования Центробанка в 2008 году была выше достигнутого уровня рентабельности собственного капитала и составила 14,5 %, что позволяет сделать вывод о недостаточно высоком уровне прибыльности ОАО «НМТП» и падении его коммерческой эффективности.

Значение показателя рентабельности активов в 2008 году составило 6,6 % и сократилось относительно 2007 года на 2,1 %, что свидетельствует о неудовлетворительном уровне

эффективности использования активов. Такое относительно низкое для акционерных обществ значение показателя объясняется прежде всего большим объемом привлеченных средств, сумма которых используется при расчете показателя, но не участвует на текущий момент в непосредственном производстве, так как указанные средства направляются на расширение производственной базы.

Коэффициент чистой прибыли снизился с 34,1 % в 2007 году до 23,4 % в 2008-м и является показателем того, что продажи ОАО «НМТП» стали менее прибыльными.

Рентабельность продукции имеет хорошую динамику — по всем структурным подразделениям ОАО «НМТП» отмечается рост: рентабельность продукции и услуг нефтерайона выросла на 7,5 %; грузовых районов — на 12,3 %; прочей деятельности — на 29,3 %. В среднем в отчетном году рентабельность продукции была на 10,3 % выше уровня предшествующего периода. Это происходило в связи с тем, что предприятию удалось увеличивать выручку во всех трех операционных сегментах.

Таким образом, как показал анализ формирования и распределения прибыли ОАО «НМТП», эффективность распределения прибыли в 2008 году снизилась по сравнению с прошлым годом, о чем свидетельствует ухудшение указанных выше показателей.

Ухудшение и снижение эффективности распределения прибыли было связано с изменением дивидендной политики — пред-

приятие отказалось от политики стабильного размера дивидендов и перешло к политике постоянного возрастания дивидендов, что позволило ненамного повысить рыночную стоимость акций.

Оценивая дивидендную политику ОАО «НМТП», нельзя признать ее рациональной: в 2008 году выплата дивидендов уменьшила сумму прибыли, которая может быть направлена в инвестиции, дивидендная политика влияет на финансовое состояние фирмы.

В связи с этим можно изменить тип дивидендной политики ОАО «НМТП» с агрессивного (политика постоянного возрастания дивидендов) до умеренного (политика минимального стабильного размера дивидендов с надбавкой в отдельные периоды).

В кризисных условиях хозяйствования, характеризующихся сокращением прибыли порта, политика минимального стабильного размера дивидендов с надбавкой в отдельные периоды выглядела бы более обоснованной. Суммы дивидендных выплат можно увеличивать при повышении прибыли предприятия, например, может быть принята шкала зависимости надбавок к сумме дивидендных выплат от прироста прибыли. Увеличение суммы капитализируемой прибыли будет свидетельствовать о росте имущественного состояния ОАО «НМТП», увеличении собственных средств порта, сокращении недостатка собственного оборотного капитала, который требует использования кредитных ресурсов, а соответственно, уплаты процентов по ним.

Список литературы

1. Шубина Т. В. Распределение прибыли в акционерном обществе // Журнал «Финансовый менеджмент». — 2006. — № 2.
2. Любушин Н. П. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: Учебное пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Юнити-Дана, 2009.
3. Экономический анализ. Основы теории. Комплексный анализ хозяйственной деятельности предприятия: Учебник / Под ред. Н. В. Войтоловского, А. П. Калининой, И. И. Мазуровой. — 3-е изд., перераб. и доп., М.: Высшее образование, 2009.
4. Официальный сайт ОАО «НМТП»: www.nmtp.ru
5. Годовые отчеты к общему собранию акционеров ОАО «Новороссийский морской торговый порт».

УДК 656.96:339.13

М. Б. Иванова,
канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова

КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

CRITERIONS AND METHODS OF ESTIMATION OF MARKETING ATTRACTION OF TRANSPORT SERVICES

Оценка привлекательности рынка необходима транспортным компаниям для формирования успешной стратегии развития. Руководители предприятий должны анализировать состояние рынка, чтобы развиваться, выходить на новые рынки сбыта с новыми услугами.

В данной статье анализируются методы и критерии оценки привлекательности рынка и рыночного сегмента. Автором разработана методика измерения степени самоорганизации рынка.

Estimation of markets attraction is necessary operation for transport's company for creation of successful strategy of development. Managers have to analyse state of market in order to develop: to penetrate into new market with new services. In this article we have analysed methods and criterions of estimation of marketing attraction. The method of determination of marketing selforganization is created by us in this article.

Ключевые слова: объем рынка, транспортные услуги, рыночная ситуация, интенсивность конкуренции, методы оценки привлекательности рынка, самоорганизация рынка.

Key words: volume of market, transport's services, marketing situation, intensity of competition, methods of estimation of marketing attraction, selforganization of market.

ПРИ ПРИНЯТИИ управленческого решения по развитию бизнеса руководители предприятий сталкиваются с проблемой оценки влияния внешних факторов окружающей среды на предпринимаемые нововведения. Ситуация усугубляется сложностью прогнозирования экзогенных для предприятия факторов и их многочисленностью. Среди таковых можно выделить несколько групп:

— экономические факторы — величины ВВП, нормы налогообложения, темпы инфляции и т. д.;

— политические факторы — различные решения органов государственной власти, влияющие на развитие общества и его экономическую жизнь;

— технологические факторы — возможности, которые научная деятельность открывает для производства новой продукции;

— правовые факторы — введение новых нормативных актов, регламентирующих тот или иной вид экономической деятельности;

— социальные факторы — качество жизни людей, уровень образования;

— рыночные факторы — состояние конкурентной среды на рынке или рыночном сегменте.

Все эти факторы, влияющие на успешность продвижения товара или услуги на конкретном рынке, образуют привлекательность рынка или рыночного сегмента для конкретного предприятия. В настоящее время существует достаточно много теоретических разработок в этой области. Целью данной работы является исследование критериев и методов оценки привлекательности рынка для предприятия, их структурирование и применение для транспортных компаний (транспортное экспедирование, морское агентирование, сюрвейерское обслуживание и др.). Для достижения цели были решены следующие задачи:

— проведен анализ методов и критериев привлекательности рынка, представленных в отечественной и зарубежной литературе;

— для структурирования показателей привлекательности рыночного сегмента применен системный подход;

— на основе синергетического подхода предложен показатель для определения степени самоорганизации рынка;

— автором предложена методика оценки степени самоорганизации рынка и апробирована на рынке транспортно-экспедиторских услуг Новороссийского транспортного узла.

Анализ литературных источников, посвященных данной проблеме, позволил сделать следующий вывод. В литературе описано большое количество рыночных факторов, влияющих на привлекательность рынка. При этом сила их воздействия на конкурентную ситуацию на рынках разных отраслей различна. Далее в работе проанализированы основные методы оценки рыночной привлекательности и представленные в них оценочные факторы и критерии.

М. Портер при оценке привлекательности рынка, а именно интенсивности конкуренции, выделяет несколько групп факторов [9]. Это влияние потенциальных конкурентов, соперничество среди конкурирующих фирм, влияние покупателей и поставщиков и конкуренция со стороны товаров-заменителей. Наибольшее влияние на рынок транспортных услуг оказывает ситуация на рынке поставщиков. Прежде всего это рынок топлива: изменение цен на ГСМ в значительной степени отражается на тарифных и фрахтовых ставках транспортных компаний. Кроме этого, объем и емкость транспортного рынка непосредственно зависят от объема продаж на рынке различных товаров.

В отечественной экономической литературе часто употребляются термины «объем рынка» и «емкость рынка», они используются как показатели для оценки степени привлекательности рыночного сегмента. Некоторые авторы отождествляют эти понятия. На первый взгляд, они действительно кажутся синонимами, но если обратиться к исходному значению слова «емкость» (сосуд, вместил что-либо), становится ясно, что емкость рынка — это некоторая предельная величина, к которой стремится объем рынка. При этом емкость рынка — это скорее две величины,

которые измеряются со стороны спроса и со стороны предложения. В связи с этим интересна работа Ю. Ю. Ряховской «Проблемы исследования емкости и конкурентной среды рынка» [10]. Ее автор разделяет емкость рынка на следующие понятия:

— емкость рынка с точки зрения предложения (производственный потенциал рынка — предполагаемое на нем количество товаров в течение определенного периода времени);

— емкость рынка с точки зрения спроса (потребительский потенциал рынка — его способность поглотить определенное количество товаров).

Е. П. Голубков в своей работе [5] не оперирует таким определением, как емкость или объем рынка, но дает определения понятиям «рыночный спрос», «рыночный потенциал». Рыночный потенциал, по его мнению, — это предел, к которому стремится рыночный спрос при приближении затрат на маркетинг в отрасли к такой величине, при которой их дальнейшее увеличение уже не приводит к росту спроса при определенных условиях внешней среды.

Наиболее четким определением понятия «объем рынка» является трактовка, приведенная в работе В. В. Аллавердяна [2]. По мнению автора, это совокупный платежеспособный спрос покупателей на определенный товар или услугу при сложившемся уровне цен.

Помимо значений емкости и объема рынка предлагают к расчету показатель насыщенности рынка как отношение объема рынка к емкости [4]. Также существует показатель, который на основании динамики объема рынка отражает интенсивность конкуренции.

Среди показателей привлекательности рынка наиболее простым и доступным является количество компаний, конкурирующих на данном рынке. В работе для оценки рыночного сегмента [6] предлагается рассчитывать показатель удельного количества предприятий как отношение количества компаний данного вида деятельности по данным Госкомстата к общему количеству предприятий в регионе. При этом автор приводит следующую градацию значений показателя: менее 0,01 — низкий уровень, от 0,01 до 0,05 — средний, свыше 0,05 — высокий. Наряду с этим показа-

телем автор предлагает рассчитывать уровень предпринимательской активности как отношение количества активных предприятий к общему числу предприятий в данном регионе.

Распространенным индикатором состояния рынка являются барьеры для входа в отрасль. Различают экономические, административные, организационные, экологические барьеры и барьеры, связанные с эффектом масштаба. На рынке транспортных услуг функционирует множество компаний, предлагающих услуги по перевозке, а также компаний, предлагающих сопутствующие услуги. Это услуги по перевалке грузов, оформлению документов, инспекции грузов и транспортных средств (сюрвейерские компании) и другие. На всех этих сегментах транспортного рынка существуют различные барьеры для входа в отрасль как по силе, так и по существу. Например, для перевозчиков, операторов морского терминала (стивидорных компаний) основным и достаточно высоким барьером выступает эффект масштаба (значительные инвестиции в транспортные средства, перегрузочное оборудование) и доступ к инфраструктуре (причалы являются собственностью государства и сдаются в аренду частным компаниям — операторам). Оказание транспортных сопутствующих услуг, как правило, не требует больших капитальных вложений для организации бизнеса, но на данном рынке существуют средние барьеры для входа, связанные прежде всего с закреплением обслуживания определенного грузопотока или потока судов за какой-либо компанией и предусматривающие их достаточно долгое сотрудничество. В сюрвейерском бизнесе большую роль играет наличие положительного долгосрочного имиджа компании, который гарантирует клиентам надежность и достоверность сведений, содержащихся в инспекторском отчете. В данном случае это является определенным барьером для вхождения в отрасль.

Степень развития конкуренции на рынке или рыночном сегменте отражают также показатели степени монополизации и интенсивности конкуренции. Показатели степени монополизации представляют собой совокупность оценочных показателей, отражающих монопольную власть предприятий в

отрасли. Чем рынок более монополизирован, тем сложнее завоевать и сохранить на нем определенные позиции по продажам для новых предприятий. Таким образом, чем выше степень монополизации рынка, тем он менее привлекателен для предприятий-новичков и более привлекателен для предприятий с большой, динамично развивающейся долей рынка. Наиболее распространены следующие показатели: трехдольный или пятидольный индексы концентрации, индекс Херфиндала — Хиршмана, показатели интенсивности конкуренции по динамике рынка, по рентабельности и по вариации рыночных долей. По трем последним показателям рассчитывается обобщенный показатель интенсивности конкуренции. Данные показатели могут применяться для анализа степени привлекательности транспортных рынков.

Одним из предлагаемых в экономической литературе показателей привлекательности рынка является степень сегментирования рынка (Матричная модель Хофера — Шенделя [8]). В данной работе отражается тот факт, что при высокой степени сегментации рынка каждый сегмент, обслуживающий потребителей, является привлекательным, так как позволяет конкурентам использовать такие преимущества, как дифференцирование одного и того же продукта или услуги. На транспорте компании специализируются на предоставлении каких-либо услуг, связанных с перевозкой (транспортировка груза, перевалка и хранение, экспедирование и др.), а также на обслуживании определенных грузопотоков (навалочные, наливные, генеральные и т. д.).

Существует много конкретных методов оценки привлекательности рынка. Многие известные зарубежные и российские специалисты, такие как Ф. Котлер, С. Дибб и Л. Симкин, придерживаются гибкой методики, которая позволяет исследователю самому выбрать критерии привлекательности [8]. Данный подход имеет свои преимущества, заключающиеся в гибкости применяемых показателей для исследования состояния рынка. Однако, несмотря на эти преимущества, такой подход имеет свои недостатки. Основной из них — отсутствие единообразия при сравнении работ разных исследователей и субъективность оценки.

Наряду с этим подходом существует другая точка зрения. В экономической литературе встречается достаточно много апробированных методик оценки привлекательности конкурентной среды рынка для предприятий. Данные методики являются либо общими и их можно применить к любой отрасли напрямую или со специфическими изменениями, либо частными, которые используются в какой-либо одной отрасли. К общим методикам можно отнести расчет показателей степени монополизации и интенсивности конкуренции в отрасли. Формулы для расчета этих показателей применяются для различных отраслей в неизменном виде. Сюда также можно отнести классические матричные методы, которые используют различный набор факторов привлекательности рынка: размер рынка, темп роста, уровень конкуренции и др. Матрицы Хоффера — Шенделя и Артура Д. Литтла в качестве привлекательности предлагают использовать стадии жизненного цикла рынка начиная от начала роста рынка до стадии зрелости, переходящей в застой и падение [8]. Такие методы являются достаточно наглядными. Однако используемое количество факторов в них ограничено, а степень влияния факторов не отражается вовсе.

Большинство методов оценки рыночной ситуации сводятся к следующему алгоритму. Рынок разбивается на сегменты по определенным критериям, для конкретного рыночного сегмента экспертами выбирается ряд показателей привлекательности из числа известных. Им присваивается степень значимости и рассчитывается комплексный показатель привлекательности рынка. Для оценки степени значимости применяются экспертные методы.

Для оценки факторов конкурентного окружения используется также методика SWOT-анализа, позволяющая оценить, помимо состояния самого предприятия, ситуацию на рынке через «угрозы» и «возможности» для конкретной компании. Данный метод является достаточно простым и наглядным и может быть использован на первоначальном этапе стратегического планирования развития транспортной компании, но он не подходит для глубокого и всестороннего анализа рыночной ситуации.

Чтобы структурировать представленные в отечественной и зарубежной литературе факторы, влияющие на привлекательность рынка, необходимо обратиться к системному подходу. Под системой в данном случае бу-



Рис. 1. Система факторов, влияющих на привлекательность рынка

дет пониматься совокупность элементов — транспортных компаний, оказывающих сходные услуги и либо конкурирующих между собой, либо связанных какой-нибудь договоренностью (о ценах, рынках сбыта, обмене информации, специализации). В данной системе рыночные, конкурентные факторы, порождаемые самим рынком, будут внутренними, а политические, правовые, технологические, социальные выступают как внешние. Для транспортных рынков большое значение имеют такие внешние факторы, как: географическое положение (район обслуживания),

степень совершенствования таможенной системы, уровень развития информационных технологий в стране и др. [1].

Разделение факторов, влияющих на привлекательность рыночного сегмента, представлено на рис. 1.

Для оценки влияния внутренних факторов приведена группа показателей, широко представленных в экономической литературе. Ниже в табл. 1 представлены показатели для оценки степени влияния внутренних факторов на привлекательность рынка или рыночного сегмента.

Таблица 1

Внутренние показатели привлекательности рынка

Внутренние факторы, влияющие на привлекательность	Показатели привлекательности рынка
Величина спроса и предложения на рынке	Объем, емкость рынка и рыночного сегмента, коэффициенты постоянства объема и емкости
Изменение численности компаний на рынке	Количество компаний на рынке и рыночном сегменте, динамика численности компаний, количество активных предприятий
Распределение долей рынка между компаниями	Трехдольный и пятидольный индексы концентрации, индекс Херфиндала — Хиршмана, показатели интенсивности конкуренции по динамике рынка, по распределению рыночных долей и др.
Сложность проникновения на рынок	Формулировка барьеров для входа в отрасль по существу, их экспертная оценка и присвоение степени высоты: низкий, средний, высокий
Однородность предоставляемых услуг	Критерии сегментации, степень сегментирования данного рынка

Как видно из табл. 1, известные методики оценки привлекательности рынка не учитывают важной способности конкурирующих компаний взаимодействовать между собой, т. е. способности самоорганизоваться для достижения каких-либо общих целей. А ведь от этой способности также зависит степень привлекательности рынка как для новых компаний, так и для существующих. Связи между отдельными конкурирующими компаниями будут построены или на базе явного соперничества или на основе дружественного сговора, или могут иметь черты и того и другого. Кроме того, в зависимости

от степени самоорганизации рынка должна строиться стратегия выхода на рынок новой компании.

При изучении вопроса самоорганизации рынка можно обратиться к синергетике. Синергетика (от греч. «совместное действие», «сотрудничество») — междисциплинарная наука, изучающая универсальные, свойственные системам разной природы закономерности самоорганизации и спонтанного преобразования [3]. В экономической науке применяется такое понятие, как синергетический эффект, а именно прирост доходов, прибыли, снижение расходов компании,

связанный с растущей степенью самоорганизации системы.

В данном случае при изучении рынка мы можем наблюдать положительный и отрицательный эффект синергии. Самоорганизация рынка будет влиять как на экономические показатели самих продавцов услуг, так и на деятельность покупателей. Для продавцов процесс самоорганизации является эндогенным, следовательно, эффект от него должен

0,1 — низкий уровень
самоорганизации

0,5 — средний уровень
самоорганизации

0,9 — высокий уровень
самоорганизации

Рис. 2. Шкала самоорганизации рынка

быть положительным. Для покупателей ситуация несколько иная. Улучшение структуры рынка может положительно отражаться на работе клиентов транспортных компаний. Но процесс сговора продавцов также может ущемлять интересы покупателей и отрицательно влиять на их финансовые результаты. Положительный эффект синергии рынка для покупателей — эффект, получаемый от улучшения структуры рынка, от специализации компаний, от предоставления наиболее полной комплексной услуги. Так, появление на транспортном рынке холдингов транспортных компаний и операторов мультимодальных перевозок во многом позволило снизить издержки на транспортировку за счет лучшей организации транспортного процесса, а также за счет предоставления скидок от фактических перевозчиков за большой объем грузов.

Отрицательный эффект синергии для покупателей — эффект от сговора компаний в области ценовой политики, рынков сбыта, ущемляющий их права. Таким образом, степень самоорганизации рынка увеличивается, а вследствие этого покупатели получают отрицательный эффект. Проявляется отрицательный эффект синергии, как правило, увеличением цен для потребителей, что ведет к снижению их прибыли.

Для оценки выраженности проявления тенденции к тесному взаимодействию конкурирующих компаний предлагается использовать специальный показатель — уровень самоорганизации (синергии) рынка. Он не-

посредственно влияет на привлекательности рынка.

Итак, уровень самоорганизации рынка — показатель, характеризующий вероятность проявления тесных взаимоотношений между конкурирующими компаниями на определенном рынке, в том числе и транспортном. Шкала значения показателя степени самоорганизации рынка представлена на рис. 2.

Крайние значения показателя, равные 0 и 1, не применяются в силу того, что невозможно с абсолютной достоверностью говорить о тенденциях к самоорганизации рынка.

Автором данной работы также выбран ряд показателей, на основании которых можно судить о степени проявления самоорганизации на рынке: количество компаний на рынке, количество сегментов рынка, интенсивность конкуренции по темпу роста рынка, интенсивность конкуренции по распределению рыночных долей.

Ниже приведены пояснения по поводу выбора данных показателей.

Количество компаний — чем больше предприятий работает на рынке, тем сложнее им объединиться таким образом, чтобы влиять на какие-либо позиции на рынке.

Количество сегментов на рынке — при однородности рынка и большом количестве компаний вероятность сговора уменьшается. При увеличении структуризации рынка, появлении возможности сегментации близкие по сегменту компании будут стремиться самоорганизоваться.

Интенсивность конкуренции по динамике рынка. При сокращении объемов рынка компании будут изыскивать новые средства повышения прибыли, и в этих условиях вероятность самоорганизации повышается. Для этого необходимо рассчитать показатель динамики рынка транспортных услуг (T_p) по объемам рынка на конце анализируемо-

го ($V_{ан}$) и базисного ($V_{баз}$) периодов за период времени t :

$$T_p = \left(\frac{V_{ан} - V_{баз}}{V_{ан}} * \frac{t}{12} + 1 \right) * 100. \quad (1)$$

По динамике рынка рассчитывается показатель интенсивности конкуренции (U_i), который характеризует остроту конкуренции на рынке и изменяется в пределах от 0 до 1. Соответственно, если $U_i = 0$, то конкуренция минимальна, а если $U_i = 1$, то максимальна. Далее, если показатель динамики $T_p > 140\%$, то $U_i = 0$; если $70\% < T_p < 140\%$, то U_i вычислим по формуле $U_i = (140 - T_p) / 70$; если $T_p = 70\%$, то $U_i = 1$.

Показатель интенсивности конкуренции по распределению рыночных долей. Чем ближе находятся значения рыночных долей

конкурентов, тем легче им договориться на равных условиях и тем выше вероятность самоорганизации рынка.

Показатель интенсивности конкуренции по распределению рыночных долей рассчитывается по следующей формуле [11]:

$$U_d = 1 - n \sqrt{(1/n) \sum (D_i - 1/n)^2}, \quad (2)$$

где: U_d — показатель интенсивности конкуренции по соотношению рыночных долей;

D_i — доля i -го конкурента на рынке, доли единицы;

n — количество конкурирующих предприятий на данном рынке.

Данные показатели, а также градация показателя самоорганизации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Градация уровня самоорганизации рынка

Показатели, на основе которых делается вывод об уровне самоорганизации	Значения уровня самоорганизации рынка								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Количество компаний на рынке (n)	Более 40 компаний	35–40	30–35	25–30	20–25	15–20	10–15	5–10	Менее 5
Количество сегментов на рынке (k)	Рынок однороден	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	14–15	Более 15
Интенсивность конкуренции по динамике рынка (U_i)	0–0,33			0,34–0,66			0,67–1		
Интенсивность конкуренции по распределению рыночных долей (U_d)	Меньше 0			От 0 до 0,49			От 0,5 до 1		

Примечание. Для объединенных ячеек в 4 и 5 строках значение показателя вероятности выделено жирным шрифтом.

Итоговый уровень самоорганизации рынка определяется как среднее арифметическое единичных значений уровня самоорганизации рынка:

$$S = \frac{(S_n + S_k + S_{U_i} + S_{U_d})}{4}, \quad (3)$$

где: S — итоговый показатель уровня самоорганизации рынка;

S_n — единичный показатель уровня самоорганизации рынка по количеству функционирующих на рынке компаний;

S_k — единичный показатель уровня самоорганизации рынка, основанный на данных о количестве сегментов на рынке;

S_{U_i} — единичный показатель уровня са-

моорганизации рынка, основанный на данных о показателе интенсивности конкуренции по динамике рынка;

S_{ud} — единичный показатель уровня самоорганизации рынка, базированный на данных о показателе интенсивности конкуренции по соотношению рыночных долей.

Автором данной статьи в работе [7] было проведено исследование состояния и динамики рынка транспортно-экспедиторских услуг в Новороссийском транспортном узле. Сейчас на основе этих данных произведем оценку уровня самоорганизации данного рынка. На рынке транспортно-экс-

педиторских услуг была представлена 31 компания. Рынок сегментирован по роду груза: компании, обслуживающие наливные, навалочные и генеральные грузы. В настоящее время транспортно-экспедиторские компании можно разделить также по спектру предоставляемых услуг на три сегмента: местное экспедирование, частичное обслуживание и полное ТЭО [7]. Таким образом, всего 9 сегментов.

Определим степень самоорганизации на рынке в целом, а также на сегментах наливного, навалочного и генерального грузопотоков. Исходные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные для анализа уровня самоорганизации транспортно-экспедиторского рынка в Новороссийском транспортном узле

Наименование сегмента	Показатели, на основе которых осуществляется расчет степени самоорганизации рынка			
	Количество компаний на рынке	Количество сегментов на рынке	Интенсивность конкуренции по динамике рынка	Интенсивность конкуренции по распределению рыночных долей
Компании, экспедирующие наливные грузы	9	3	0,12	–0,15
Компании, обслуживающие генеральные грузы	15	3	0,16	–0,12
Компании, экспедирующие навалочные грузы	9	3	0,51	0,37
Рынок ТЭУ всего	31	9	0,15	–0,38

Итак, на основе исходных данных табл. 3 рассчитаем показатели: S_p , $S_{нал}$, $S_{нав}$, $S_{ген}$ — уровень самоорганизации рынка в целом, на сегменте наливных, навалочных и генеральных грузов соответственно.

В результате получаем, что уровень самоорганизации рынка в целом $S_p = 0,25$; на сегменте наливных грузов $S_{нал} = 0,3$; на сегменте навалочных грузов $S_{нав} = 0,5$; на сегменте генеральных грузов $S_{ген} = 0,25$. Сравнивая эти значения, видим следующую картину: уровень самоорганизации на рынке в целом невысокий из-за большого количества транспортно-экспедиторских компаний, функционирующих

на рынке, положительной динамики рынка и большой разницы в долях рынка отдельных предприятий. Самый высокий уровень самоорганизации наблюдается на сегменте навалочных грузов вследствие отрицательной динамики рынка и значительной интенсивности конкуренции по соотношению рыночных долей по сравнению с другими сегментами.

Предложенный показатель уровня самоорганизации рынка дополняет анализ привлекательности рынка и наглядно отражает необходимость применения для компании определенной стратегии, которая будет зависеть от вероятности самоорганизации рынка.

Список литературы

1. Аболенцева Н. О. Методы оценки и повышения конкурентоспособности операторов морских контейнерных терминалов: автореф. диссертации. — СПб, 2008. — 19 с.
2. Аллавердян В. В. Как рассчитать емкость рынка? // [http: www.marketing.spb.ru](http://www.marketing.spb.ru)
3. Будрин А. Г. Развитие транспорта и логистики: выявление и оценка синергетических эффектов / А. Г. Будрин, Е. В. Будрина, И. Г. Жданова и др.; под общ. ред. Е. В. Будриной, В. С. Лукинского. — СПб.: СПГИЭУ, 2006. — 230 с.
4. Галушко М. В. Методические подходы к формированию конкурентных стратегий предприятий машиностроения: автореф. диссертации. — Оренбург, 2009. — 20 с.
5. Голубков Е. П. Исследование и анализ рыночной ситуации // Маркетинг в России и за рубежом. — 2001. — № 2 — С. 103–125.
6. Еремин Ю. А. Методика сегментирования рынка продукции производственного назначения // Маркетинг в России и за рубежом. — 2002. — № 1 — С. 3–15.
7. Иванова М. Б. Методические основы оценки уровня конкурентоспособности транспортно-экспедиторской компании: Монография. — Новороссийск: МГА имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, 2008. — 96 с.
8. [http:www.stplan.ru](http://www.stplan.ru)
9. Портер М. Международная конкуренция: Пер. с англ. / Под ред. и с предисловием В. Д. Щетинина. — М.: Международные отношения, 1993. — 896 с.
10. Ряховская Ю. Ю. Проблемы исследования емкости и конкурентной среды рынка услуг // [http: www.marketing.spb.ru](http://www.marketing.spb.ru)
11. Симионова Н. Е. Методы анализа рынка. — М.: Экспертное бюро, 2000. — 128 с.

УДК 336.64

Е. Ю. Грасс,

канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная
академия имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»**МЕТОДЫ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЕБИТОРСКОЙ И
КРЕДИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО
ТРАНСПОРТА****METHODS OF CRISIS MANAGEMENT IN ACCOUNTS RECEIVABLE AND
ACCOUNTS PAYABLE AT WATER TRANSPORT COMPANIES**

В статье исследуется динамика дебиторской и кредиторской задолженности на предприятиях водного и морского транспорта. Выявлены проблемы ухудшения финансового состояния предприятий транспорта. Предложены методы антикризисного управления дебиторской и кредиторской задолженностью.

In the article the author presents a research in dynamics of accounts receivable and accounts payable at companies dealing with water and marine transport. The problems have been drawn out, referring to decline in financial state of transportation companies. Methods for crisis management of accounts receivable and accounts payable have been suggested.

Ключевые слова: антикризисное управление, финансовое состояние, дебиторская, кредиторская задолженность, транспорт.

Key words: crisis management, financial state, accounts receivable, accounts payable, transport.

В ПРОЦЕССЕ реализации услуг у транспортных предприятий образуется дебиторская задолженность, которая через некоторый промежуток времени превращается в денежные средства.

Дебиторская задолженность представляет собой отвлечение финансовых средств из оборота предприятия, которые определенный период времени не используются для развития бизнеса. Излишнее увеличение дебиторской задолженности может привести к снижению денежных поступлений и возникновению безнадежных долгов, способных полностью перекрыть прибыль предприятия

и ухудшить финансовое состояние предприятия.

В условиях ограниченности финансовых возможностей и высоких процентов за привлечение дополнительных источников финансирования производственной деятельности на предприятиях водного и морского транспорта должен быть организован эффективный механизм антикризисного управления дебиторской и кредиторской задолженностью.

В табл. 1 представлена динамика просроченной дебиторской задолженности по транспортным предприятиям на водном и морском транспорте [1].

Таблица 1

Динамика просроченной задолженности на водном и морском транспорте, тыс. руб.

Вид деятельности предприятия \ Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Деятельность морского транспорта	1 399 286	1 080 806	815 679	557 142	733 442	649 084
Удельный вес в дебиторской задолженности, %	38,56	30,87	18,08	10,26	18,92	17,00
Деятельность внутреннего водного транспорта	2 925 967	2 970 649	1 717 613	1 653 134	1 879 096	1 940 240
Удельный вес в дебиторской задолженности, %	37,09	36,78	26,39	24,67	22,45	22,34

Как видно из данных табл. 1, по сравнению с 2005 годом наблюдается положительная динамика сокращения просроченной дебиторской задолженности транспортными предприятиями. Величина просроченной дебиторской задолженности снизилась в 2 раза в 2010 году по сравнению с 2005 годом. Однако удельный вес в общем объеме

дебиторской задолженности составляет около 20 %, что свидетельствует о недостатках в организации финансового менеджмента на предприятиях морского и водного транспорта.

В табл. 2 представлены данные о превышении кредиторской задолженности над дебиторской задолженностью.

Таблица 2

Превышение кредиторской задолженности над дебиторской задолженностью в 2010 году, тыс. руб.

Вид деятельности предприятия	Кредиторская задолженность	Дебиторская задолженность	Превышение кредиторской задолженности над дебиторской задолженностью	
			всего	в % к дебиторской задолженности
Деятельность морского транспорта	5 646 591	3 817 786	1 828 805	47,90
Деятельность внутреннего водного транспорта	13 181 140	1 940 240	11 240 900	579,36

Данные табл. 2 свидетельствуют о неэффективном управлении финансовыми ресурсами. Объемы кредиторской задолженности на морском транспорте в 2010 году на 47 % превышают дебиторскую задолженность. Для сравнения, в 2009 году это значение составило 66,58 %. На предприятиях водного транспорта кредиторская задолженность превышает дебиторскую почти в 6 раз. Это связано с тем, что деятельность многих предприятий внутреннего водного транспорта является низко рентабельной или убыточной, отмечается дефицит платежеспособности.

О неэффективном финансовом менеджменте также свидетельствует опережающая динамика роста дебиторской задолженности над полученными доходами (см. диаграмму).

Снижение уровня расчетной дисциплины приводит к росту дебиторской и кредиторской задолженностей. Увеличение удельного веса дебиторской задолженности в общей стоимости имущества предприятия отрицательно влияет на показатели ликвидности и платежеспособности, приводит к дефициту свободных денежных средств. Увеличение удельного веса кредиторской задолженности в общей стоимости источников формирования имущества снижает показатели финансовой устойчивости предприятия. Наличие просроченной задолженности свидетельствует

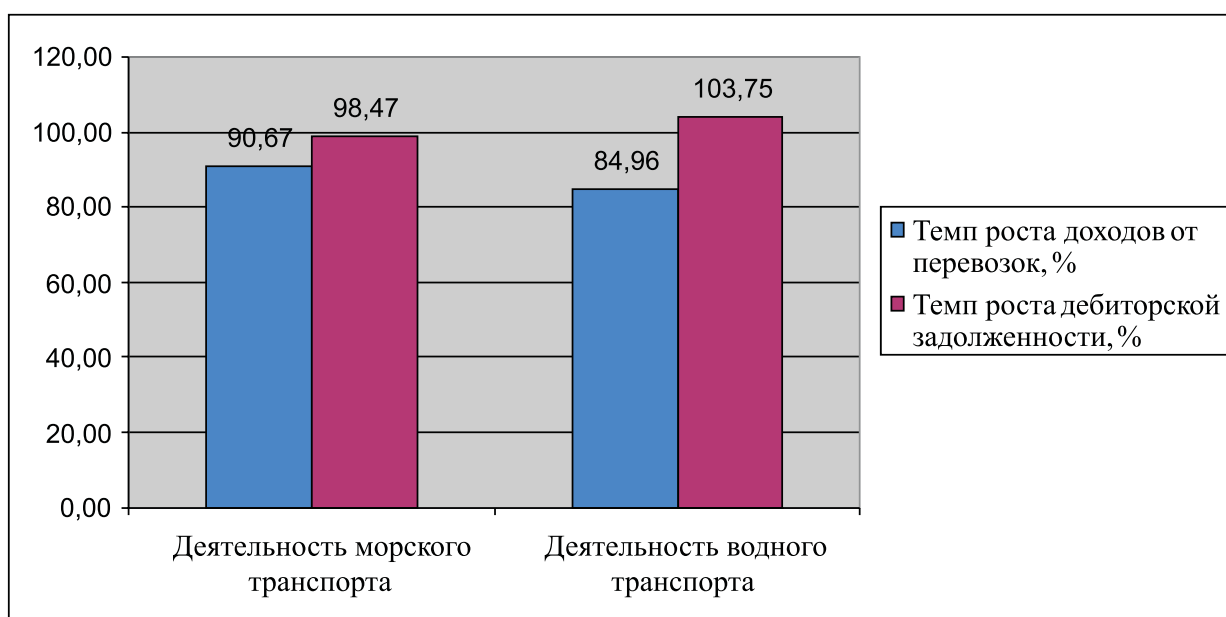
о неэффективном управлении финансовыми средствами предприятия и организации финансового контроля и учета.

Управление дебиторской и кредиторской задолженностями — существенный элемент системы бухгалтерского и управленческого учета в организации.

В процессе управления дебиторской и кредиторской задолженностью целесообразной представляется организация системы внутреннего аудита, включающая контроль за расчетами в целом. Чем выше эффективность контроля на предприятии, тем более ограниченными могут быть единовременные процедуры контроля, в частности контроля учета расчетов, ограничено их содержание, сокращены временные рамки и масштаб. Относительно расчетов эти процедуры необходимо проводить по следующим основным направлениям:

- 1) наличие и правильность оформления документов, определяющих права и обязанности сторон по поставке материальных ценностей (работ, услуг);
- 2) правильность оплаты или получения сумм за полученные материальные ценности;
- 3) полнота оприходования и списания полученных ценностей.

При проверке следует обращать внимание на следующие основные моменты:



Соотношение темпов роста доходов от перевозки и дебиторской задолженности транспортных предприятий на 1 января 2010 г.

1) имеются ли договоры на поставку продукции, правильно ли они оформлены;

2) установлены ли дата и причина возникновения кредиторской задолженности;

3) при поступлении товарно-материальных ценностей, на которые не получены расчетные документы (неотфактурованные поставки), необходимо проверить, не числятся ли эти поступившие ценности как оплаченные, но находящиеся в пути или не вывезенные со складов поставщиков, не числятся ли стоимость этих ценностей как дебиторская задолженность;

4) проводилась ли инвентаризация расчетов. Следует проанализировать ее результаты, и при необходимости провести встречную проверку расчетов;

5) полноту оприходования материальных ценностей. Требуется сопоставить данные об их количестве и стоимости по платежным документам с данными документов на их оприходование (счетов, товарно-транспортных накладных) и показателями аналитического учета расчетов с поставщиками, книгами складского учета, отчетов движения продуктов и материалов;

6) правильность установления цен на материальные ценности, соответствие их ценам, указанным в договорах поставки;

7) предъявлялись ли штрафные санкции покупателям или поставщикам при нарушении договорных обязательств;

8) предъявлялись ли претензии поставщикам и подрядчикам в случае несоответствия цен и тарифов, обусловленных договорами, а также при выявлении арифметических ошибок в счетах, при обнаружении несоответствия качества продукции стандартам или техническим условиям, за недостачу груза в пути сверх норм естественной убыли, за брак и др.;

9) правильность ведения аналитического и синтетического учета по счетам расчетов, а также правильность составления бухгалтерских проводок по этим счетам.

Для предотвращения неоправданного роста дебиторской задолженности, обеспечения возврата долгов и снижения потерь при их невозврате необходимо:

1) избегать дебиторов с высоким риском неоплаты, например покупателей, представ-

ляющих организации, отрасли или страны, испытывающие серьезные финансовые трудности;

2) периодически пересматривать предельную сумму отпуска товаров (услуг) в долг, исходя из финансового положения покупателей и собственного;

3) при продаже большого количества товаров немедленно выставлять счета покупателям с тем, чтобы они получили их не позднее, чем за день до наступления срока платежа;

4) определять срок просроченных платежей на счетах дебиторов, сравнивая этот срок со средним по отрасли, с данными у конкурентов и с показателями прошлых лет;

5) при предоставлении займа или кредита требовать залог на сумму не ниже величины дебиторской задолженности по предстоящему платежу, пользоваться услугами учреждений и организаций, взыскивающих долги при наличии поручительства;

6) гасить задолженность путем зачета, новации, отступного, т. е. предоставления встречного однородного требования, замены первоначального обязательства другим или предоставления иного исполнения долговых обязательств;

7) продавать долги дебиторов банку, осуществляющему факторинговые операции, или другим организациям на основе договора цессии, если потери от невозвращенного долга существенно меньше, чем время и средства, которые необходимо потратить на его взыскание;

8) обменивать дебиторскую задолженность на акции или доли участия в основном капитале предприятия-должника с целью усиления влияния в его бизнесе.

Финансовая стратегия эффективного управления кредиторской задолженностью предусматривает:

1) правильный выбор формы задолженности (банковская или коммерческая) с целью минимизации процентных выплат и затрат на приобретение материальных ценностей;

2) установление наиболее удобной формы банковского кредита и его срока (краткосрочная ссуда без обеспечения, кредит под залог);

3) недопущение образования просроченной задолженности, связанной с допол-

нительными затратами (штрафные санкции, пени).

Антикризисное управление должно быть направлено на поддержание рационального соотношения между уровнем и динамикой дебиторской и кредиторской задолженности. Рациональным следует считать соблюдение следующих соотношений:

1) общая сумма дебиторской задолженности должна превышать или уравнивать сумму кредиторской задолженности. Это — одно из условий обеспечения финансовой устойчивости предприятия. Кроме того, дебиторская

задолженность — важнейший источник погашения кредиторской задолженности. Инкассация дебиторской задолженности по срокам и суммам должна сочетаться с планируемым погашением кредиторской задолженности;

2) оборачиваемость дебиторской и кредиторской задолженности должна быть сопоставима. Средняя продолжительность одного оборота в днях должна быть меньше, чем продолжительность оборота дебиторской задолженности, а среднее число оборотов дебиторской задолженности должно превышать оборачиваемость кредиторской.

Список литературы

Электронный ресурс <http://www.gks.ru>

УДК 614.8(075.8)

А. С. Корезин,

д-р. экон. наук, профессор,
СПбГУСЭ;

О. Г. Поскочинова,

канд. экон. наук, доцент,
СПбГУЭФ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ALTERNATIVE METHODS OF TRANSPORT COMPANY ECONOMIC SAFETY MANAGEMENT

В статье рассматриваются некоторые операционные и финансовые методы, способствующие реализации унифицированного подхода к управлению факторами угроз экономической безопасности транспортного предприятия.

In the article some operational and financial methods, contributing to an integrated transport company safety management, are considered.

Ключевые слова: экономика транспортного предприятия, экономическая безопасность транспортного предприятия, методы управления экономической безопасностью транспортного предприятия, экономические методы в управлении безопасностью.

Key words: transport company economics, economic safety of a transport company, transport company safety management methods, economic methods in safety management.

ТРАДИЦИОННЫЙ подход к управлению экономическими аспектами безопасности транспортных предприятий связан преимущественно с применением систем финансирования убытков: как покрыть их так, чтобы предприятие могло быстро восстановиться после возникновения какого-либо неблагоприятного инцидента. Основными методами реализации данной цели являются страхование и хеджирование, которые могут защищать денежные потоки от внезапных перепадов и обеспечивать непрерывное и достаточное финансирование программы инвестиций. Однако с точки зрения повышения уровня экономической безопасности предприятия эти системы недостаточно эффективны, так как имеют ряд существенных проблем, в частности они:

- применимы только к определенным типам угроз (рисков);
- требуют постоянных и существенных затрат;
- заключают контрагентные риски;
- подвержены рискам рынка деривативов и страхового рынка.

Указанные проблемы страхования и хеджирования диктуют необходимость поиска альтернативных, более эффективных методов, основанных на реализации унифицированного (или интегрированного) подхода к локализации факторов угроз экономической безопасности. Среди таких методов можно выделить как операционные, так и финансовые, а также их сочетания, а именно:

- операционные корректировки (модифицирование бизнес-процессов или их параметров);
- стратегические организационные изменения (структурные модификации в масштабе предприятия);
- реальные опционы;
- альянсные стратегии;
- комбинирование финансовой и страховой защиты;
- управление структурой капитала предприятия;
- резервное финансирование.

Рассмотрим возможности и особенности применения данных подходов.

Простой пример операционных корректировок — это когда судоходная компания по-

средством изменения структуры фрахтовых контрактов может снизить свою зависимость от колебаний цен на топливо. Когда цены растут, компания может изменить соотношение в пользу тайм-чартера, а когда цены относительно стабильны — увеличивать долю спотовых контрактов (это зависит также и от конъюнктуры фрахтового рынка). Кроме того, высокому расходу топлива могут способствовать устарелость судов, а также их класс, поэтому своевременная продажа такого флота и предусмотрительные контракты на поставку новых судов нужного класса также помогают решить данную проблему.

Наиболее известный метод стратегических организационных изменений — диверсификация деятельности предприятия — может служить средством нейтрализации и локализации факторов угроз экономической безопасности различного характера в масштабе всего предприятия. В этом аспекте ее можно рассматривать как метод распределения рисков и угроз безопасности в пределах предприятия с целью снижения их концентрации. Для нефинансовых компаний диверсификация означает разработку сегмента бизнеса, напрямую не связанного с традиционной специализацией. Так, наиболее актуальным для транспортных компаний видом диверсификации является сочетание перевозок с логистическим бизнесом (распространением товаров — дистрибьюцией, ведением складского хозяйства, комиссионными проверками и т. п.), для чего развивается соответствующая инфраструктура. Также перевозки могут осуществляться в одном географическом регионе или в различных регионах, на различных фрахтовых рынках. Можно говорить и о диверсификации флота, диверсификации по видам грузов или по маршрутам, а также о диверсификации по капиталу (собственному и заемному).

Когда материальные или нематериальные активы предприятия используются для производства нескольких видов услуг или в нескольких географических точках, возникает эффект экономии на масштабах. Материальные активы могут включать мощности, обеспечивающие услуги сезонного, переменного спроса, и даже услуги, спрос на которые характеризуется долговременными снижени-

ями, а также основные фонды с избыточной производственной мощностью. В состав нематериальных активов могут входить компетенция менеджеров, технические знания, существующие системы логистики, деловая репутация.

В управлении стратегическими организационными изменениями в целях обеспечения и развития системы экономической безопасности транспортного предприятия значительной ценностью могут обладать реальные опционы [1, 3, 6]. В этом контексте целесообразность их использования основывается на той предпосылке, что исследование и резервирование возможностей (опционов) содействует многовариантному устойчивому развитию предприятия и является, таким образом, фактором повышения его экономической безопасности. Поэтому если при оценке любого проекта изменений учитываются гибкие варианты развития, менеджеры получают вознаграждение за поиск и использование всех возможностей усовершенствования и роста, а не за затратное страхование на случай провалов проекта.

Представим, что мы следим за ходом развития проекта и, в случае если дела пойдут плохо, можем отказаться от него (опцион отказа). Можно исключить худшие исходы проекта и тем самым увеличить его ожидаемую ценность. С другой стороны, мы в состоянии отслеживать возможности и, если они возникают, корректировать используемый подход и тактику проекта, чтобы воспользоваться ими (опцион усовершенствования), что также увеличивает ожидаемую ценность проекта. Наконец, может случиться так, что мы сумеем выявить возможности, которые сначала даже не прогнозировались (и поэтому не включены в «возможный диапазон»). Если мы их каким-либо образом выявим и воспользуемся ими, то еще более увеличим ценность проекта.

В проектах широко используются формальные решения типа «годен / не годен». Работа ведется этапами, такими как вырабатка требований к проекту, оценка осуществимости, составление спецификаций, детальная разработка, испытания и запуск или внедрение. В конце каждой фазы находится

«шлюз» — точка, в которой управляющие проектом могут повторно оценить вероятность достижения поставленных целей и в свете этой оценки решить, стоит ли продолжать. Когда достижение определенных «требуемых» критериев или получение дохода становятся маловероятными, принимается официальное решение прекратить проект. Такое прекращение может оказать сильное положительное воздействие на бизнес: ранний отказ от проигрышных проектов высвобождает дефицитные и ценные ресурсы для проектов с более высокой потенциальной ценностью. Это позволяет предприятию увеличивать число начатых проектов — ведь до стадии осуществления доходят только самые ценные.

У транспортной компании или судостроительного предприятия есть по крайней мере две возможности воспользоваться новым поворотом событий в процессе инициирования изменений — три «опциона усовершенствования»:

- опцион на смену целевого рынка;
- опцион на улучшение каких-либо технических характеристик;
- опцион на улучшение свойств конечного продукта.

Для использования этих опционов необходимо, чтобы была отодвинута точка, после которой уже запрещено изменение характеристик продукта. Любое изменение спецификации в ходе проекта влечет за собой увеличение расходов, так как работу по созданию спецификации приходится выполнять повторно. Страх перед таким дублированием ведет к широкому применению следующего правила: «Замораживаем спецификации как можно раньше». Как только команда поняла характер опциона усовершенствования, она может, взвесив издержки и выгоды, принять решение о необходимости изменений. На практике использование опционов усовершенствования затрудняется к концу проекта, так как именно в это время резко увеличиваются расходы.

Возьмем, к примеру, компанию «Cargo Lifter» — германского разработчика воздушных судов для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. При разработке своего первого судна компания до последнего

момента откладывала «точку замораживания спецификаций», с тем чтобы извлечь преимущества новых технологий (механизмы управления, рули, легкие двигатели и т. д.) по мере их появления. Кроме этого, на последний момент перед запуском откладывается решение о выборе целевого рынка — грузовые или пассажирские перевозки или оба рынка сразу [1].

Рассмотрим еще один пример транспортной компании, которая тонко использовала возможности в форме реальных опционов [2]. Европейская компания «Cross-Air» в 1996 году инвестировала проект по оборудованию своих воздушных судов дифференциальными системами глобального позиционирования (DGPS). Эти системы являются более точными по сравнению со стандартными (гражданскими) GPS; они постоянно сравнивают измеренные координаты ближайшей базовой станции с ее истинными координатами и на основе полученной погрешности корректируют координаты местоположения судов. Эта система позволяет выполнять посадку в трудных условиях в аэропортах, не оборудованных системами автоматической навигации, поэтому компании «Cross-Air» было выгодно стать пионером ее использования. Испытания прошли успешно, сроки технического завершения проекта были соблюдены, но внедрение системы в конце концов сорвалось по независящим от компании причинам.

Казалось бы, для «Cross-Air» проект выглядел провалом. Однако в 1998 году стало известно, что поставщик компании прекращает производство малых коммерческих самолетов. «Cross-Air» был необходим другой партнер. После длительных переговоров она начала сотрудничать с другим производителем, позиционировав себя как ведущего клиента, имеющего значительное влияние на разработку самолетов. Значимым фактором здесь стал опыт осуществления проекта DGPS, что сделало первоначальные вложения в эту систему чрезвычайно ценными.

Оценка рисков реализации угроз безопасности бизнеса в проектах изменений на основе простых финансовых критериев сильно недооценивает их ценность в том случае, если значительную роль в проекте играют непредсказуемые возможности. Парадокс

здесь заключается в том, что индивидуальные возможности по определению не могут быть включены в оценку; однако можно оценить общую вероятность возникновения той или иной возможности и диапазон, в котором лежит ее ценность. Такой подход следует использовать в высокорисковых проектах: они трезво оценивают вероятность будущих возможностей. Главное здесь — четко сформулировать потенциальную возможность, проанализировать и обосновать ее и, если вероятность действительно существует, включить ее в проект.

Внедрение систем и процессов, позволяющих выявлять опционы (возможности), проводить их мониторинг в ходе управления организационными изменениями и принимать решение о том, чтобы ими воспользоваться, связано с затратами. Но если менеджмент предприятия может это сделать, он добивается устойчивого развития своего бизнеса, повышая тем самым уровень его экономической безопасности.

Выявлению и гибкому использованию возможностей способствуют также альянсные стратегии. Еще в XVII веке английская Ост-Индская компания использовала альянс как стратегический метод локализации (в данном случае — разделения) факторов угроз, собственных морским перевозкам. И сегодня альянсы так же актуальны, как и несколько веков назад, особенно для крупных судоходных компаний, занимающихся глобальными морскими перевозками. Ценность альянса в том, что он позволяет компании опробовать новое направление и, если сделанный шаг окажется неверным, отступить. Это обычно обходится дешевле, чем покупка компании с последующим избавлением от нее. Заключение предварительного альянса помогает сэкономить средства, время и усилия. Осторожные действия позволяют менеджерам лучше исследовать почву изменений и избежать преждевременного истощения ресурсов.

Для иллюстрации описанных выше операционных и организационных методов обеспечения и развития экономической безопасности рассмотрим конкретизирующий их пример из практики деятельности судоходной компании. Ниже представлены примеры не-

которых факторов угроз экономической безопасности судоходной компании и соответ-

ствующие им операционные методы управления.

**Примеры операционных методов управления
при локализации угроз экономического характера для судоходной компании**

Факторы угроз	Методы управления
Падение спроса на перевозки определенных видов грузов Падение спроса на определенный тип или класс судов	Изменение структуры флота. Продажа судов Выход из данного вида перевозок Смена поставщиков судов (изменения в бизнес-контактах) Диверсификация Опцион роста (опцион на расширение) Опцион на улучшение Создание альянса
Снижение фрахтовых ставок	Перераспределение флота между спотовыми и тайм-чартерными перевозками
Неблагоприятное изменение структуры выручки по классам судов	Пересмотр программы обновления флота
Повышение цен на топливо и мазут Рост портовых сборов (как следствие — рост рейсовых расходов)	Изменение соотношения спотовых контрактов и тайм-чартерных в пользу последних

Поясним указанные выше примеры на конкретной ситуации (данные соответствуют реальным показателям крупной судоходной компании).

Допустим, компания является крупным перевозчиком нефти и нефтепродуктов, действуя на основных мировых фрахтовых рынках. Структура флота такова:

— крупнейшие танкеры «Aframax», рассчитанные на перевозку сырой нефти (более половины судов); средний возраст судов — 4 года;

— танкеры среднего размера (дедвейт от 42 до 65 тыс. т), предназначенные для перевозки нефти и нефтепродуктов (около 35 % флота); в этой группе более половины судов имеют возраст от 19 до 22 лет;

— балкеры (сухогрузы), занимающиеся перевозкой угля, зерна и т. п. (незначительная доля дедвейта); средний возраст судов — 22 года;

— суда общего назначения (класс «ОБО») для непрофильных видов перевозок.

Основную долю выручки приносят танкеры «Aframax», в то время как балкеры дают только около 2 % выручки.

Распределение флота между тайм-чартерными и спотовыми перевозками — примерно 50 на 50.

В результате анализа рынка танкерных перевозок данная компания должна принять во внимание следующие изменения условий ведения бизнеса:

— спрос на перевозки сырой нефти несколько упадет (а у компании основная выручка идет именно за счет перевозок сырой нефти);

— вследствие увеличения мощностей нефтеперерабатывающих заводов возрастет спрос на нефтепродукты (а большая часть нефтепродуктовозов компании имеет критический возраст и подлежит скорейшему списанию);

— спрос на танкеры сократится вследствие снижения фрахтовых ставок (но у компании танкерная специализация);

— будет устойчиво расти спрос на перевозки сжиженного природного газа, а значит, и фрахтовые ставки (а у компании нет собственных специализированных судов для перевозок этого вида груза);

— ожидается спрос и на перевозки химических продуктов (та же проблема, что и в предыдущем пункте).

Обобщая, перечислим ключевые факторы угроз экономической безопасности рассматриваемой компании:

— падение спроса на перевозки сырой нефти;

— падение спроса на танкеры;

— неблагоприятное изменение цен;

— неблагоприятное изменение операционных условий;

— устарелость и сокращение флота, несоответствие структуры флота рыночным изменениям;

— возростание технико-технологических проблем (ввиду устарелости флота, обусловливающей повышенный расход топлива, медленную закачку и выкачку нефти и т. п.);

— потеря конкурентного преимущества.

Следствием реализации перечисленных факторов будет сокращение денежного потока судоходной компании, что представляет собой прямую угрозу ее экономической безопасности.

В качестве интегрированного подхода к нейтрализации или локализации отмеченных факторов угроз менеджмент компании может использовать следующие варианты организационных и операционных модификаций своей деятельности.

Предположим, что компания решила отойти от узкой специализации и выйти на рынок транспортировки сжиженного природного газа и химических продуктов, так как это позволило бы увеличить стоимость компании. Как она может это сделать, если собственных специализированных судов не имеет? Она может:

а) приобрести специализированного перевозчика;

б) объединиться (слиться) с компанией, имеющей соответствующие суда;

в) приобрести опцион на расширение

(возможно, посредством создания предварительного альянса, в рамках которого другая сторона может передать данной компании часть своих специализированных судов в технический менеджмент).

С точки зрения управления экономической безопасностью последний вариант предпочтительнее по следующим соображениям. Первые два варианта являются невозвратными, а эффект может не оправдать ожидания. В то же время последний вариант даст возможность с меньшими затратами опробовать новое направление, получить опыт управления соответствующими судами и, в случае если откроются благоприятные перспективы, расширить флот и выделить этот бизнес в отдельный сегмент.

Второй шаг, который компания может предпринять, это выйти из непрофильных видов перевозок путем продажи всех судов общего назначения (класса «ОБО»), одновременно заключив контракты на поставку судов тех классов, с которыми связаны большие перспективы. В то же время компания могла бы также избавиться и от сухогрузов, учитывая, что они дают незначительную долю выручки. Однако, в согласии с общей стратегией отхода от узкой специализации, лучше сохранить и модернизировать эту часть флота и соответствующий сегмент бизнеса.

Далее компании следует перейти к большей гибкости в отношении контрактов с фрахтователями. Ставки по основным видам контрактов (спотовый, тайм-чартерный и бербоут-чартерный) могут существенно различаться. Спотовые перевозки (разовые рейсы) могут обходиться дешевле тайм-чартерных, несмотря на то что в первом случае судовладелец дополнительно несет все переменные издержки. Это обусловлено тем, что ставки «спот» отражают конъюнктуру рынка в момент заключения договора, а ставки по тайм-чартеру — будущие ожидания ставки «спот». Заключение тайм-чартерного контракта позволяет, таким образом, хеджироваться от неблагоприятного изменения рыночной ситуации и обеспечивает судовладельца стабильным доходом на период действия контракта. Рациональное распределение флота между спотовыми и тайм-чартерными перевозками

позволяет получать достаточно высокий доход, когда фрахтовые ставки низкие. Однако предсказать изменения ставок на длительный период очень трудно, поэтому, как правило, участники рынка танкерных перевозок исходят из распределения контрактов в соотношении 50 на 50, которое корректируется в зависимости от прогноза рынка. Также предпочтительно для судовладельца сотрудничество с конечными потребителями услуг, а не с судоходными компаниями, сдающими суда в субаренду.

Итак, рассмотренные операционные корректировки и стратегические организационные изменения могут служить унифицированными средствами нейтрализации и локализации факторов угроз экономической безопасности судоходной компании.

Далее остановимся на финансово-страховых методах, также могущих внести вклад в развитие управления экономической безопасностью транспортных предприятий. Первый из таких методов — интеграция страховых и нестраховых рисков предприятия — комбинирование страховой и финансовой защиты. В данном контексте подразумевается прежде всего объединение в одном полисе так называемых спекулятивных и чистых корпоративных рисков, что является довольно оригинальным решением. Такой полис приобрела в 1997 году технологическая компания Honeywell [4]. Этот контракт, вероятно, первый в своем роде сочетал в себе защиту от традиционно подлежащих страхованию рисков, таких как риск ущерба активам предприятия и риск несчастного случая, и от валютного риска — риска финансового рынка, которым традиционно управляли с помощью финансовых инструментов (деривативов). Важным нововведением контракта было сочетание традиционных страховых рисков и спекулятивного (традиционно нестрахуемого) риска. В силу того что по валютному риску возможны не только потери, но и выигрыш, такое сочетание рисков может дать частичную компенсацию потерь от страхуемых рисков в рамках комбинированного продукта. Поэтому Honeywell смогла приобрести контракт на 15 % дешевле предыдущего, так как новый полис дешевле стоил и страховщику — American International

Group (AIG). Ранее, принимая решения о риск-менеджменте, компания платила более высокие страховые премии за фактически чрезмерное покрытие. Если же вместо этого компания приобретает комплексный полис, покрывающий все три вида рисков, она платит меньше за общую страховку.

Общий принцип, иллюстрируемый на примере полиса Honeywell, состоит в том, что защита от совокупного риска всегда стоит меньше, чем покрытие каждого вида риска в отдельности, даже когда индивидуальные страховые премии приемлемы с актуарной точки зрения.

В контексте специфики деятельности транспортных предприятий представляется возможным приобретение аналогичных пакетных полисов, включающих, например, риск изменения фрахтовых ставок, риски «каско» и риски несчастного случая.

В заключение рассмотрим такие финансовые методы интегрированного управления экономической безопасностью, как гибкие корректировки структуры капитала предприятия и использование инструментов резервного финансирования для хеджирования денежных потоков.

Если бы предприятие работало с меньшим рычагом, оно могло бы увеличить свой чистый доход и менее болезненно воспринимать перепады доходности. Различные объяснения природы связанных с риском затрат предполагают, что управление долговым рычагом дает предприятию такие же выгоды, как хеджирование или страхование. Однако здесь следует учитывать один момент: когда денежные потоки предприятия стабильны, наличие долговых обязательств не вредит его работе. Но при возникновении непредвиденных потерь или упущенной выгоды следуют проблемы.

Издержки банкротства возникают в результате неспособности предприятия погасить долговые обязательства вследствие потери стоимости. Проблемы замены активов и недостаточного финансирования появляются в результате искажающего воздействия долга на стоимость бизнеса. Проблемы финансирования убытков обусловлены недостатком капитала после резкого сокращения прибы-

ли. Эти моменты наводят на мысль о необходимости такой структуры капитала, которая учитывала бы возможность непредвиденных расходов. Обеспечить нужную структуру капитала могло бы применение инструментов так называемого хеджирования денежных потоков (cash flow hedging). Рынок таких инструментов только начинает развиваться, но потенциальные возможности у него, по-видимому, значительные. Со многими из этих инструментов, используемыми страховыми компаниями для управления риском своих портфелей, начинают экспериментировать и нестраховые компании [5].

Например, сегодня появились условия для возрождения на новом уровне идеи списания основной суммы долга или процентов по нему в случае возникновения определенного события. Эта идея уходит корнями в глубокую древность: самые ранние контракты, известные под названием морской ссуды, принимали форму займа, который аннулировался в том случае, если корабль купца терпел крушение. Впоследствии, с развитием рынков ценных бумаг, выпускались долговые обязательства, в которых основная сумма долга и проценты по нему были связаны с уровнем цен на нефть и другую продукцию. Например, существует практика хеджирования авиа-компаний от колебаний цен на нефть с помощью облигаций, основная сумма которых привязана к этим ценам. Также известны облигации, связанные с катастрофами (основная сумма долга и проценты зависят от наличия природных катастроф) и кредитным риском (в последнем случае эмитент облигаций — банк — имеет право претендовать на уменьшение суммы долга в случае увеличения кредитного риска своего портфеля). Указанные инструменты позволяют эмитенту хеджировать свой денежный поток путем аннулирования долга при возникновении определенного неблагоприятного события, могущего повлечь за собой резкое сокращение денежного потока.

Наиболее естественным средством аннулирования долга предприятий является включение в структуру их капитала такого долга, основная сумма или проценты по которому привязаны к периферийным рискам, таким как потеря собственности, колебания

рыночных цен, курсов валют или востребование долгов.

Достоинством этих инструментов является то, что компания, пользуясь в своей работе выгодами долговых обязательств, в то же время сокращает долговой рычаг в случае возникновения какого-либо нежелательного события. Таким образом решается проблема издержек банкротства и уменьшаются искажения инвестиционных решений. Однако для того чтобы инвесторы приобретали такие облигации, необходимо обеспечивать им доходность более высокую, чем у обычных корпоративных облигаций.

В целом механизм аннулирования долговых обязательств является средством формализовать пересмотр условия погашения задолженностей, который имел бы место в любом случае. Важно также и то, что, если компании в критической ситуации прощен долг, у акционеров останется ответственность. Это заставляет их принимать более взвешенные инвестиционные решения.

Еще более революционным инструментом хеджирования денежного потока является новая форма перевода долга — обратимые конвертируемые обязательства (reverse convertible debts — RCD). При выпуске RCD компания получает опцион на последующую конвертацию долга в акции. Этот опцион исполняется, когда стоимость компании падает. Как и аннулируемые долговые обязательства, данный инструмент позволяет предприятию автоматически снизить долговой рычаг в случае, если дела пойдут на спад. Пример — обязательства, выпущенные голландской финансовой группой ING.

Причиной эмиссии RCD может послужить снижение цен на акции. Как и другие облигации, связанные с передачей рисков, RCD могут содержать дополнительное условие, защищающее компанию в случае возникновения случайных неблагоприятных событий (страховых убытков).

Интересным новым инструментом финансирования с помощью резервного акционерного капитала является опцион на продажу акций в случае катастрофы, разработанный страховым брокером Aon. Во избежание необходимости привлечения нового акционерного

капитала после понесенных убытков, когда цена на акции снижена, компания выпускает опцион на продажу своих собственных акций другой стороне по оговоренной цене (опцион может включать и второе условие, например потерю собственности или убытки в результате выполнения обязательств). Это позволяет компании привлечь капитал на выгодных для нее условиях так, что она может полностью использовать свои инвестиционные возможности.

Перспективы описанных выше инструментов обусловлены тем обстоятельством, что в последние несколько десятилетий в корпоративном страховании, особенно страховании крупных предприятий (среди которых крупные морские перевозчики), наблюдается спад.

В целом предприятия с более низким долговым рычагом реже прибегают к достаточно дорогим формам защиты активов — хеджированию и страхованию. В то же время предприятия, которым невыгодно отказываться от преимуществ заимствований, должны искать пути и способы снижения искажающего влияния долга (усугубляющегося непредвиденными потерями) на финансовые потоки.

Таким образом, с финансовой точки зрения в целях управления своей экономической безопасностью транспортным предприятиям необходимо, с одной стороны, постоянно искать альтернативные источники финансовых ресурсов и, с другой — искать способы сокращения издержек и повышения стоимости бизнеса.

Список литературы

1. Huchzermeier A., Loch C. Project management under risk: using the real options approach to evaluate flexibility in R&D. *Management Science*, 2000.
2. Loch C. Cross-Air, Case Study. INSEAD, 1999.
3. Loch C., Bode-Greuel, K. Expansion options: evaluating strategic opportunities from research projects, working paper. INSEAD, 2000.
4. Meulbroek L. Total Strategies of Corporate Risk Control, in Pickford, J. (ed.); *Mastering Risk*, Volume 1: Concepts. — London: Pearson, 2001.
5. Punter A. New solutions for the financing of risk // *Journal of Insurance Research & Practice*. — Chartered Insurance Institute. — 2000. — № 2, July.
6. Trigeorgis L. *Real Options*, Cambridge. — MA: MIT Press, 1997.

УДК 338.24

Т. В. Санжиева,
аспирант,
СПГУВК

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА

MANAGEMENT OF RISKS OF THE SHIPPING COMPANY ON THE BASIS OF INTEGRATION OF THE BALANCED SCORECARD AND RISK-MANAGEMENT

В статье рассматривается концептуальный подход к формированию интегрированной модели управления рисками на основе использования инструментария сбалансированной системы показателей судоходных компаний. Определен ряд особенностей функционирования судоходных компаний в процессе их развития в условиях современной экономики.

In the article the conceptual approach to integrated model formation of risk-management on the basis of balanced scorecard toolkit usage for the shipping companies is considered. A number of the shipping companies functioning features in the course of their development in modern economics environment were defined.

Ключевые слова: управление рисками, сбалансированная система показателей, риск-менеджмент, интеграция, стратегические цели.

Key words: management of risks, balanced scorecard, risk-management, integration, strategic goals.

МОРСКОЙ транспорт является политически и экономически значимой для страны отраслью. Он обеспечивает внешнеэкономические связи страны, без чего невозможна интеграция в мировую экономическую систему, жизнедеятельность экономических регионов, где является основным или единственным видом транспорта. Судоводные компании при этом представляют собой важнейшую составляющую транспортного комплекса страны. Они работают в условиях конкуренции с другими отечественными и зарубежными судоводными компаниями, а также с перевозчиками, использующими другие виды транспорта. Вместе с тем на результаты работы судоводных компаний влияют многочисленные, не всегда благоприятные, факторы внутренней и внешней среды.

Повышение эффективности деятельности судоводных компаний в условиях конкуренции во многом зависит от результативности управления рисками, реализации потенциала снижения потерь от рисков.

На сегодняшний день отечественными и зарубежными учеными разработаны различные подходы, концепции и принципы эффективной организации управления рисками. Тем не менее, несмотря на достаточно успешную практику их использования в компаниях различных отраслей, в литературе слабо освещена проблема обоснования необходимости применения тех или иных управленческих концепций в данной области применительно к судоводным компаниям.

Судоводным компаниям свойственен ряд особенностей, которые в своей совокупности могут отрицательно влиять на эффективность внутренних бизнес-процессов и в целом деятельности компании, если не принимать специальных управленческих мер. Несмотря на это, идентификация этих особенностей применительно к риск-менеджменту

на сегодняшний день не нашла комплексного отражения в научных работах, в то время как именно эти особенности должны определять основные концепции и методологии, используемые при выборе принципов и моделей управления рисками компании.

В связи с этим выделим следующие особенности функционирования судоводной компании.

Во-первых, судоводная компания является сервисной организацией, и в отличие от производителя промышленной продукции она не может использовать такие эффективные формы контроля риска, как, например, выборочные проверки готовой продукции и т. п. Услуга потребляется в момент производства, в отличие от товара, поэтому, если риски реализованы и клиент не получил должного обслуживания, а транспортная компания понесла потери, можно лишь приложить усилия, чтобы сделанные ошибки, связанные с рисковой ситуацией, не повторялись в будущем. Предлагаемые судоводными компаниями услуги клиентам являются сравнительно сложными, что может приводить к трудностям с обеспечением стабильности их качества, осложняет контроль рисков транспортных услуг.

Во-вторых, рынки, на которых работают судоводные компании, являются конкурентными и низкорентабельными. Конкурентность рынка, на котором работает компания, требует от нее реализации принципа постоянного стремления к повышению операционной эффективности и удовлетворенности ее клиентов. Низкая рентабельность, которая свойственна капиталоемкому судоводному бизнесу, функционирующему на конкурентных рынках (особенно международных), означает трудность использования ценовых методов конкуренции. Крупная судоводная компания может испытывать давление со стороны мелких поставщиков аналогичных услуг, что

еще более осложняет работу на конкурентных рынках.

Сложная и в ряде случаев громоздкая организационная структура, свойственная большой судоходной компании, может приводить к недостаточному функциональному взаимодействию, нечеткости полномочий и ответственности.

Крупная судоходная компания может оказывать услуги в области грузовых и пассажирских, зарубежных и каботажных, морских и речных перевозок, одновременно работая на большом числе фактически независимых рынков. Косвенным следствием этого является трудность контроля издержек в расчете на единицу продукции из-за сложности учета переменных затрат.

Работая в условиях рыночной экономики и конкуренции, судоходная компания должна стремиться к обеспечению высокой степени удовлетворенности клиентов, к высокой эффективности внутренних бизнес-процессов и рентабельности. Помимо этого, в процессе развития судоходной компании возникают экономические, технические и технологические проблемы, требующие постоянного совершенствования ее организационной структуры и поиска новых прогрессивных форм управления, в том числе новых форм управления рисками компаний.

На сегодняшний день наиболее адекватным инструментом эффективного управления компанией является сбалансированная система показателей (ССП), разработанная Дэвидом Нортоном и Робертом Капланом в начале 1990-х годов, а также идея интеграции инструментария риск-менеджмента компании и СПП.

Сбалансированная система показателей в классическом варианте содержит четыре составляющие, которые представляют собой стратегически важные аспекты деятельности организации: финансы, клиенты, бизнес-процессы, обучение и развитие.

Соотнесение целей СПП и ее ключевых индикаторов с конкретными рисками, определение показателей риска и их оценки способствуют тому, что влияние рисков на достижение стратегических целей будет своевременно учтено и обеспечено мерами по их снижению.

В экономической литературе [1, 4, 5, 6] существует ряд различных концептуальных подходов к интеграции сбалансированной системы показателей и риск-менеджмента. Обобщение специальной литературы и практики ряда фирм позволило выделить четыре принципиально разных подхода к интеграции риск-менеджмента и сбалансированной системы показателей, использование которых позволяет принимать более обоснованные управленческие решения:

— дополнение классической СПП блоком «Риски»;

— разработка специальной системы «риск-СПП»;

— включение аспектов, связанных с рисками, в систему стратегических целей СПП;

— интеграция показателей, характеризующих риски, в систему СПП — «расширение классической СПП».

Первый вариант интеграции предусматривает неизменность четырех блоков классической сбалансированной системы показателей. Для этого все релевантные для риск-менеджмента цели, показатели, их нормативные и целевые значения, а также соответствующие меры по их достижению выносятся в специальный дополнительный блок.

Второй рассматриваемый вариант интеграции базируется на модификации СПП, при которой вместо ориентации на четыре блока сбалансированной системы показателей, отражающих стратегические цели компании, ключевым элементом данной системы становятся стратегические факторы успеха компании.

Изначальная гипотеза, на которой строится концепция, состоит в том, что успешная реализация стратегии фирмы, в свою очередь, означает ее конкретизацию и эффективное проведение на более низких уровнях управления, зависит от более или менее ограниченного числа так называемых стратегических факторов успеха. Эти факторы логически-дедуктивным методом выводятся из системы стратегических целей компании конкретного предприятия, а также из характеристик отрасли и особенностей самого предприятия. В данном подходе факторы успеха становятся связующим звеном между стратегическими целями компании и системой показателей СПП.

В системе «риск-ССП» осуществляется анализ возможностей с одной стороны и анализ рисков — с другой. Отправной точкой для этого анализа выступают стратегические факторы успеха. Каждой возможности компании, вытекающей из фактора успеха, противостоит один или несколько рисков.

Третий вариант интеграции подразумевает, что для каждого стратегического фактора успеха должна быть разработана своя собственная ССП. Для каждого фактора определяются количественные, как правило, финансовые показатели, необходимые для оперативного планирования, управления и контроля. Задача этих показателей заключается в определении текущего состояния фактора успеха. В данном варианте интеграции предусмотрено наличие предупреждающих индикаторов. Эти показатели заранее отражают динамику развития стратегических факторов успеха. Показатели риска относятся непосредственно к соответствующему фактору и включаются в его ССП, что позволяет установить прямую связь между фактором успеха и его рисками.

Четвертый вариант интеграции подразумевает учет фактора риска непосредственно в четырех блоках классической сбалансированной системы показателей. Для каждой стратегической цели определяются не только показатель (показатели) и его целевое значение, но также и риски, которые могут оказать воздействие на достижение цели. «Расширенная ССП» разрабатывается как для предприятия в целом, так и для его отдельных стратегических единиц, при этом каждый из блоков ССП дополняется показателями рисков и факторов их воздействия.

Интеграция ССП и риск-менеджмента должна обеспечиваться таким образом, чтобы преимущества обоих подходов сохранялись, а потенциал от интеграции наиболее полно использовался. Исходя из этого, а также учитывая особенности судоходных компаний, можно сделать вывод о четвертом варианте интеграции как о наиболее эффективной модели управления рисками судоходных компаний.

Приведем пример модели сбалансированной системы показателей с учетом интеграции рисков в каждый блок ССП (табл. 1).

Таблица 1

Интегрированная модель ССП судоходной компании

Финансовая составляющая ССП судоходной компании		
Показатели		Возможный риск
Общие финансовые показатели деятельности судоходной компании	- рост объема услуг в денежном выражении; - увеличение чистой прибыли; - рентабельность перевозок	Риск сокращения прибыли компании, уменьшения рентабельности в результате риска ухудшения конъюнктуры рынка и снижения эффективности управления затратами
Маржинальные доходы и структура затрат	- маржинальный доход; - постоянные издержки компании; - доля затрат на персонал в доходах судоходной компании	Риск увеличения постоянных издержек, увеличения затрат на персонал, сокращения маржинального дохода
Клиентская составляющая ССП судоходной компании		
Показатели		Возможный риск
Доля рынка судоходной компании	занимаемый сегмент рынка	Риск потери (снижения доли) занятого сегмента рынка

Сохранение клиентской базы	• количество постоянных клиентов компании; • увеличение заказов постоянных клиентов	Риск потери ключевых клиентов, сокращения доли постоянных заказов
Расширение клиентской базы судоходной компании	• количество новых клиентов; • объем услуг в денежном выражении впервые обратившимся клиентам	Риск невозможности привлечения новых клиентов, сокращения объема предоставляемых услуг новым клиентам
Удовлетворение потребностей клиентов	• показатель удовлетворенности клиентов	Риск потери клиентов из-за неудовлетворительного качества предоставляемых услуг
Увеличение объемов предоставляемых услуг существующим клиентам	• увеличение объема услуг в денежном выражении существующим клиентам	Риск сокращения объема предоставляемых услуг существующим клиентам
Зависимость компании от конкретных клиентов	• доля предоставляемых услуг в денежном выражении конкретным, наиболее значимым клиентам	Риск потери ключевых клиентов
Лояльность клиентской базы	• показатель лояльности клиентов	Риск увеличения нелояльного отношения клиентов
Восстановление утраченной клиентской базы	• показатель восстановления утраченной клиентской базы	Риск невозможности восстановления утраченной клиентской базы

Составляющая бизнес-процессов ССП судоходной компании

Показатели		Возможный риск
Результативность операционного процесса	• выполнение договорных обязательств по перевозкам; • нарушения обязательств со стороны поставщиков топлива; • эффективность производственного цикла	Риск невыполнения плана перевозок; простои флота; просроченный ремонт судов и пр.
Результативность инвестиционного процесса в сфере производства услуг	• показатель результативности инвестиционного процесса	Риск потери работоспособного флота, прибыли и пр.

Составляющая обучения и развития ССП судоходной компании		
Показатели		Возможный риск
Качество персонала	показатель оценки качества персонала	Риск сокращения высококвалифицированных кадров и пр.
Текучесть персонала	показатель текучести кадров	Риск увольнения ключевых сотрудников и пр.

Используя концепцию сбалансированной системы показателей, менеджмент судоходной компании имеет возможность создать эффективную сбалансированную модель управления, интегрирующую функции информационного обеспечения, планирования и контроля ключевых показателей деятельности компании, а также функционирования управления рисками.

Важным достоинством рассмотренной модели является то, что она путем определения взаимосвязей между стратегическими целями компании, ключевыми показателями деятельности и возможными рисками конкретизирует стратегию фирмы и делает процесс ее достижения более прозрачным, что в итоге способствует эффективной реализации стратегии. Встраивание рисков в систему ССП обеспечивает четкое понимание сотрудниками взаимосвязи рисков с процессами функционирования и развития компании и повышает эффективность управления рисками на основе их продуктивной дифференциации и системной интеграции. Контроль и ответственность за достижение отдельных целей закрепляется за конкретными сотрудниками фирмы.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать требования, которым должна отвечать ССП при интеграции в нее факторов риска:

- факторы риска должны быть включены в каждый блок ССП;
- риски должны по возможности рассматриваться во взаимосвязи со стратегическими целями компании;
- система должна предусматривать возможность закрепления персональной ответственности сотрудников за отдельными показателями.

С точки зрения риск-менеджмента при интегрированном подходе должно сохраняться выполнение основных критериев управления рисками:

- полнота (все возможные существенные риски должны быть идентифицированы и учтены в модели);
- взаимосвязи (связи и взаимное влияние рисков друг на друга должны отражаться в модели);
- оценка риска (риски должны быть количественно измерены с позиции возможного ущерба и вероятности, в случае если это невозможно, риски должны получить качественную оценку);
- своевременность распознавания (риски должны быть «распознаны» тогда, когда руководство еще может принять соответствующие меры);
- коммуникация и документация (информация риск-менеджмента должна фиксироваться, данные о негативных изменениях должны незамедлительно сообщаться руководству);
- наблюдение и ответственность (в компании должны постоянно осуществляться наблюдение и контроль за изменением рисков, для чего необходимо определить ответственных за это сотрудников).

Выполнение вышеназванных критериев как со стороны ССП, так и со стороны риск-менеджмента достигается в рассмотренной выше интегрированной модели ССП судоходной компании и позволяет наиболее полным образом использовать потенциал интеграции двух подходов, который прежде всего заключается в полноценном отображении рисков компании в системе взаимосвязей стратегических целей и показателей.

Список литературы

1. Внедрение сбалансированной системы показателей / Horvath & Partners; Пер. с нем. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 478 с.
2. Каплан Р. Сбалансированная система показателей: от стратегии к действию / Р. Каплан, Дейвид Нортон; Пер. с англ. М. Павловой. — М.: Олимп-Бизнес, 2008. — 320 с.
3. Чернова Г. В. Управление рисками / А. А. Кудрявцев, Г. В. Чернова. — М.: ТК «Велби»; Проспект, 2005. — 160 с.
4. Burger, A., Buchart, A. Risiko-Controlling. — München, 2002. S. 209.
5. Mayer J. H. Erfolgsfaktoren-basierte Balanced Scorecard — Ein neuer Ansatz der Performance Management zur Unternehmensplanung, steuerung und kontrolle, in: Reichmann, Th. Tagungsband zum 15. Deutschen Controlling Congress 2000, S. 224–238.
6. Reichmann T., Form S. Balanced Chance and Risk Management, in: Controlling, 12. Jd. 2000, S. 189–198.

УДК 656.614.3:339.5

С. Е. Иванова,

канд. экон. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»;

Н. В. Митрофанова,

канд. экон. наук, ст. преподаватель,
ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕНЫ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ
В ЛИНЕЙНОМ СУДОХОДСТВЕTHE MODERN PRINCIPALS OF FOUNDATION OF COST FOR CARRIAGE
OF GOODS IN LINE SHIPPING

Цена перевозки груза в рыночных условиях является важным инструментом хозяйственной деятельности судоходных компаний. Авторы статьи попытались раскрыть основные принципы формирования цены перевозки в линейном судоходстве. В статье приводится подробный перечень надбавок к ставке фрахта на линии. В заключении статьи делается вывод об итогах проведенного исследования.

The cost for carriage of goods in market circumstances is the important instrument of financial activities of shipping companies. The authors of the article show the main principals of foundation of cost for carriage of goods in line shipping. In the article there is full list of increase to the rate of freight on line. In the end of article there is conclusion about the results of the research.

Ключевые слова: линейное судоходство, ставка фрахта, надбавки к ставке фрахта, линейная конференция, терминальные работы, контейнерный терминал.

Key words: line shipping, rate of freight, increase to the rate of freight, line conference, terminal works, container terminal.

В

НАСТОЯЩЕЕ время из лексики линейного судоходства постепенно исчезают понятия «линейных» и «ка-

ботажных» тарифов. На смену им приходят новые термины: «ставка фрахта» или «базовая ставка» и различного рода «надбавки» к ней.

Среди основных факторов, оказывающих влияние на стоимость перевозки груза на линии, авторы в процессе исследования смогли выделить следующие:

- объемы и номенклатура груза;
- спрос и предложение тоннажа (судов) на фрахтовом рынке;

- расстояние между портами;
- нормы обработки судов в портах;
- возраст судов;
- стоимость хранения груза в портах.

Для более подробного рассмотрения процесса формирования цены перевозки груза на линии можно обратиться к контейнерным перевозкам, т. к. они составляют основу линейного судоходства на современном этапе развития морского транспорта.

Стоимость перевозки груза на линии формируется обычно по следующему принципу:

1. Base rate — базисная ставка фрахта линии.

2. LTNC (OTNC) — терминальные работы в порту погрузки (load (original) terminal handling charge).

3. DTNC — терминальные работы в порту назначения (discharging terminal handling charge).

4. BAF — бункерная надбавка.

5. CAF — коэффициент разности валют.

6. Другие надбавки.

При этом необходимо учитывать, что в коммерческой практике приняты следующие основные сокращения для линейных условий транспортировки груза, учитывающие специфику терминальных работ в портах:

1. FIOS — Free in/out (погрузка и выгрузка за счет отправителя).

2. FILO — Free in / Liner out (погрузка за счет отправителя / выгрузка за счет линии).

3. LIFO — Liner in / Free out (погрузка за счет линии / выгрузка за счет отправителя).

4. LILO — Liner in/out (погрузка/выгрузка за счет линии — полные линейные условия).

Кроме порта контейнер по предварительному запросу клиента может быть доставлен до контейнерного терминала (container yard) вблизи порта или в глубине страны в зависимости от активности линии на данной территории. И конечно же, он может быть доставлен непосредственно до «двери» клиента. С учетом этого к основным линейным условиям перевозки груза могут добавляться дополнительно еще и такие, как, например:

- FICY — Free in / Container yard (без погрузки в порту / до контейнерного терминала);

- LI-Door — Liner in / Door (погрузка в порту за счет линии / «дверь» клиента) [5].

При этом следует учитывать, что даже при перевозке Door-Door, т. е. «дверь» — «дверь», линия только подает контейнер по указанному адресу, но практически никогда не осуществляет затаривание/растаривание контейнера (stuffing/unstuffing)[5].

Как правило, официально рекламируется и декларируется базисная ставка линии и дополнительно указывается BAF-бункерная надбавка, которая учитывает колебания цен на топливо. Иногда предоставляемые линией ставки фрахта уже содержат в своем составе и топливную, и валютную (Currency Adjustment Factor — CAF) надбавки. Помимо этого, линейное судоходство в настоящее время насчитывает не один десяток различных надбавок к ставке фрахта, которые, соответственно, в тех или иных случаях применяются для формирования окончательной стоимости перевозки конкретного груза (см. табл. 1).

Таблица 1

Наиболее известные надбавки, применяемые к ставке фрахта
в современном линейном судоходстве

Наименование надбавки	Характер надбавки	Пояснение применяемой надбавки
Agents fee		Агентское вознаграждение

Таблица 1
(Продолжение)

BAF	Bunker Adjustment Factor	Надбавка прибавляется к стоимости фрахта в зависимости от колебаний цен на рынке топлива, коэффициента изменения цен на нефть. Эта составляющая меняется несколько раз в год. Может взиматься в стоимостных единицах (долларах или Евро), а может в процентном соотношении от фрахта
Barge fee		Плата за перевозку грузов баржей
Bosphorus Surcharge		Надбавка за прохождение груза проливом Босфор
CAF	Currency Adjustment Factor	Надбавка к стоимости фрахта, применяется для компенсации потерь от колебаний курса валют. Выражается в процентах
Congestion Surcharge		Дополнительный сбор, который взимается для компенсации дополнительных затрат, связанных с задержкой судов в перегруженных портах
High Cube Surcharge		Надбавка за повышенную вместимость контейнера, составляет 10 % от стоимости морского фрахта, действительна для всех грузов высотой более 2,25 метра
IMO Surcharge		Надбавка за опасный груз
GRI		Дополнительный сбор к базовой ставке фрахта, устанавливается в соответствии с тарифной политикой линейной компании, носит, как правило, сезонный характер
PSS	Peak Seasons Surcharge	Надбавка за высокий сезон, применяется к грузам, экспортируемым из стран Азии, обычно с августа по ноябрь (этот период считается пиковым для импортных отгрузок) в связи с большим спросом на этот сервис
ISPS	International Security Port Surcharge	Надбавка за безопасность, наложение пломбы. Появившаяся в 2004 году надбавка, связанная с усиленными мероприятиями по осуществлению безопасного функционирования портов и их охраны
THC	Terminal Handling Charges	Услуги по погрузке и выгрузке контейнера с борта судна на контейнерный терминал
UK Premium		Надбавка, взимаемая в английских портах
WRS	War Risk Surcharge	Плата за риск, за возможные военные действия в районах повышенной военной активности. Надбавка взимается в портах, находящихся в военной зоне. Распространяется, к примеру, на некоторые порты Африки, Израиля
WSC	Winter Surcharge	Надбавка взимается в портах, где существует возможность обледенения акватории порта. Компенсирует работу ледоколов и проведение антиледовых мероприятий

Таблица 1
(Окончание)

HWS / OWS	Heavy or Over Weight Surcharge	Надбавка за превышение стандартного веса, применяющаяся к 20-футовым контейнерам. Стандартный вес может колебаться от 10 до 20 т в зависимости от морской линии
Wharfage		Портовая пошлина, применяемая к ставке фрахта в некоторых портах мира
CUC	Chassis Using Charge	Сбор за использование шасси (взимается в США)
DF	Documentation Fee	Сбор за оформление документов, взимаемый линейной компанией, который включает составление коносамента получателя на его партию груза и составление сервисного коносамента. Взимается поконосаментно
МИДК		Организация досмотра контейнера по запросу таможни. Обычно не зависит от объема проводимого досмотра и взимается за каждый контейнер

До запрета работы линейных конференций цена линейной перевозки, во многом зависящая от надбавок, регламентировалась в рамках трансконтинентальных конференций, таких как, например, ТАСА (Трансатлантическая контейнерная конференция) и Far East Container Conference. Их основной задачей, помимо исключения демпинга, являлась разработка и назначение унифицированных надбавок к ставкам фрахта.

С октября 2008 г. линейных перевозчиков законодательно обязали конкурировать в отношении цены линейной перевозки грузов, так как антимонопольные ведомства ЕС, США и азиатских стран запретили функционирование линейных конференций.

В связи с указанным выше процесс формирования цены перевозки контейнерного груза может разниться от линии к линии, но примерно его схему можно представить следующим образом. Котировка цены перевозки груза в линейном судоходстве клиентом производится по принципу «rate +++». Это означает: базовая ставка, плюс стоимость погрузки, плюс стоимость выгрузки, плюс надбавки. В классическом смысле фиксации тарифа в контейнерном судоходстве практически не происходит. Чаще всего линия дает своим специалистам в отдел продаж на определен-

ный период (обычно месяц) только уровень базовой ставки (bas), ниже которой клиенту не предлагают, и желаемый уровень ставки (target). Далее все зависит от способностей менеджера и ситуации на рынке. При этом публикуемые ставки являются для любых клиентов только неким ориентиром. Некоторые компании публикуют на сайте и в периодической печати подробный перечень ставок и надбавок для клиентов среднего уровня, но крупный клиент всегда знает, что перевозчик при необходимости готов пойти на уторговывание цены.

Описанный выше процесс можно показать на примере работы линейной компании MSC. В ее букировочном листе (Booking Procedure Form) выделяется специальный пункт Rates Details (Mandatory Informations), отвечающий за формирование стоимости перевозки. В данном пункте клиент должен прежде всего сообщить о возможном существовании какого-либо соглашения с данной компанией о применении специальных ставок стоимости перевозки и, в случае если таковое имеется, переслать для доказательства его наличия. Затем подробно описываются составные части цены будущей перевозки груза (см. табл. 2).

Таблица 2

**Пример формирования цены перевозки контейнера на линии
в составе процедуры букирования**

Наименование	20 dv(USD)	40 dv (USD)	40 hc (USD)	Payment Terms P/C/E
Ocean Freight	1750	3500	4750	—
Precarriage VIA truck	560	730	850	—
Discharging THC	350	390	420	—
On carriage	550	750	820	—
Peak Season	80	95	115	—
BAF	170	340	380	—
Others	—	—	—	—

Как можно увидеть выше, во главе процесса формирования цены лежит определение ставки фрахта «Ocean Freight», в данном случае — за основную океанскую перевозку. Большое влияние на конечную стоимость услуг оказывают два пункта — «Precarriage VIA truck» и «On carriage». Первое означает услугу по доставке груза от «двери» клиента до фидерного порта, которая может производиться различными видами транспорта, в т. ч. ж/д или авто. Второе — от фидерного порта до «двери» клиента, также различными видами транспорта. Значение остальных пунктов было рассмотрено выше.

Помимо обычных, уже описанных факторов на цену перевозки груза в линейном судоходстве могут влиять и другие, более банальные. Например, при недостаточном объеме грузопотока в прямом или обратном направлении цена перевозки значительно удешевляется по понятным причинам. Также значительное влияние на цену перевозки оказывает и текущая ситуация на рынке перевозок контейнерных грузов.

В заключение необходимо сказать, что в настоящее время не существует единого, четкого официально сформулированного методического подхода к расчету цены линей-

ной перевозки. Каждая линейная компания держит в строгом секрете данный механизм. Крах линейных конференций только усугубил сложившуюся ситуацию.

На современном этапе линейное судоходство переживает время перемен. На последнем заседании Азиатско-Тихоокеанского экономического сообщества (2009 г.) подвели итоги функционирования линейных компаний и пришли к выводу, что в настоящее время компании создают альтернативные конференциям организационные формы сотрудничества как внутри судоходной отрасли (альянсы), так и с крупными грузовладельцами (соглашения и пр.), где по-прежнему обсуждаются вопросы формирования цены перевозки грузов на линиях.

Кроме этого, гибкий подход в обсуждении с клиентом стоимости перевозки груза при контейнерной перевозке, обнаруженный в процессе исследования работы ряда линий, начинает напоминать обсуждение фрахтовой ставки при заключении договора перевозки в трамповом судоходстве. Таким образом, постепенно нивелируется одна из отличительных особенностей линейного судоходства — принцип формирования цены перевозки.

Список литературы

1. Забелин В. Г. Фрахтовые операции во внешней торговле: Учебное пособие. — М.: РосКонсульт, 2000. — 256 с.

2. Лимонов Э. Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки. — 2-е изд., переработанное, дополненное, СПб.: Информационный центр «Выбор», 2000. — 415 с.
3. Плужников К. И. Нужно ли присутствовать на «похоронах» системы линейных фрахтовых конференций? // Бюллетень транспортной информации. Информационно-практический журнал. — 2006. — № 5. — С.16–17.
4. Электронный ресурс <http://info.auto.ru/logistic/faq/article/3413.html>

УДК 334.78:339.137:656.09

О. Н. Панамарева,
канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОРЫВА В РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТА РОССИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

THE PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS THE MAIN MEANS OF TECHNICAL, TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN RUSSIAN TRANSPORT'S DEVELOPMENT AND IT'S COMPETITION INCREASING

В статье ключевым аспектом исследования является функционирование и развитие транспортного комплекса страны как средства обеспечения комфорта и качества жизни в России. Раскрываются факторы негативного воздействия и резюмированы базовые направления развития транспортного комплекса и проблемы инвестирования в него. Рассмотрено государственно-частное партнерство, доказаны возможность и необходимость его применения как механизма грамотной организации взаимодействия государства и частного бизнеса в условиях функционирования современной рыночной экономики РФ.

The article considers problems of function and development Russian transport system as the means of comfort and quality of life in Russia. Special attention is paid to the bad factors which have influence on Russian transport. The main directions of Russian transport's development and problems of it's investments have generalized. The public-private partnership has considered as the means for organization of efficient government and private partnership in conditions of function Russian market economy.

Ключевые слова: транспортный комплекс, конкурентоспособность экономики, государственные и частные инвестиции, государственно-частное партнерство.

Key words: transport system, competition economy, government and private investments, public-private partnership.

ТРАНСПОРТНЫЙ комплекс России сегодня стоит перед лицом радикальных перемен, как и вся экономика страны. Несмотря на существенное влияние разразившегося мирового финансово-экономического кризиса, последствия которого для многих западноевропейских государств стали радикальными и заставили пересмотреть

свое отношение как к экономическому миру, так и к роли РФ в нем, нашему государству удастся планомерно осуществлять намеченную стратегию развития основных отраслей хозяйства. Особое место здесь отведено абсолютно объективно транспорту, позволяющему обеспечивать комфортное существование. Большая протяженность водных,

сухопутных, воздушных путей, многочисленные сложные внешнеэкономические связи, необходимость сотрудничества и интеграции в мировое экономическое пространство и многие другие факторы обуславливают высокую важность вопросов организации эффективной и бесперебойной работы транспортной отрасли в целом. Именно им посвящены конструкторы, форумы, круглые столы, проводимые под руководством ведущих специалистов и исполнительных органов страны.

Как показала практика, финансовый и экономические кризисы все же не обошли стороной Россию: сократился объем иностранных (только в 2008 г. относительно 2007 г. на 14,2 %, или 103 769 млн долл.), увеличился отток отечественного капитала за рубеж (в 2008 г. на 53,1 %) [6], что отрицательно сказалось на реализации ряда запланированных проектов, часть из которых оказалась заморожена. Но следует отметить и положительное влияние.

Известно, что кризис — это не только проблемы, упадок, развал, но и появление потенциальных возможностей, реализовав которые, можно сделать радикальный прорыв в развитии и выйти на новый качественный уровень. Так, в работе [1] авторы, проведя детальный анализ теоретических и эмпирических данных с учетом последствий кризиса, предлагают пессимистический и оптимистический варианты развития экономики страны, выражая результаты в таких показателях, как валовой выпуск и ВВП, основные фонды (их активная и пассивная части), инвестиции в основной капитал РФ в 2008–2012 гг. Оба сценария говорят о реальной возможности реализации интенсивного пути развития страны, ее отраслей. Особый акцент здесь делается на необходимость увеличения суммарных инвестиций в основной капитал (не менее 41 228 млрд руб., или 1622 млрд долл.); это должно увеличить к 2012 г. валовой выпуск фондообразующих отраслей машиностроения и строительства примерно на 110 % и 80 % соответственно, что в свою очередь позволит достигнуть не менее чем планового двукратного роста ВВП за 10 лет (2008–2017 гг.) [1].

С экономической точки зрения указанные варианты развития экономики нацелены на повышение конкурентоспособности

России. По состоянию на 2010 г., по данным швейцарской бизнес-школы IMD [9], она заняла отнюдь не первое место в ежегодном рейтинге мировой конкурентоспособности 58 стран, оказавшись в самом «хвосте» рейтинговой таблицы — 51-е место. Впрочем, и предыдущие результаты неутешительны: в 2004 г. — только 41-е место. Лидерами здесь остаются Гонконг (1-е место), Сингапур (2-е место) и США (3-е место). Также положение не лучше и в рейтинге конкурентоспособности Международного экономического форума: у России только 63-е место среди возможных 68. Но стоит отметить лидирующие позиции страны по скорости роста фондового рынка (1-е место — 128,6 %), по низкой величине государственного долга (5-е место), дешевизне тарифов на энергию для предприятий (4-е) и по объему резервов (3-е место). А также положительным является 6-е место РФ по инвестиционной привлекательности. Его РФ сохраняет с 2008 г., однако в 2010 г. привлекательность снизилась на 20 %.

Вышеуказанные положительные аспекты еще раз говорят о реальных возможностях России. Однако невозможно реализовать ни пессимистичный, ни оптимистичный варианты без учета транспорта, его функционирования и развития на конкурентоспособной основе. Транспортная отрасль занимала и занимает особое место в хозяйственном комплексе РФ. Это обусловлено тем, что в силу своих системообразующих и связующих функций транспорт воздействует на экономику следующим образом:

- задает и обеспечивает динамику развития регионов;

- оказывает непосредственное влияние на эффективность и конкурентоспособность большинства субъектов хозяйствования;

- создает базу для ускорения и диверсификации экономического роста, развития и расширения международной торговли.

Мы подошли к тому рубежу, где требуется не только технический, но и технологический прорыв, ведь нынешнее состояние транспортной отрасли оценивается специалистами как несоответствующее стране, стремящейся к лидерству в мировой экономике. Об этом говорит разработка и реализация двух Фе-

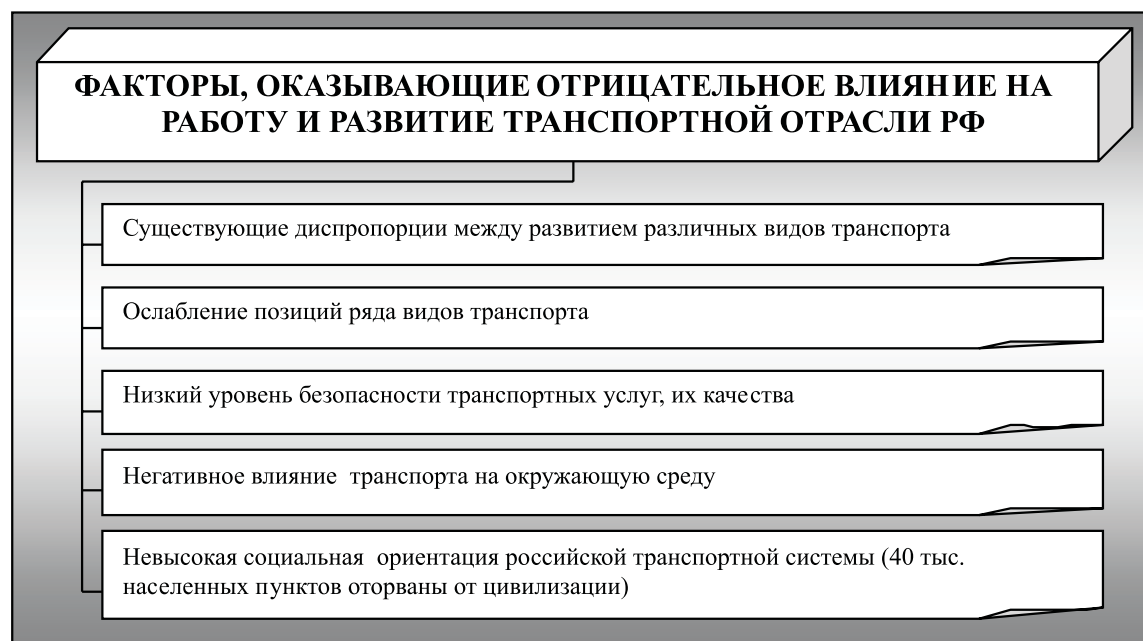


Рис. 1. Факторы, ограничивающие полноценное использование транспортного потенциала РФ: составлен автором на базе источника [10]

деральных целевых программ — ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002–2010 годы)» и ФЦП «Развитие транспортной системы России до 2015 года». ФЦП 2002–2010 была реализована в 2009 г., т. е. на год раньше запланированного. Сегодня происходит воплощение второй ФЦП [4]. Первая ФЦП нацелена на реализацию этапа модернизации (технический уровень), вторая — на развитие транспортной отрасли как единого комплекса (технологический уровень). Несмотря на снижение объемов перевозок грузов в 2009 г. относительно 2008-го (на 20,4 %), а по грузообороту — на 11,5 %, масштабное развитие транспортной инфраструктуры стало возможным благодаря ежегодному росту инвестиций в транспортный комплекс. Так, на реализацию первой ФЦП затрачено примерно 4,5 трлн руб., при этом 1/3 — из федерального бюджета, остальные средства поступили из частных источников.

На сегодня транспортный потенциал РФ используется только на 5–7 %, что обусловлено факторами, представленными на рис. 1.

Пути повышения конкурентоспособности транспортной системы РФ показаны на рис. 2.

Достижение поставленной цели — повышение конкурентоспособности и благосостояния страны — невозможно, вернее, трудноосуществимо без использования опыта применения государственно-частного партнерства (далее — ГЧП). Учитывая вышесказанное, актуальность заявленной темы исследования на современном этапе развития российской экономики не вызывает сомнений. Остановимся на рассмотрении следующих аспектов:

- сущность ГЧП — понятие, правомочия, основные черты, модели и механизмы партнерств, сфера применения в мире и в России;

- проблемы финансирования транспортной инфраструктуры;

- перспективы использования ГЧП-механизмов при управлении финансовыми потоками при проектировании и реализации проектов на транспорте.

Для частных инвесторов вложения в транспортную инфраструктуру представляют особый интерес, но при этом они ставят перед органами власти вопросы о необходимости дать рынку ясные ориентиры, отраженные в долгосрочных стратегических планах, что, в принципе, и осуществлено Правительством РФ. По состоянию на 2005 г. независимые экс-

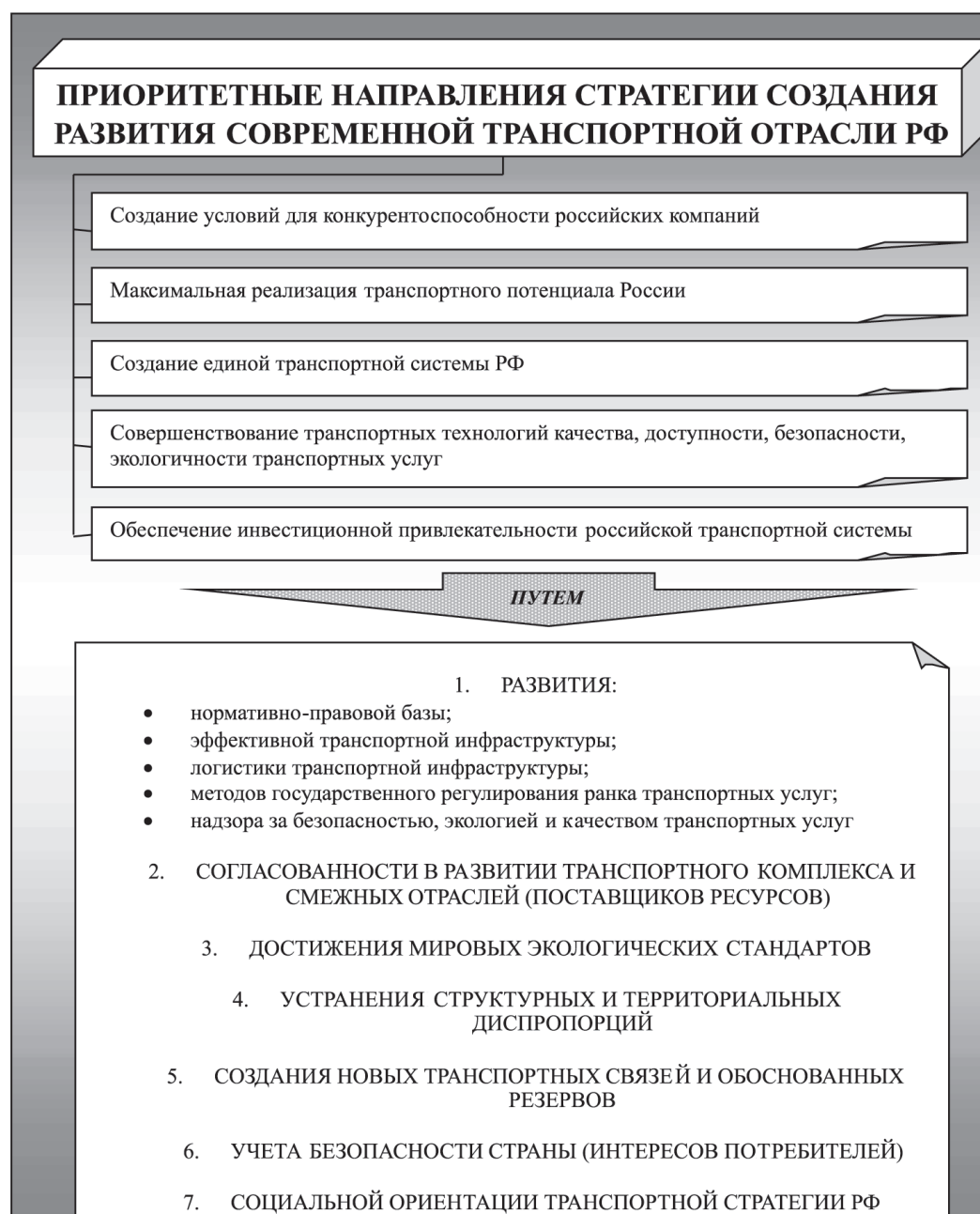


Рис. 2. Мероприятия повышения конкурентоспособности транспортной системы России: составлен автором на базе источника [10]

пертные оценки показали, что потенциальная емкость рынка частных инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры РФ оценивается на уровне 10–12 млрд долл. США в год [10]. Конечно, кризис оказал замораживающее влияние на реализацию ряда планов, однако стратегические направления в полной мере подлежат реализации, а потенциальные вкладчики — владельцы бизнеса — начинают снова активизироваться, но без особого рве-

ния: транспорт — капиталоемкая отрасль, где сроки окупаемости достаточно велики. Это связано с проблемами, которые представлены на рис. 3, некоторые из них уже частично решены.

Следует также признать, что опыта реализации проектов, базирующихся на принципах ГЧП, в РФ не достаточно.

Таким образом, привлечение частного вкладчика для участия на этих принципах в

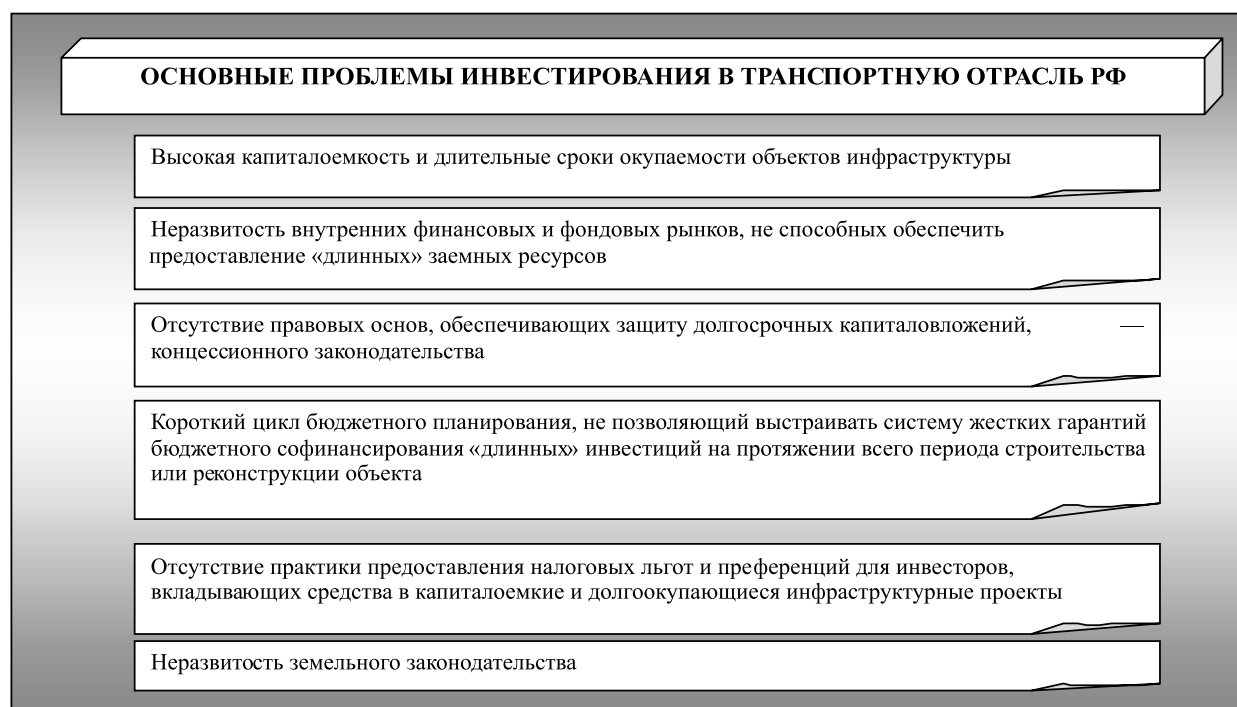


Рис. 3. Проблемы инвестирования в объекты транспортной инфраструктуры РФ

финансировании проектов — сложный системный вопрос, требующий особого внимания и проработки.

Существует ряд разнообразных определений понятия «государственно-частное партнерство». Попытаемся внести уточнения с позиций применения его на транспорте.

Государственно-частное партнерство (пер. с англ. public-private partnership) — совокупность форм средне- и долгосрочного взаимодействия государства и бизнеса для решения общественно значимых задач на взаимовыгодных условиях [14] в целях разработки, планирования, финансирования, строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры. При этом следует учитывать, что инициатором участия в реализации общественно значимых проектов на основе ГЧП выступает именно государство, приглашающее бизнес к сотрудничеству.

На сегодня общепринятого определения, так же как и федерального закона о ГЧП, в России не существует [14]. Трактовка понятия присутствует только в законах о ГЧП, принятых в ряде субъектов РФ — Томской области, Санкт-Петербурге. Это прежде всего связано со сравнительно недавним ис-

пользованием данного инструмента управления в РФ. В нашей стране впервые стали использовать ГЧП в области ЖКХ, строительства трубопроводов, энергетических объектов с середины 1990-х гг. [2]. Базовые крупные проекты были построены в рамках модели ВООТ.

В целом ГЧП использует все преимущества частного капитала при одновременном сохранении ведущей роли государственных органов власти.

Государство несет ответственность перед обществом за бесперебойное обеспечение публичными благами («public goods»), чем и объясняется тенденция к сохранению ряда отраслей и производств в государственной собственности. Оно выступает инициатором и гарантом выполнения обязательств в реализации национальных проектов.

Частному бизнесу присущи мобильность, высокая эффективность использования ресурсов, склонность к инновациям.

Основные признаки государственно-частных партнерств с экономической точки зрения представлены на рис. 4.

Можно выделить следующие черты ГЧП, отличающие его проекты от других

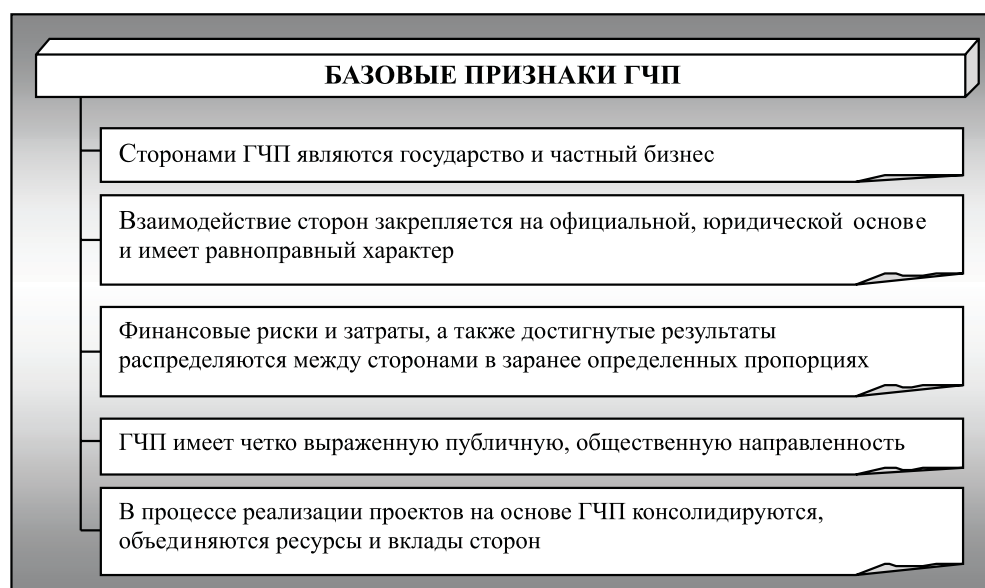


Рис. 4. Признаки ГЧП с экономической точки зрения

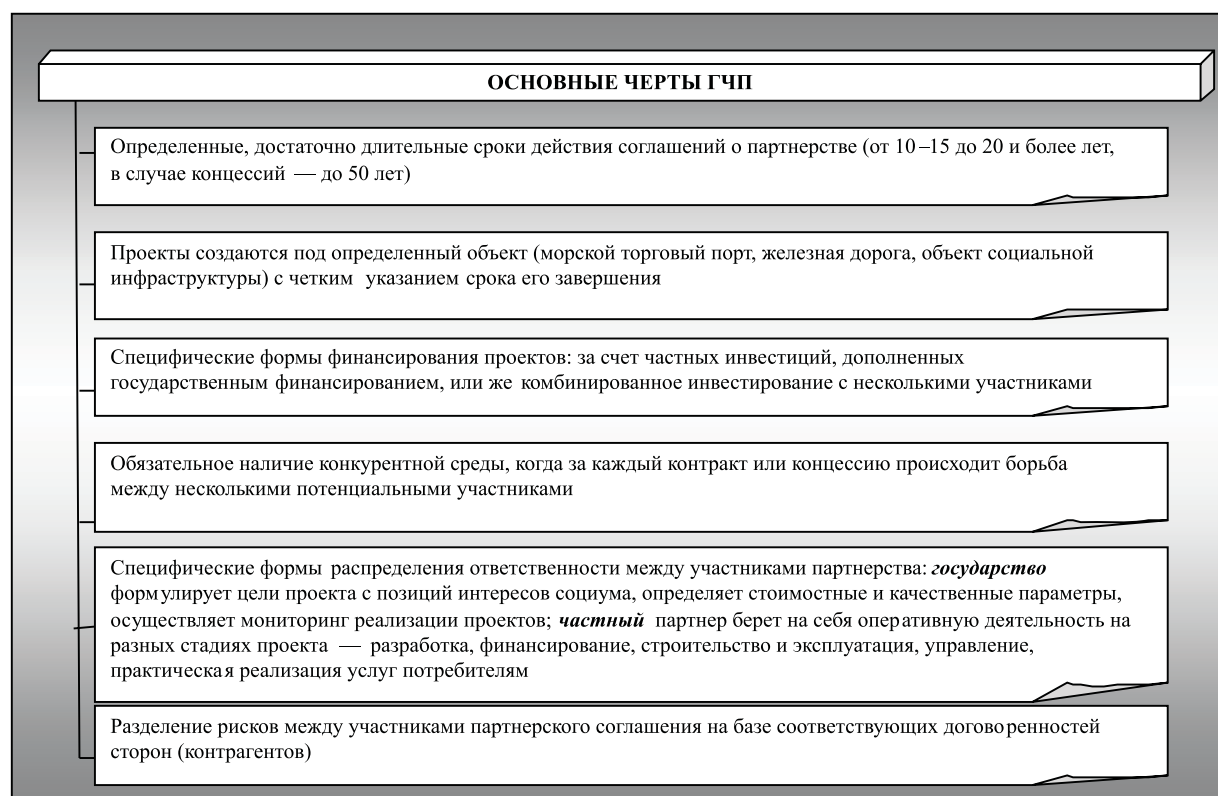


Рис. 5. Основные черты ГЧП

форм отношений государства и частного бизнеса (рис. 5) [3].

Необходимо учитывать, что полномочия ГЧП имеют ряд особенностей, которые представлены в виде схемы (см. рис. 6), и то, что именно в инфраструктурных отраслях

исторически сложились традиции делегирования государством ряда ключевых полномочий частному бизнесу при несении первым ответственности перед социумом за бесперебойное обеспечение публичными благами — «public goods».

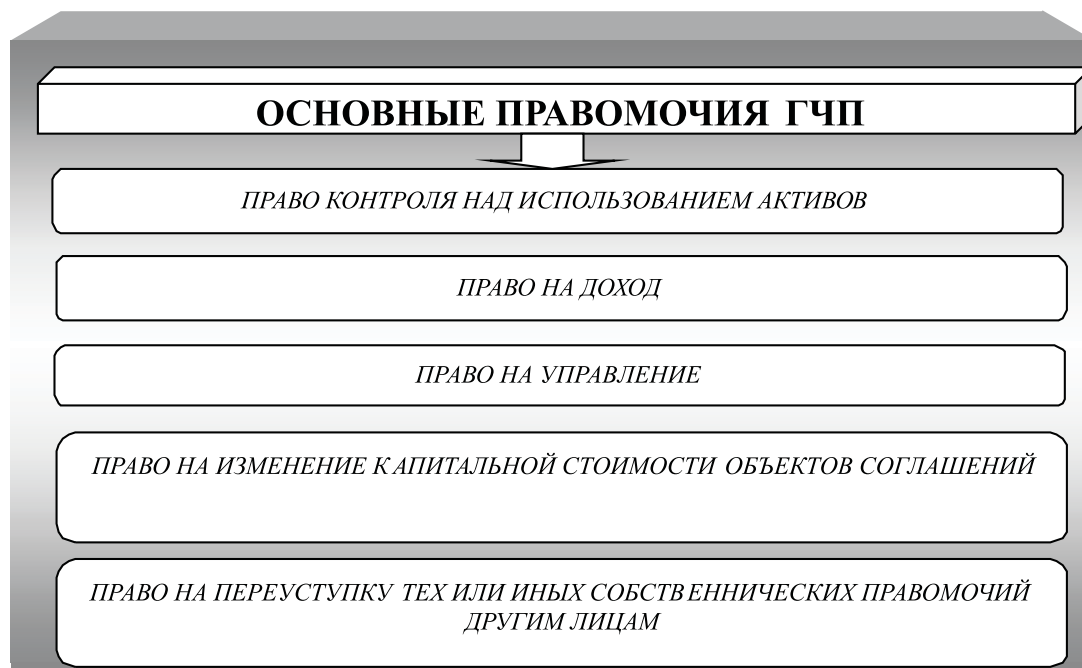


Рис. 6. Правомочия ГЧП

На сегодня выделяют **три типа (модели) ГЧП: организационные (концессии), финансирования** (в т. ч. коммерческий наем, аренда, все виды лизинга, предварительное и интегрированное проектное финансирование), **кооперации** (в т. ч. различные формы и методы объединения усилий ряда партнеров, отвечающих за отдельные стадии общего процесса создания новой потребительной стоимости как публичного блага, — холдинги). В большинстве случаев партнерства применяют формы, основывающиеся на преимуществах разных моделей и их сочетании. Применяемые **формы ГЧП** представлены на рис. 7.

В рамках используемых форм ГЧП наиболее распространены следующие **механизмы ГЧП**:

1. BOT (Build, Operate, Transfer — «строительство — эксплуатация/управление — передача»).
2. BOOT (Build, Own, Operate, Transfer — «строительство — владение — эксплуатация/управление — передача»).
3. BTO (Build, Transfer, Operate — «строительство — передача — эксплуатация/управление»).
4. BOO (Build, Own, Operate — «строи-

тельство — владение — эксплуатация/управление»).

5. BOMT (Build, Operate, Maintain, Transfer — «строительство — эксплуатация/управление — обслуживание — передача»).

6. DBOOT (Design, Build, Own, Operate, Transfer — «проектирование — строительство — владение — эксплуатация/управление — передача»).

7. DBFO (Design, Build, Finance, Operate — «проектирование — строительство — финансирование — эксплуатация/управление»).

Исходя из вышесказанного, **государственно-частное партнерство на транспорте** — это спектр возможных взаимовыгодных взаимоотношений, выражающихся в институциональном и организационном альянсе государства и частного бизнеса с целью реализации социально значимых проектов в транспортной сфере — от строительства и модернизации фондов отрасли (технического развития) до предоставления качественных транспортных услуг (технологический прорыв) в масштабах всей страны, отдельных регионов и за пределами РФ.

Сегодня объектная ориентация ГЧП в мире практически не изменилась по отно-

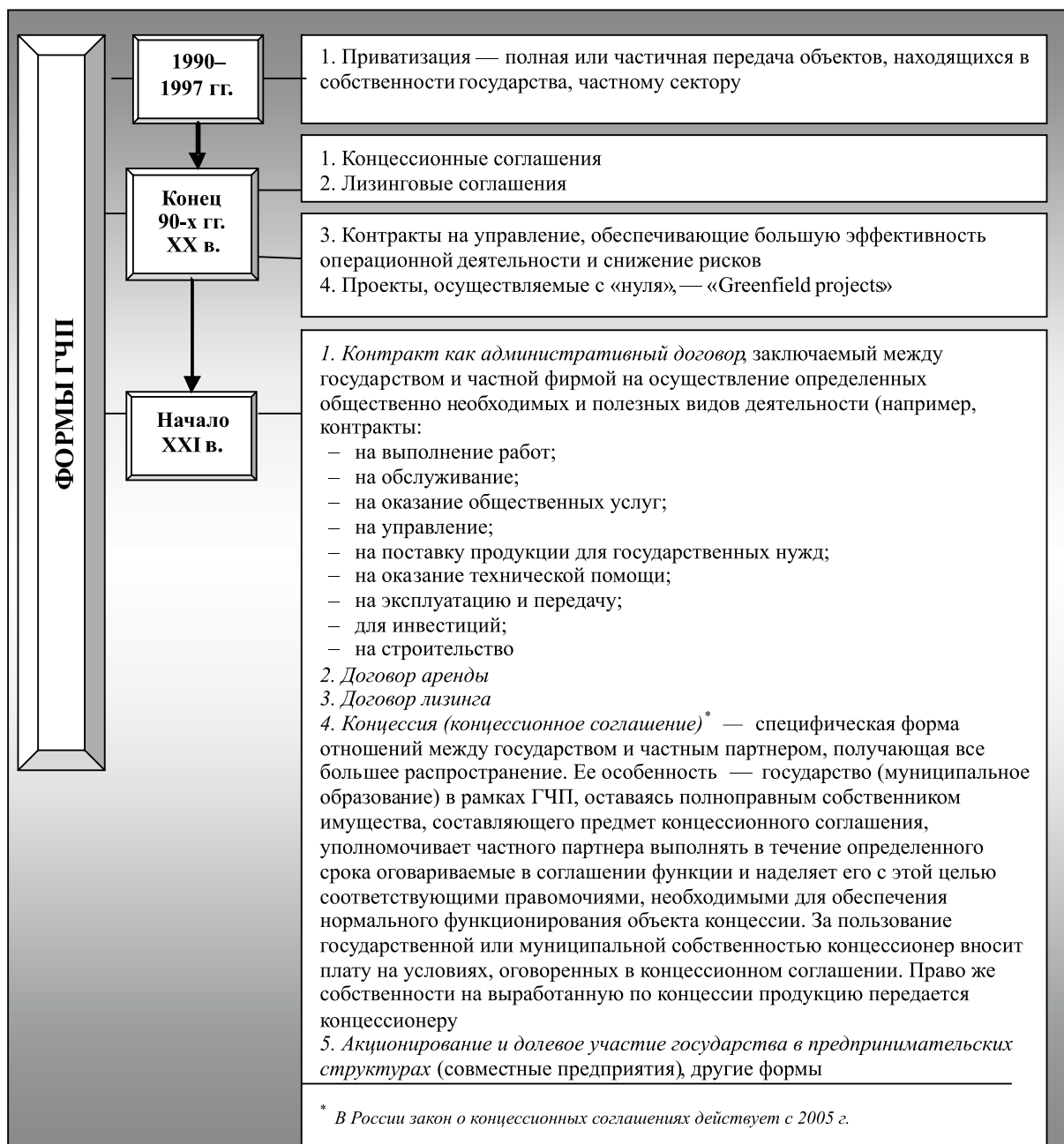


Рис. 7. Эволюция форм ГЧП: составлен автором

шению к 2006 г. На рис. 8 представлено количественное распределение ГЧП-проектов (916) по объектам, а на рис. 9 — долевое; как видно, большую долю и число занимают автодороги, здравоохранение и образование. Иные объекты, в т. ч. и транспортные, имеют не столь высокое значение, но, как показывает практика, сегодня транспортная отрасль является одним из самых перспективных сегментов, где может развернуться ГЧП.

По состоянию на 2006 г. в странах «Большой семерки» реализовано 615 проектов, в других развитых странах — 241, в странах с переходной экономикой — 37, в развивающихся странах — 22 [15]. Сегодня особенно значительный рост инвестиций в инфраструктуру с использованием механизмов ГЧП наблюдается в развивающихся странах (Юго-Восточная Азия, Бразилия, Турция и Россия) [2]. Именно в этих странах проекты связи и транспорта, генерации, пе-

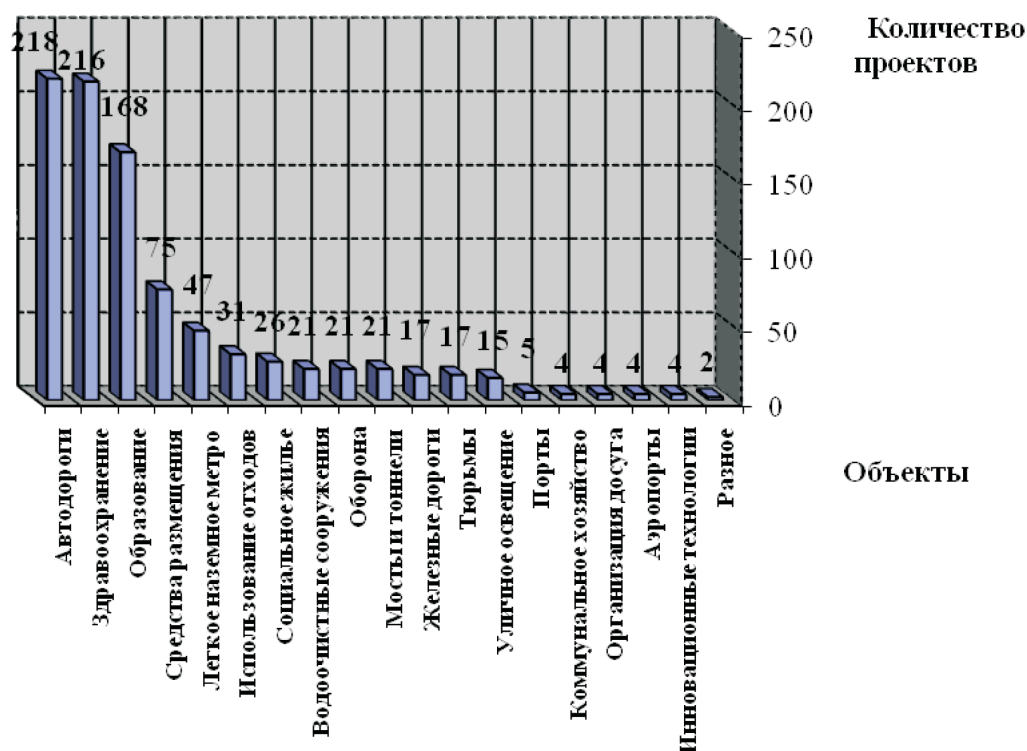


Рис. 8. Объектная ориентация государственно-частного партнерства в мире по состоянию на 2006 г.: составлен автором на базе источника [15]

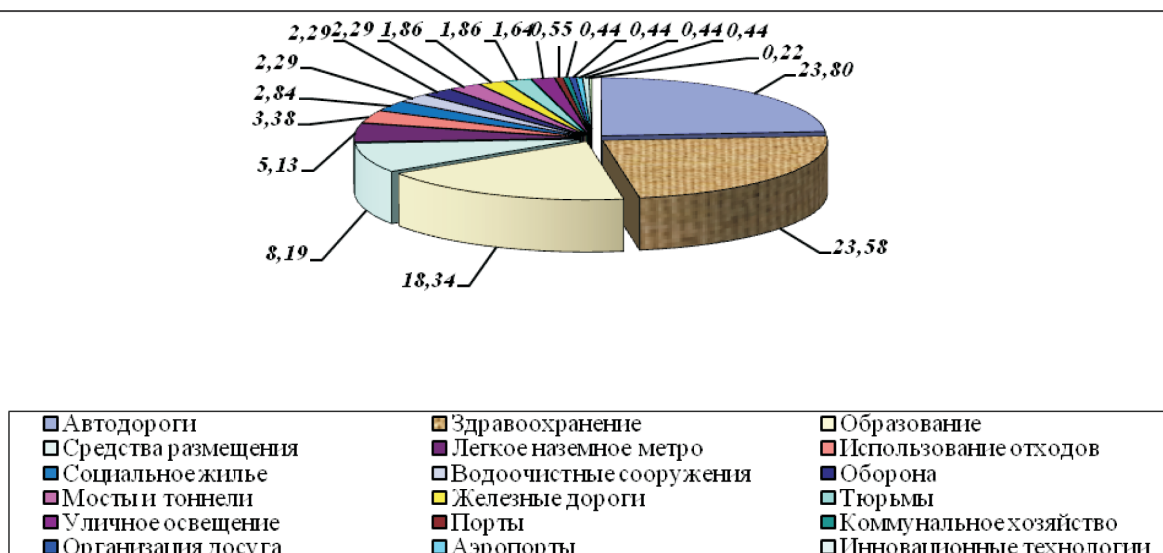


Рис. 9. Долевое распределение объектной ориентации государственно-частного партнерства в мире по состоянию на 2006 г.: составлен автором на базе источника [15]

редачи и распределения энергии, водоснабжения находятся на первом месте. В России

наиболее часто стали применять ГЧП на морском транспорте.

В целом факторы, обуславливающие необходимость применения механизмов ГЧП в транспортной сфере, можно представить в следующем виде (рис. 10).

Итак, ГЧП — важнейший и универсальный механизм развития экономики каждой страны (что неоднократно упоминается в СМИ при выступлении глав государств),

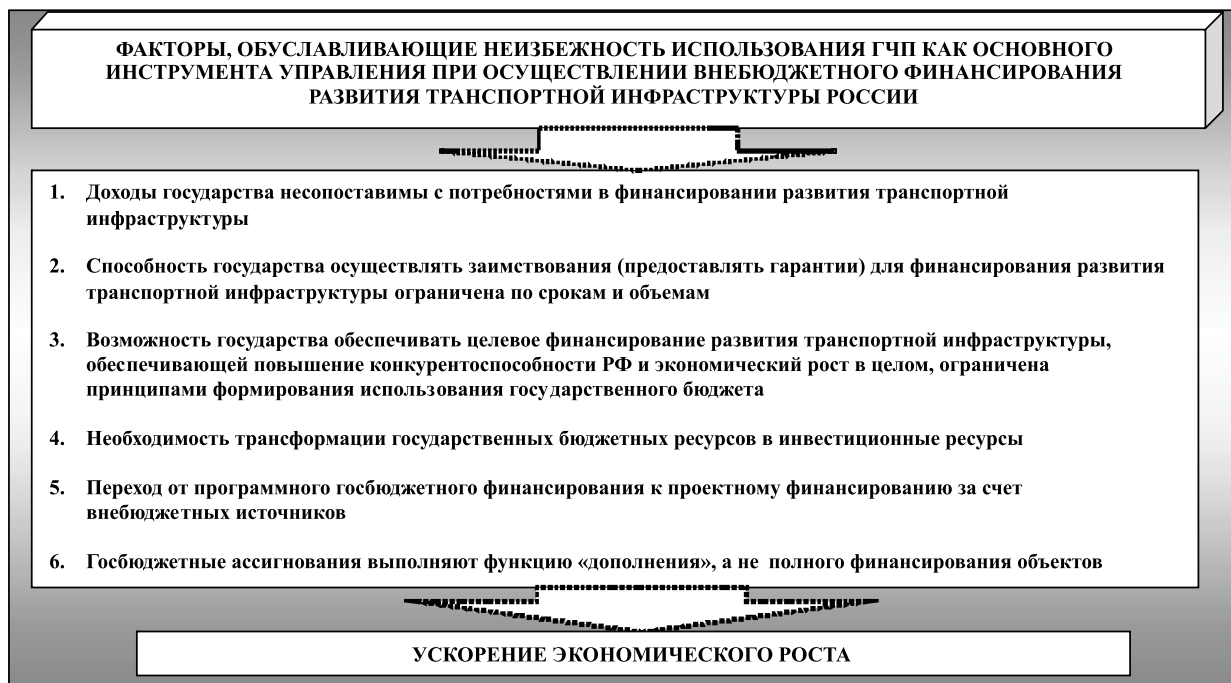


Рис. 10. Факторы, обуславливающие необходимость применения ГЧП для ускорения экономического роста: составлен автором

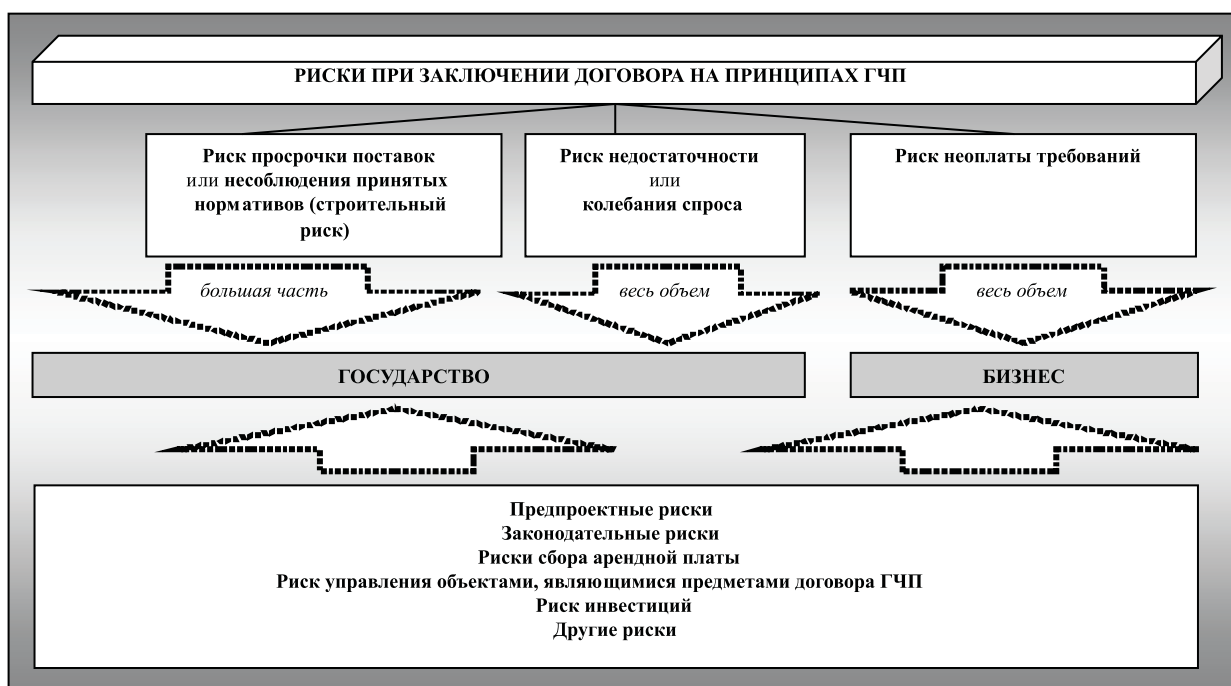


Рис. 11. Виды и распределение рисков при организации ГЧП: составлен автором на базе источника [16]

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА НА ТРАНСПОРТЕ В РОССИИ

Принятие ряда нормативных актов, регулирующих правоотношения в сфере ГЧП:

- Федерального закона «О концессионных соглашениях»;
- Постановлений Правительства РФ об Инвестиционном фонде РФ;
- Поправок к Постановлению № 134;
- Федерального закона «О банке развития»;
- Федерального закона «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» и др.

В 2010 г. должна быть завершена реализация еще четырех ГЧП-проектов:

- Комплекс нефтеперерабатывающих заводов в Нижнекамске;
- Промышленный комплекс в Новомосковске;
- Комплексное развитие Нижнего Приангарья;
- Строительство в порту Усть-Луга многопрофильного перегрузочного комплекса «Юг-2»

В 2009 г. продолжилась реализация 14 инфраструктурных проектов на условиях ГЧП при выделении из Инвестфонда 36 млрд руб.

ОАО «РЖД» в 2009 г. реализован выпуск инфраструктурных облигаций на сумму 145 млрд руб. в целях привлечения частного бизнеса в железнодорожную инфраструктуру

Утверждение правил предоставления государственных гарантий на сумму в 57,8 млрд руб. по облигациям, выпускаемым концедентами для реализации трех проектов:

- Строительство ЗСД — 25 млрд руб.;
- Строительство автомобильной дороги Москва — Санкт-Петербург на участке 15–58 км — 24,5 млрд руб.;
- Строительство нового выхода на МКАД федеральной автомобильной дороги М -1 «Беларусь» — 8,1 млрд руб.

Рис. 12. Итоги развития ГЧП на транспорте в РФ:
составлен на базе источника [5]

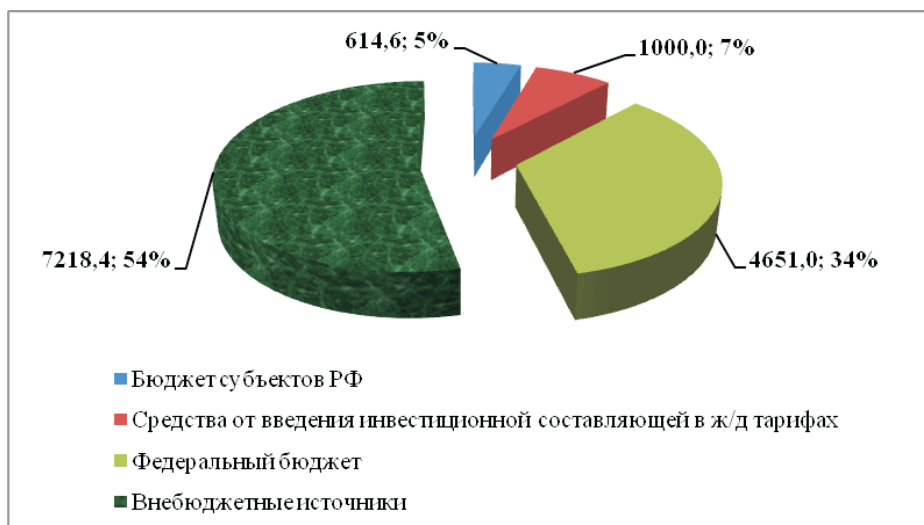


Рис. 13. Финансирование ФЦП
«Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)»

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ФЦП «РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ (2010–2015 ГГ.)»

Увеличение к 2015 г. объема рынка транспортно-логистических услуг в 3 раза

Увеличение к 2015 г. общего стоимостного объема отечественного рынка транспортных и транспортно-логистических услуг до 151 млрд долл. США (сегодня — 48,5 млрд долл. США)

Повышение производительности труда на транспорте (по состоянию на 2009 г. она снизилась в 4 раза)
Организация работы транспорта по часовым графикам и рациональным маршрутам (сегодня в грузу идет только каждый второй вагон и каждый третий автомобиль, на морском транспорте ситуация лучше)

Создание национальных и интеграционных транспортных логистико-экспедиторских компаний

«ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ»

Организация конкурентоспособных с лучшими мировыми аналогами внутренних транспортных коридоров (первой категории) со следующими скоростями*:

- на автомобильном транспорте — 1200–1400 км/сут.;
- на железнодорожном транспорте — 800–100 км/сут.;
- на речном транспорте — до 500 км/сут.

* Сегодня средняя коммерческая скорость товарных масс примерно 300 км/сут.

Освоение транспортно-логистических технологий на стыках между видами транспорта в целях оптимизации товародвижения (доставка любой партии груза без участия грузовладельца в установленные сроки от пункта прибытия в конкретном транспортном узле до потребителя):

1. Снижение транспортных издержек грузовладельцев в 2,5 раза
2. Снижение простоев вагонов, судов, автомобилей под грузовыми операциями в 4 раза
3. Снижение себестоимости переработки грузов в 2,5 раза

«Контейнеризация транспортной системы» — применение на внутрирегиональных и межрегиональных транспортных потоках контейнеров емкостями от 125 кг до 10 т

1. Повышение производительности транспортных систем до 5 раз
2. Снижение издержек в себестоимости товаров до 5 раз

Пути решения:

Определение регионов, участков транспортных коридоров для реализации «пилотных» проектов.
Заключение соглашений с регионами и муниципалитетами об их доле в участии в этих проектах.
Разработка научного обеспечения взаимосвязанных сетевых планов реализации целей, задач и индикаторов.
Разработка стратегий по всем видам транспорта, в т. ч. региональных стратегий в соответствии с Транспортной стратегией РФ.
Разработка законодательства по применению современных информационно-электронных технологий.
Проведение тендеров «пилотных» проектов и реализация их на принципах ГЧП.

Рис. 14. Место ГЧП в реализации задач, поставленных в рамках Транспортной стратегии России: составлен автором

позволяющий учитывать интересы государства и бизнеса, привлекая инвестиционные ресурсы для финансирования стратегически важных направлений, в т. ч. и транспорта. Он также обеспечивает практическое разделение многочисленных рисков между сторонами ГЧП, возникающих в результате строительства и эксплуатации объектов. Что является достаточно существенным аспектом. По офи-

циальным данным Евростата, можно выделить следующие риски, которым подвержены партнеры при заключении ими договоров о партнерстве (рис. 11).

Поступательное развитие государственно-частного партнерства в нашей стране происходило с 2004 г. Основным итогом этого процесса на транспорте стали следующие результаты (рис. 12).

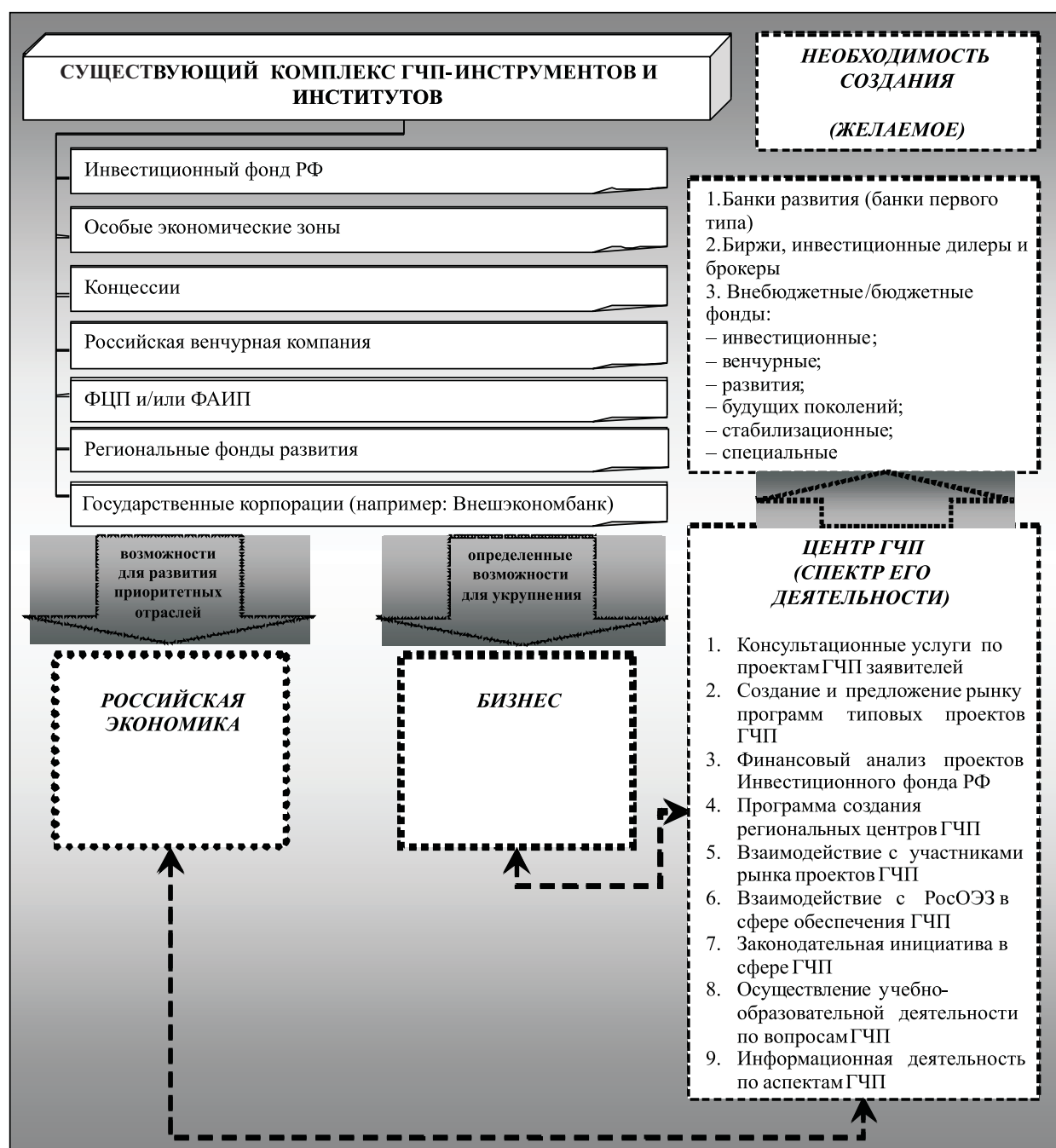


Рис. 15. Современные государственно-частные инструменты и институты РФ и желательное положение дел: составлен автором

Как видно из рис. 12, сегодня ГЧП находит применение в достаточно широком спектре областей, но если смотреть по объемам, частный бизнес пока неохотно старается вкладывать свои ресурсы в столь капиталоемкие транспортные проекты. Ранее указано, что потенциальная емкость рынка частных инвестиций составляет 10–12 млрд долл. США в год, кроме этого, требуемый

объем инвестиций для реализации ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)» — 13 484 млрд руб. Долевое распределение участников финансирования показано на рис. 13, из чего видно, что 54 % ресурсов принадлежит частным инвесторам, которых можно и наиболее рационально привлекать на принципах ГЧП.

ГЧП необходимо для достижения по-

ставленных целей в рамках реализации, указанной ФЦП (рис. 14).

Сегодня арсенал российских ГЧП-инструментов и институтов, нашедший свое применение на практике, может быть представлен в следующем виде (см. рис. 15). Здесь же показана желательная структура организация ГЧП в РФ.

Мировой опыт свидетельствует: инвестиции в транспортную инфраструктуру создают новое пространство возможностей для эффективного и интенсивного развития всех отраслей народного хозяйства, способствуют повышению мобильности и деловой активности в социуме (что является одной

из первоочередных задач, реализуемых сегодня Правительством РФ) и в качестве обратной связи — возвращаются в виде налоговых поступлений в бюджет, во много раз превышающих объемы первоначально затраченных государством средств. Учитывая, что необходимый поток инвестиций оценивается, как было указано ниже, в десятки миллиардов долларов США, следует помнить, что без грамотной и рациональной организации государственно-частного партнерства Россия не сможет реализовать столь масштабные задачи и не выйдет на новый конкурентоспособный уровень развития экономики.

Список литературы

1. Баранов А. О., Павлов В. Н. Сколько инвестиций нужно России? // ЭКО. — 2009. — № 8. — С. 2–17.
2. Глушков С. А., Уварова А. А. Мировой опыт и перспективы использования ГЧП в России // Транспорт Российской Федерации. — 2008. — № 6 (19). — С. 26–28.
3. Государство и бизнес: институциональные аспекты. — М.: ИМЭМО РАН, 2006. — С. 40.
4. Международный транспортный форум стал точкой отсчета новой эры российского транспорта // Транспорт Российской Федерации. — 2009. — № 6 (25). — С. 56.
5. Минтранс в цифрах и планах // Международный экспедитор. — 2005. — № 1. — С. 22–23.
6. Казанцев С. В. 2008: иностранные инвестиции в экономике России // ЭКО. — 2009. — № 8. — С. 14–27.
7. Конференция «Инновации и прорывные технологии на транспорте» и заседание президиума РАТ // Транспорт Российской Федерации. — 2009. — № 6 (25). — С. 16–17.
8. К предстоящему Второму Всероссийскому Международному конгрессу по интеллектуальным транспортным системам // Транспорт Российской Федерации. — 2009. — № 6 (25). — С. 22–25.
9. Новиков А. В., Новикова И. Я. Финансовые центры: рейтинги и российский потенциал // ЭКО. — 2010. — № 6. — С. 134–148.
10. Панкратова Е. Транспортная стратегия: взгляд на 20 лет вперед // Международный экспедитор. — 2008. — № 1 (60). — С. 24–25.
11. Развить госинфраструктуру поможет частный капитал // Международный экспедитор. — 2005. — № 1. — С. 22–23.
12. Транспортники готовят технологический прорыв // Международный экспедитор. — 2010. — № 2. — С. 24–28.
13. Уварова А. А., Сингапур О. И. Управление рисками в транспортных проектах, реализуемых на основе ГЧП // Транспорт Российской Федерации. — 2009. — № 1 (20). — С. 20–22.
14. Электронный ресурс <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
15. Электронный ресурс <http://www.rcb.ru/rcb/2008-01/8902/>
16. Электронный ресурс Public Private Partnership International: Ein Unternehmerleitfaden für PPP-Engagements im Ausland // Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2004.

Научное издание

Журнал университета водных коммуникаций
Выпуск 1 (9)

2011 год

Материалы публикуются в авторской редакции

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*

Дизайнер *С. В. Курбатов*

Технический редактор *М. Н. Евсюткина*

Набор *Ю. А. Курицына*

Корректор *Ю. В. Бармина*

Подписано в печать с оригинал-макета 29.03.11. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 22,43. Тираж 500 экз. Заказ № 47
Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2