

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА»

ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

Выпуск 1

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013

ББК 95
я5

Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — Вып. 1. — 200 с.

ISSN 2309-5180

Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова является научным периодическим изданием, зарегистрированным Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации от 17 июля 2013 г. ПИ № ФС 77-54734).

В Вестнике 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.

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

Индекс для подписки: 37276.

ББК 95



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

1. *БАРЫШНИКОВ Сергей Олегович* — ректор Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, доктор технических наук, профессор.
 2. *ГОРБАЧЕВ Юрий Николаевич* — генеральный конструктор ОАО «Инженерный центр судостроения», доктор технических наук, профессор.
 3. *ГУЦМА Станислав* — ректор Морской академии (г. Щецин, Польша), доктор технических наук, профессор.
 4. *ЕГОРОВ Геннадий Вячеславович* — генеральный директор ЗАО «Морское инженерное бюро — СПб», доктор технических наук, профессор.
 5. *КАРМАЗИНОВ Феликс Владимирович* — генеральный директор ГУП «Водоканал», доктор технических наук, профессор.
 6. *КОСТЫЛЕВ Иван Иванович* — заведующий кафедрой ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, доктор технических наук, профессор.
 7. *ПОШИВАЙ Александр Иванович* — заместитель руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта (Росморречтранс)
 8. *ОРЛОВ Сергей Васильевич* — директор Санкт-Петербургского монетного двора (филиал ФГУП «Гознак»), кандидат технических наук.
 9. *СМИРНОВ Николай Григорьевич* — вице-президент Ассоциации судоходных компаний, кандидат технических наук.
 10. *ЮСУПОВ Рафаэль Мидхатович* — директор Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН.
-

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ ВЕСТНИКА, КОЛЛЕГИ!



С объединением двух учебных заведений — Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций и Государственной морской академии имени адмирала С. О. Макарова — происходит объединение двух историй, двух традиций, двух замечательных школ высшего образования на водном транспорте.

Наши традиции продолжаютя и в области научной издательской деятельности.

Научное издание «Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» является преемником двух научных журналов: «Журнал университета водных коммуника-

ций» и «Эксплуатация морского транспорта», издававшихся до объединения в Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций и в Государственной морской академии имени адмирала С. О. Макарова соответственно.

Вестник имеет своей целью публикацию статей по широкому спектру теоретических и прикладных проблем водного транспорта, особенно в области судовождения, судостроения, строительства и эксплуатации портовых сооружений. Вестник также публикует научные статьи по экономике, юриспруденции, водному туризму, информационным технологиям, сообщения о научных конгрессах, съездах, конференциях, семинарах. Он адресован профессорско-преподавательскому составу, аспирантам, сотрудникам вузов и научных организаций России и зарубежных стран, практическим работникам предприятий и организаций водного транспорта.

Продолжая лучшие традиции этих двух школ, Вестник публикует также результаты научных достижений специалистов отрасли, в том числе и из других учебных заведений.

Периодичность выхода Вестника — 6 номеров в год.

Вестник открыт научному творчеству авторов, заинтересован в основательных аналитических публикациях по актуальным проблемам науки и техники в области водного транспорта, в формировании научного коллектива регулярно публикующихся на страницах Вестника видных ученых, в создании устойчивой читательской аудитории.

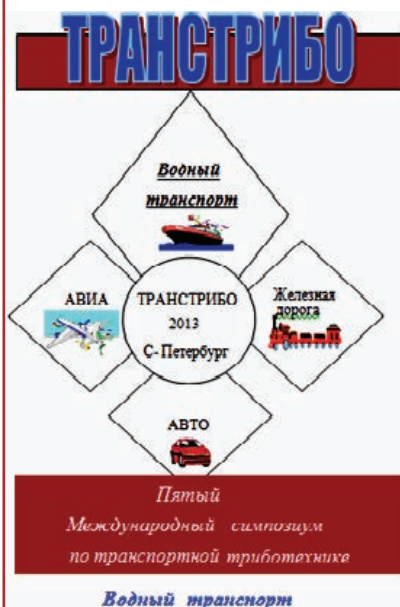
Мы ждем вас на страницах нашего Вестника. Надеемся на творческое сотрудничество. Верим, что наше новое научное издание будет интересно и востребовано в научно-педагогическом сообществе.

Главный редактор Вестника, редакционный совет и редакционная коллегия желают авторам успехов в научной издательской деятельности, здоровья и долгих лет плодотворного труда на благо отрасли.

*С уважением,
ректор Государственного университета
морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
С. О. Барышников*

V НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ

«ТРАНСТРИБО–2013:



ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ»

10–11 ОКТЯБРЯ 2013 ГОДА

Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова приглашает принять участие в работе
V Научного симпозиума

**«ТРАНСТРИБО–2013: ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ»,**
посвященного 80-летию заслуженного деятеля науки РФ, д-ра техн. наук, проф.
ПОГОДАЕВА ЛЕОНГАРДА ИВАНОВИЧА

**Симпозиум состоится 10–11 октября 2013 г. в Государственном университете морского
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (Санкт-Петербург)**

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ СИМПОЗИУМА:

1. Общие вопросы трибологии.
2. Главные энергетические установки.
3. Корпуса и движительный комплекс.
4. Механизмы и устройства.
5. Новые материалы, покрытия, технологические среды.
6. Испытательное оборудование и измерительные комплексы.
7. Смазочные материалы.
8. Технологические методы повышения износостойкости.

Участие в работе симпозиума бесплатно.

Более подробная информация на сайте
Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

www.gumrf.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 8

Васин А. В., Голоскоков Д. П., Тимофеева О. А. Сравнение влияний динамических и статических нагрузок на затворы обводных галерей 8

Стальмаков В. А. Применение параллельных генетических алгоритмов для составления расписания прохождения судов через шлюзованные системы 16

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА 26

Сахаров В. В., Шергина О. В., Чертков А. А. Синтез оптимального оценителя для системы управления судовым динамическим объектом 26

Зубарев Ю. Я., Хвастунов А. С. Определение оптимальной загрузки контейнерного терминала при заданном времени ожидания 31

Мартьянов В. В. Расчет характеристик колебаний судового валопровода прогулочного пассажирского теплохода «Волхов-1» (проект «Мойка») 34

Ганин Н. Б., Евсеенко Д. Н. Численное моделирование систем газообмена судового двигателя 12ЧН26/26 38

Баранов А. П., Егоров Л. Е. Математическая модель высоковольтного бесщеточного синхронного генератора 43

Андреанов Е. Н., Иванов А. Н. Особенности проектирования и расчета механизмов вращения порталных кранов 46

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 57

Морозов А. Н. Об эффективности информатизации управления транспортными потоками в туристической индустрии 56

Барщевский Г. Е. Идентификация коэффициента искажения кривой напряжения электроэнергетических систем буровой установки со статическими выпрямителями 63

Нырков А. П., Нырков А. А. Модели, алгоритмы и программное обеспечение минимизации рисков мультимодальных перевозок 67

Ежгуров В. Н. Программные средства автоматизации мультимодальных грузоперевозок в рамках международных транспортных коридоров 73

Вайгандт Н. Ю. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления транспортными комплексами 77

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ82

- Некрасов С. Н., Капустин И. В., Старов М. С.* Макрокогнитивное моделирование процессов судовождения82
- Каретников В. В., Андрюшечкин Ю. Н.* Моделирование топологической структуры зон действия контрольно-корректирующих станций дифференциальной системы ГЛОНАСС/GPS, установленных на реке Обь86
- Логинковский В. А., Струков А. А.* Моделирование оценки вероятности посадки судна на грунт с помощью нечетких чисел 89

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 97

- Пластинин А. Е.* Оценка ожидаемого ущерба водным объектам при разливах нефти 97
- Трунин Е. Г.* Эколого-экономический подход к определению целевых показателей управления природопользованием в речных портах104
- Курников А. С., Черепкова Е. А.* Основы проектирования плавательных бассейнов на судах107

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ116

- Уторов А. В.* Некоторые вопросы использования мультипликаторов при моделировании экономического роста транспортных компаний116
- Лысенков П. М., Чулкин С. Г.* Эффективность инвестиций в инновации на водном транспорте123
- Иванова М. Б.* Методические основы выбора эффективных частных стратегий повышения конкурентоспособности транспортно-экспедиторских компаний127
- Шабанов И. А.* Формирование механизма инновационного процесса в регионе на принципах контроллинга137
- Селиверстов Я. А.* Использование правила резолюций в вопросно-ответной процедуре транспортного планировщика145
- Малиновская О. В., Скобелева И. П.* Развитие инфраструктурных облигаций в транспортном секторе России: нормативно-правовой контекст и его применение152
- Волынчиков И. Б.* Исследование основных проблем развития морского транспорта России159
- Королева Е. А., Алексеева Е. С.* Методика обоснования схем организации работы судов в торгово-промышленном судоходстве168
- Семенов К. М.* Вероятностная математическая модель поступления транспортных потоков в морской порт175
- Тимченко Т. Н.* Методические основы принятия оперативных решений судоходными компаниями морской корпорации по управлению работой флота181
- Ботнарюк М. В.* Анализ состояния и перспективы развития Северного морского пути186
- Пантина Т. А., Савельева М. Н.* Кадровый потенциал как фактор стратегического развития внутреннего водного транспорта194

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 516.6:539.3:519.635:626

А. В. Васин,

канд. физ.-мат. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Д. П. Голоскоков,

д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

О. А. Тимофеева,

аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ И СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЗАТВОРЫ ОБХОДНЫХ ГАЛЕРЕЙ

COMPARISON OF THE EFFECTS OF THE DYNAMIC AND STATIC LOADS ON HYDRAULIC LOCK BYPASS GALLERIES

Исследуются деформации плоских гидрозатворов водопропускных галерей шлюзов при гидростатических и гидродинамических нагрузках. Математическая модель гидродинамических нагрузок на гидрозатворы построена на основе исследования нелинейной задачи Лаврентьева–Шабата отрывных течений несжимаемой жидкости. Напряженно-деформированное состояние гидрозатворов моделируется задачей изгиба пластины, подкрепленной перекрестной системой ребер жесткости.

The deformation of flat water seal culvert of bypass galleries under hydrodynamic and hydrostatic loads is investigated. Mathematical model of hydrodynamic loads on the hydraulic locks is based on the study of nonlinear problems of Lavrentiev–Shabat separated flow of an incompressible fluid. The stress-strain state of the water seal is modeled by the problem of plate bending supported by cross-bracing system.

Ключевые слова: сопряжение вихревых течений, задача Дирихле, изгиб ребристых пластин.

Key words: conjugation of vortex flows, Dirichlet problem, bending of ribbed plates.

Введение. В данной работе, являющейся логическим продолжением работы трех авторов [1], исследуется влияние течения жидкости на гидрозатворы обводных галерей. В сжатом сечении струи скорость потока повышается, достигая максимума, а давление уменьшается. Вихревые течения, возникающие из-за вязкости за затвором (рис. 1), влекут существенные изменения абсолютных скоростей, которые, в свою очередь, приводят к сложной меняющейся динамической нагрузке на гидрозатворы водопропускных галерей. Тем самым задача исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) гидрозатвора существенно усложняется. Цель работы заключается в сравнении влияний гидростатических и гидродинамических нагрузок на плоские гидрозатворы водопропускных галерей. Динамические нагрузки изучаются с точки зрения теории пластин с перекрестной системой ребер жесткости [2, с. 150–162; 3]. Влияние ребер учитывается в соответствующих уравнениях в виде дополнительных слагаемых, содержащих дельта-функции и ее производные в смысле теории распределений. Результаты расчета при различных режимах открытия затвора представляют математическое моделирование явления вибрации гидрозатвора. Данное явление наблюдается экспериментально [4], но при моделировании только гидростатических нагрузок или потенциальных моделей жидкости не подтверждается.

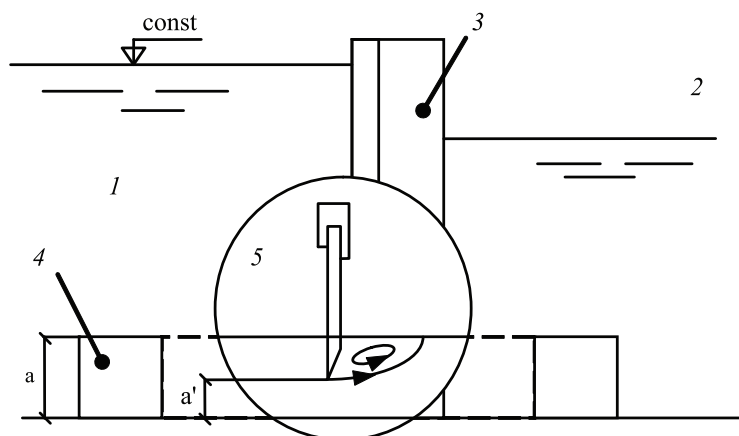


Рис. 1. Схема шлюза:

1 — подводный канал; 2 — камера шлюза; 3 — верхние ворота;
4 — водопроводная галерея; 5 — плоский затвор

1. Моделирование по схеме Лаврентьева–Шабата. Основным уравнением первой части работы является вариант нелинейной задачи Гольдштика [4; 5; 6, с. 330–331] об отрывных течениях несжимаемой жидкости:

$$\Delta\psi = \begin{cases} -\omega, & \psi(z) > 1, \\ 0, & \psi(z) < 1 \end{cases} \quad (1)$$

для функции тока со смешанными граничными условиями (на одной части границы заданы значения Дирихле, а на другой — условия Неймана). В работе [6] для решения задачи (1) используется метод непрерывной аппроксимации. Потенциальное течение в области D_1 , ограниченной стенками камеры, линиями входа и выхода потока и струей γ , срывающейся с нижнего края затвора; вихревое течение с постоянной завихренностью $-\omega$, $\omega > 0$ в области D_0 , дополняющей D_1 до всей камеры. Алгоритм решения был реализован в математическом пакете Maple [8]. На рис. 2 показана полученная картина течения при следующих исходных данных: высота камеры равна 3 м, общее количество точек границы области равно 220, на нижней стенке функция тока $\psi_n = 0$, на верхней стенке функция тока $\psi_v = 12$, на входе/выходе функция тока меняется линейно $\psi = 2,4y$, средняя скорость на входе и выходе равна 2,4 м/с, затвор поднят на 30 %. Максимально допустимая погрешность значения функции тока на линии раздела $\varepsilon = 0,001$. Исходная величина завихренности $\omega = 10$, в процессе итераций данная величина изменилась до $\varepsilon = 5,66$. Мы не представляем картину линий уровня функции тока для других режимов открытия затвора, поскольку зрительно картина выглядит следующим образом (рис. 2).

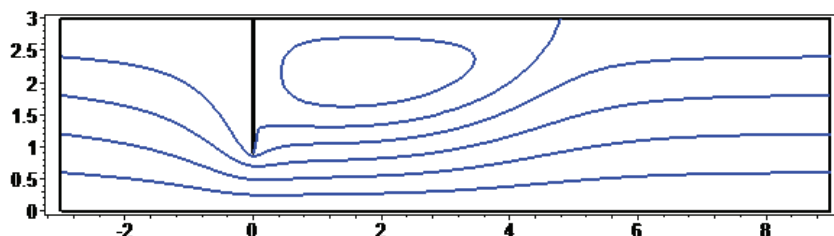


Рис. 2. Картина течения

С другой стороны, знание картины течения позволяет вычислить скорости за затвором и перед ним, что дает возможность определить величину гидродинамического давления на затвор.

2. Математическая модель напряженно-деформированного состояния плоского затвора водопропускной галереи. Затвор рассматривается как прямоугольная пластина ($0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$), которая нагружена поперечной нагрузкой $q(x, y)$ и подкреплена ребрами, расположенными параллельно осям y и x по линиям $x = x_j = \text{const}$ и $y = y_i = \text{const}$. Учитываются только изгибные жесткости ребер, которые считаются постоянными. Основное разрешающее уравнение относительно функции прогиба $w(x, y)$ имеет вид

$$\nabla^4 w = \frac{q}{D} - \sum_{i=1}^{K_1} \lambda_{1i} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \delta(y - y_i) - \sum_{j=1}^{K_2} \lambda_{2j} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \delta(x - x_j),$$

где $\lambda_{1i} = \frac{E_{1i} J_{1i}}{D}$, $i = 1, \dots, K_1$, $\lambda_{2j} = \frac{E_{2j} J_{2j}}{D}$, $j = 1, \dots, K_2$; $w(x, y)$ — прогиб; D — цилиндрическая жесткость пластины; $E_{1i} J_{1i}$, $E_{2j} J_{2j}$ — изгибные жесткости ребер, расположенных в направлениях x и y соответственно; $\delta(y)$ — δ -функция Дирака. Граничные условия могут быть любыми. Конструкция гидрозатвора предполагает, что две параллельные вертикальные кромки пластины являются шарнирно опертыми, а две другие (горизонтальные) — свободные. Полное решение рассматриваемой задачи, обладающее всеми нужными особенностями в зоне всех ребер, имеет вид [9; 10]:

$$w(x, y) = w_0(x, y) - \sum_{n=1}^{\infty} \sin(\beta_n y) \left\{ \sum_{k=1}^4 C_{kn} Z_{\beta_n k}(x) + \sum_{j=1}^{K_2} \lambda_{2j} \beta_n^4 w_{nj}(x_j) \Psi_{j\beta_n}^*(x) \right\} -$$

$$- \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\alpha_m x) \left\{ \sum_{k=1}^4 D_{km} Z_{\alpha_m k}(y) + \sum_{i=1}^{K_1} \lambda_{1i} \alpha_m^4 w_{mi}(y_i) \Psi_{i\alpha_m}^*(y) \right\},$$

где C_{kn} , D_{km} — произвольные константы интегрирования, $w_0(x, y)$ — решение для «гладкой», не подкрепленной пластины (удобно взять в форме решения Навье):

$$\Psi_{j\beta_n}^*(x) = \frac{\theta(x - x_j)}{2\beta_n^3} \{ \beta_n(x - x_j) \text{ch} \beta_n(x - x_j) - \text{sh} \beta_n(x - x_j) \},$$

$$\Psi_{i\alpha_m}^*(y) = \frac{\theta(y - y_i)}{2\alpha_m^3} \{ \alpha_m(y - y_i) \text{ch} \alpha_m(y - y_i) - \text{sh} \alpha_m(y - y_i) \},$$

$\{Z_{\beta_n k}(x)\}$, $\{Z_{\alpha_m k}(y)\}$ — фундаментальные системы решений соответствующих однородных уравнений.

Существенными моментами решения являются применение методики, использующей аппарат δ -функций, а также одновременное использование в ходе решения разложений искомой функции в одинарные тригонометрические ряды относительно обеих переменных x и y . Заметим, что поскольку все особенности функции w содержатся в функциях $\Psi_{j\beta_n}^*(x)$ и $\Psi_{i\alpha_m}^*(y)$, то бесконечные суммы сходятся быстро всюду, за исключением линий $x = x_j$ и $y = y_i$. Поэтому практически задача решается всегда при сравнительно небольшом числе неизвестных, если мы хотим определить НДС в самой пластине-обшивке. К сожалению, этого нельзя сказать о расчете НДС ребер жесткости. Здесь приходится удерживать достаточно большое число членов разложения. В следующем пункте проиллюстрируем развитую технику к расчету НДС при различных режимах открытия затвора.

3. Численные результаты и выводы. Приведем результаты расчета НДС прямоугольных пластин, подкреплённых перекрестной системой ребер жесткости параллельно сторонам пластины. Будем считать, что материал пластин и ребер жесткости — сталь с модулем Юнга $E = 2 \cdot 10^5$ МПа и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$. Прямоугольная пластина, подкреплена двумя горизонтальными и двумя вертикальными ребрами жесткости. Обшивка пластины имеет постоянную толщину $h = 0,012$ м. Размеры в плане — по оси x : $a = 3$ м, по оси y : $b = 3$ м (рис. 5). Ребра жесткости: горизонтальные ригели — тавры: высота стенки — 0,8 м; толщина стенки — 0,02 м;

ширина полки — 0,35 м; толщина полки — 0,04 м; вертикальные стойки — тавры: высота стенки — 0,6 м; толщина стенки — 0,02 м; ширина полки — 0,35 м; толщина полки — 0,03 м. Координаты расположения ребер: $x_1 = 1,0$ м, $x_2 = 2,0$ м, $y_1 = 1,0$ м, $y_2 = 2,0$ м.

Вначале рассмотрим гидростатическое трапецидальное давление воды (полный напор 4 м) (рис. 3). Такая нагрузка возникает при полном закрытии затвора. Гидростатическое трапецидальное давление $p = \rho g(x + L)/a$, где $L = 1$ м — глубина верхней кромки затвора. Первый пример нам нужен для масштабирования дальнейших результатов, которые будут получены в динамике. Кроме того, мы наблюдаем (рис. 7), что прогибы затвора при гидростатике направлены в одну сторону. Наибольшие прогибы в пределах 6 мм. Данная картина резко контрастирует с результатами НДС в момент работы затвора. На следующих графиках (рис. 7–10) указаны давления и прогибы при высоте поднятия затвора 0,3 м на рис. 11–14 — при высоте 0,6 м, на рис. 15–18 — при высоте 0,9. Прогибы в разных частях затвора направлены в разные стороны. Величины разносторонних прогибов соизмеримы с прогибами, испытываемыми при гидростатической нагрузке. Более того, ввиду разносторонней направленности прогибов требуется учет не столько абсолютных величин прогибов, сколько разности прогибов с разных сторон гидрозатвора. Но главный вывод из полученных результатов заключается в том, что, сравнивая пространственные эпюры прогибов, мы отчетливо наблюдаем, что область наибольших прогибов сдвигается, что приводит к колебательным явлениям и в результате к вибрации. Повторим, что подобные выводы невозможно получить в рамках упрощенных схем расчета гидрозатворов (равномерных или трапецидальных). Исследование НДС только на гидростатическую нагрузку не годится при полуоткрытых затворах, поскольку гидростатическая составляющая давления равна с разных сторон затвора на одном уровне. Исследование же динамических моделей с потенциальным течением не подходит ввиду симметричности обтекания, что опять-таки приводит к равенству давлений с разных сторон затвора.

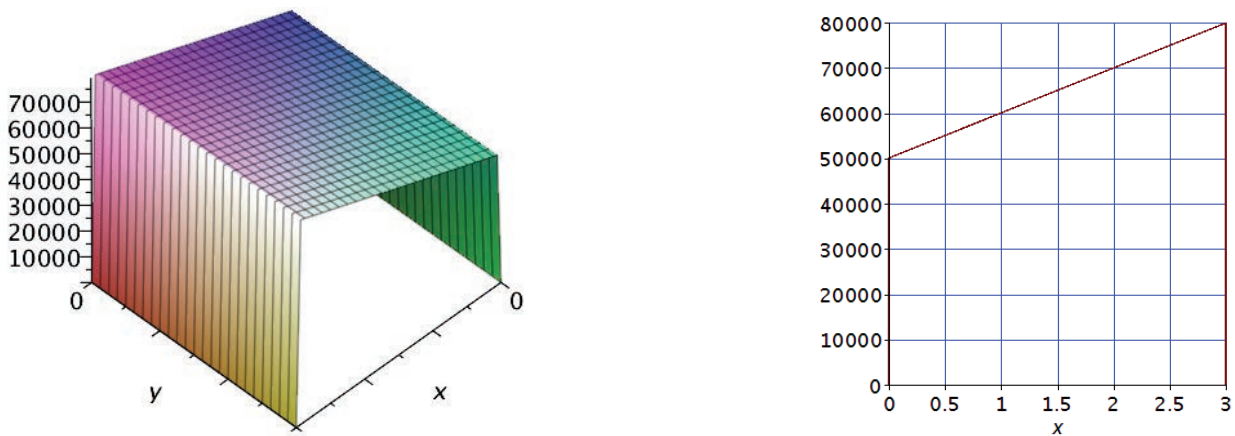


Рис. 3. Гидростатические нагрузки

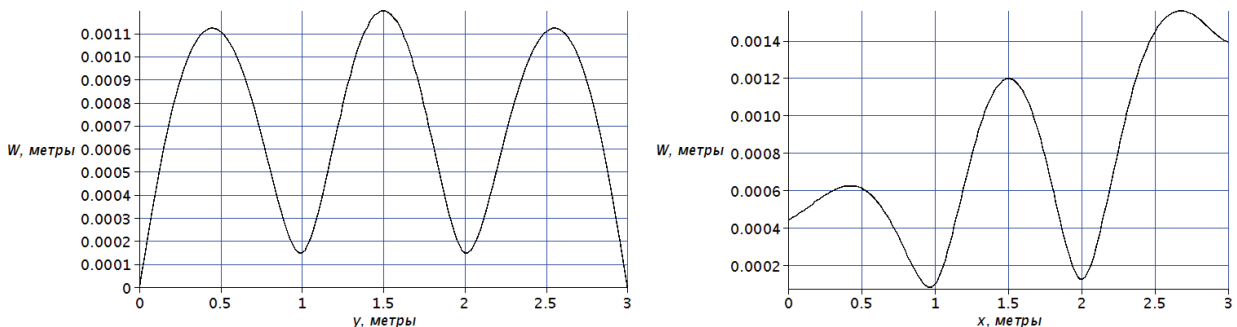


Рис. 4. Прогибы в пластине на уровне $x = 1,5$ м и на уровне $y = 1,5$ м

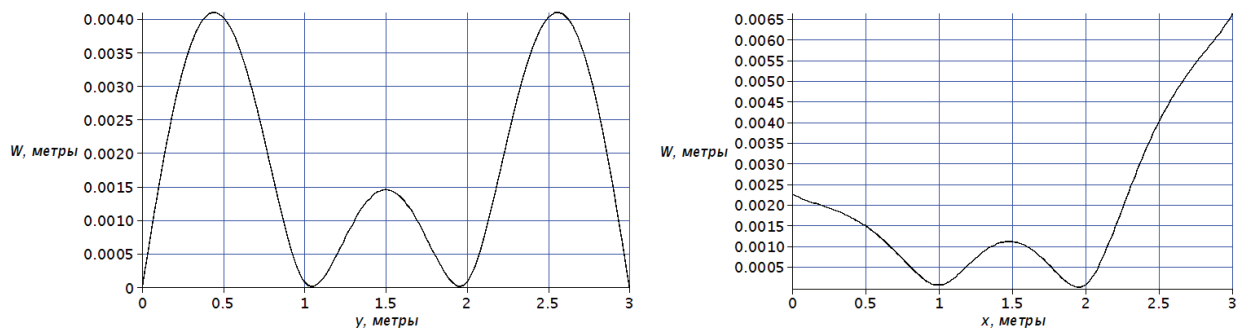


Рис. 5. Прогибы в пластине на уровне $x = 2,5$ м и на уровне $y = 2,5$ м

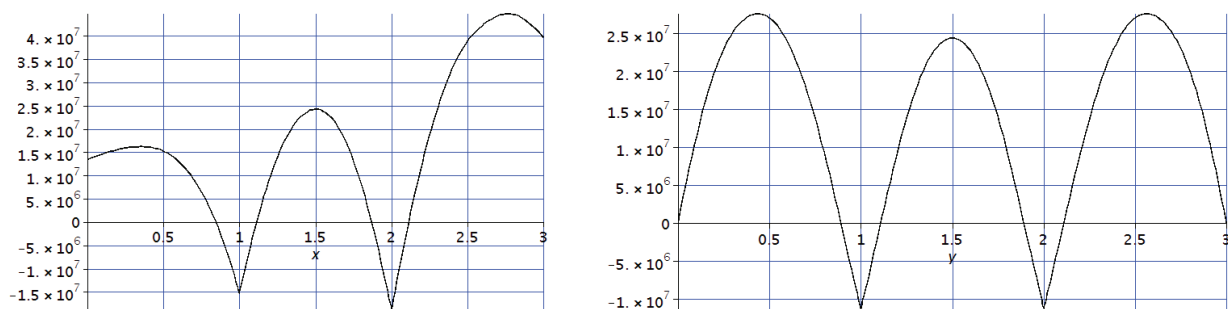


Рис. 6. Напряжения σ_y и σ_x в пластине на уровне $x = 1,5$ м и на уровне $y = 1,5$ м

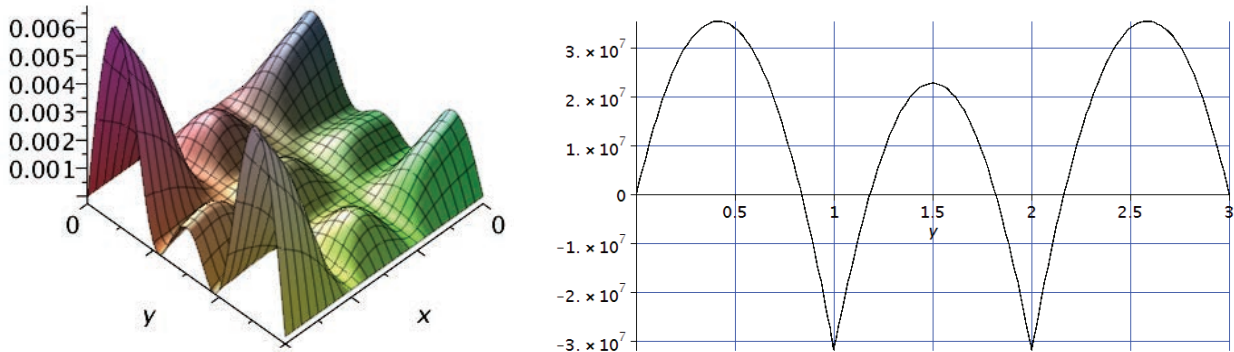


Рис. 7. Изогнутая поверхность пластины — прогиб $w(x, y)$ и напряжение σ_x в пластине при $x = 2,5$ м

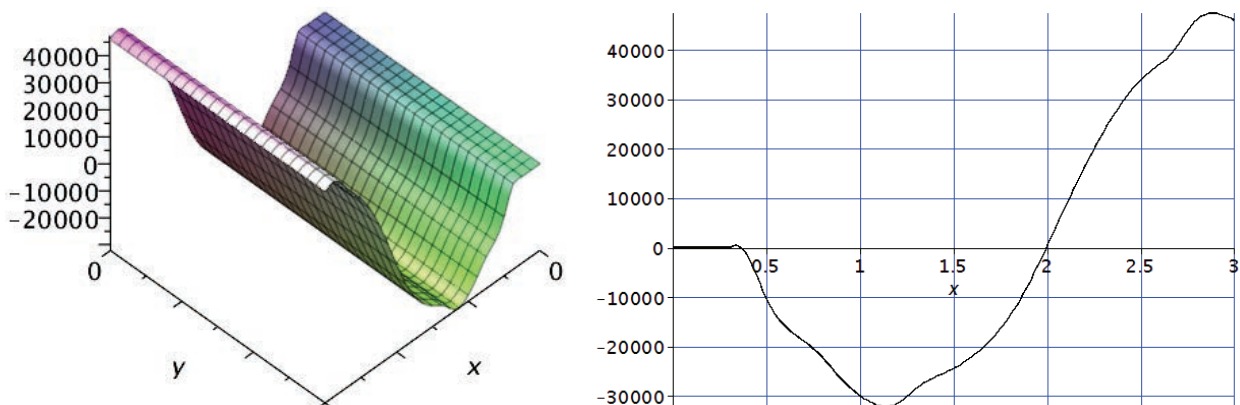


Рис. 8. Эпюры давления (в Па) при высоте 0,3 м

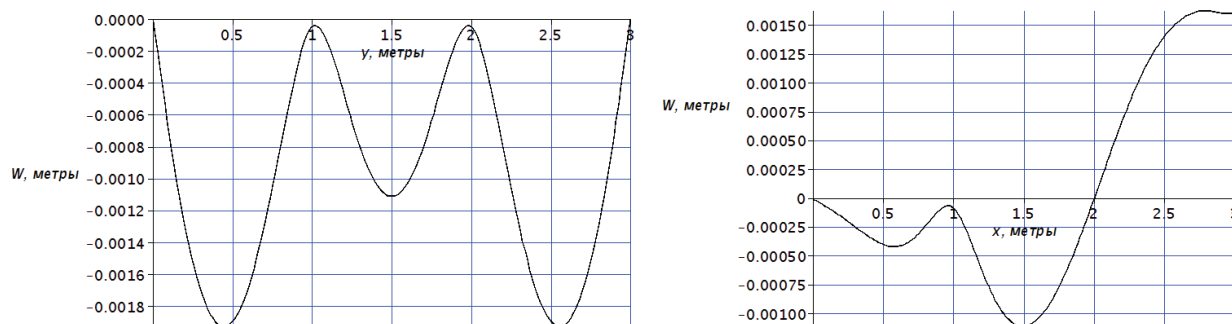


Рис. 9. Прогибы в пластине на уровне $x = 1,5$ м и на уровне $y = 1,5$ м

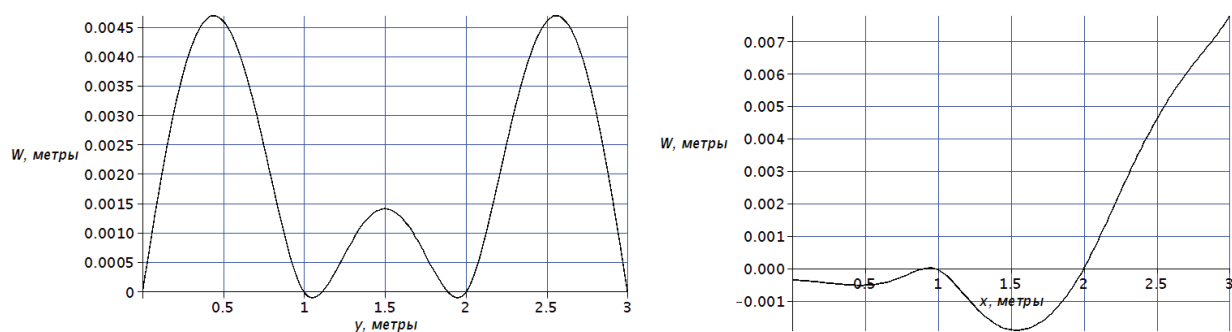


Рис. 10. Прогибы в пластине на уровне $x = 2,5$ м и на уровне $y = 2,5$ м

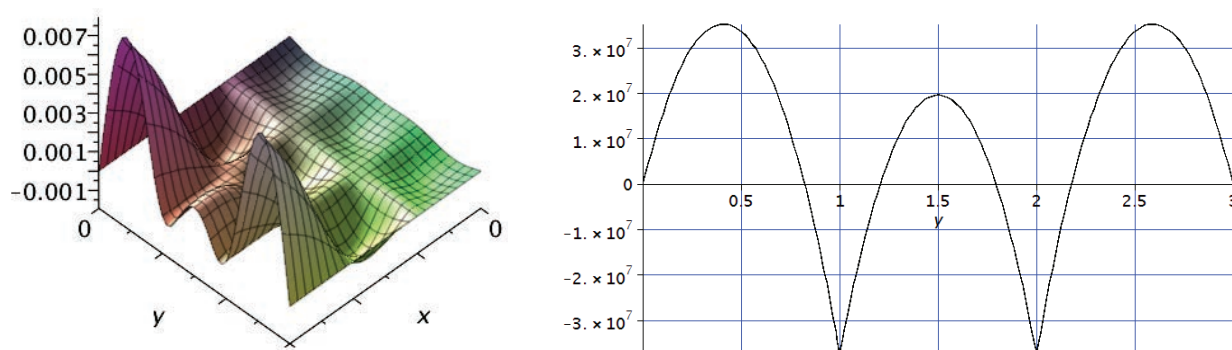


Рис. 11. Изогнутая поверхность пластины — прогиб $w(x, y)$ и напряжение σ_x в пластине при $x = 2,5$ м

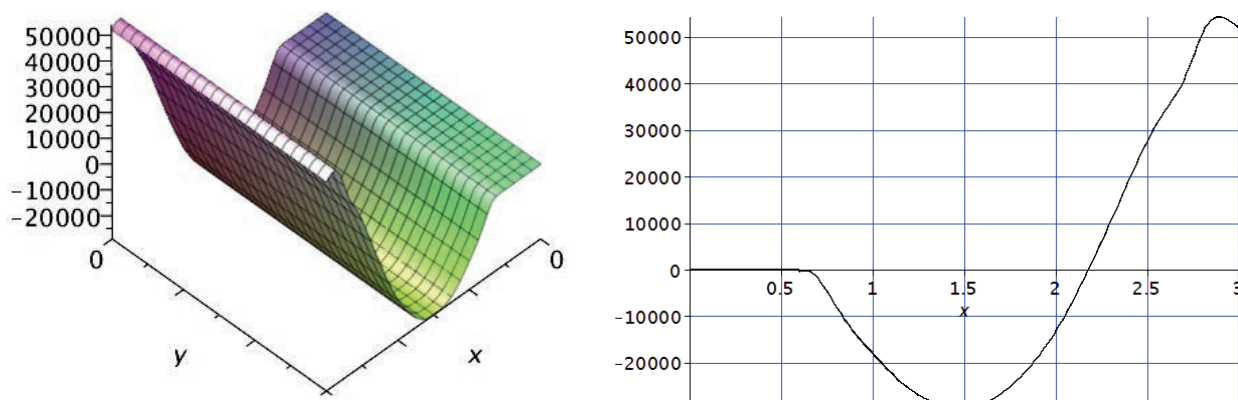


Рис. 12. Эпюры давления при высоте 0,6 м

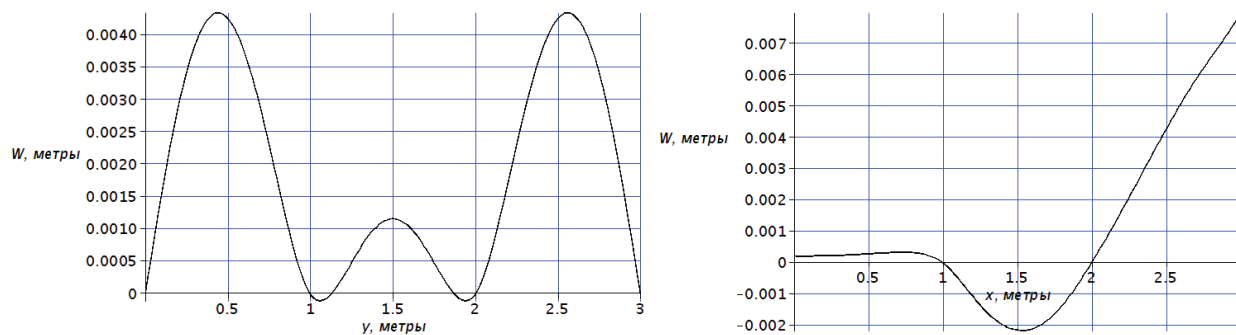


Рис. 13. Прогибы в пластине на уровне $x = 2,5$ м и на уровне $y = 2,5$ м

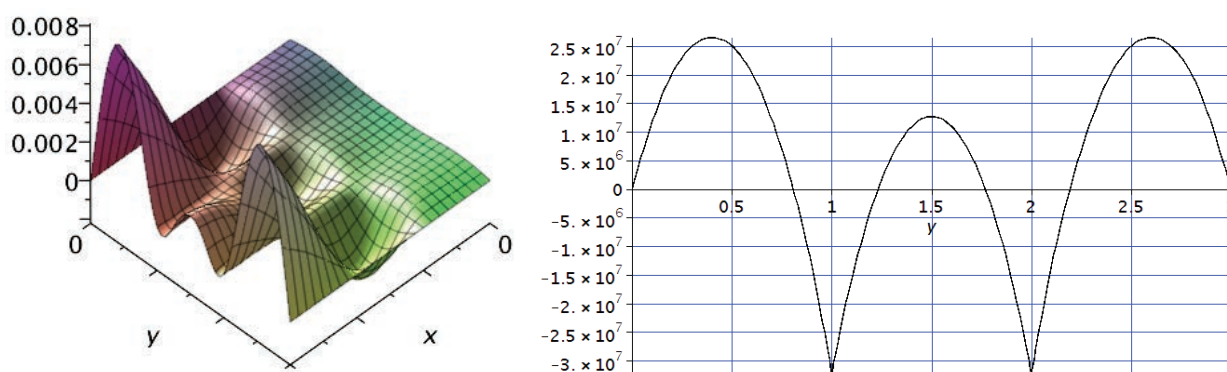


Рис. 14. Изогнутая поверхность пластины — прогиб $w(x, y)$ и напряжение σ_x в пластине при $x = 2,5$ м

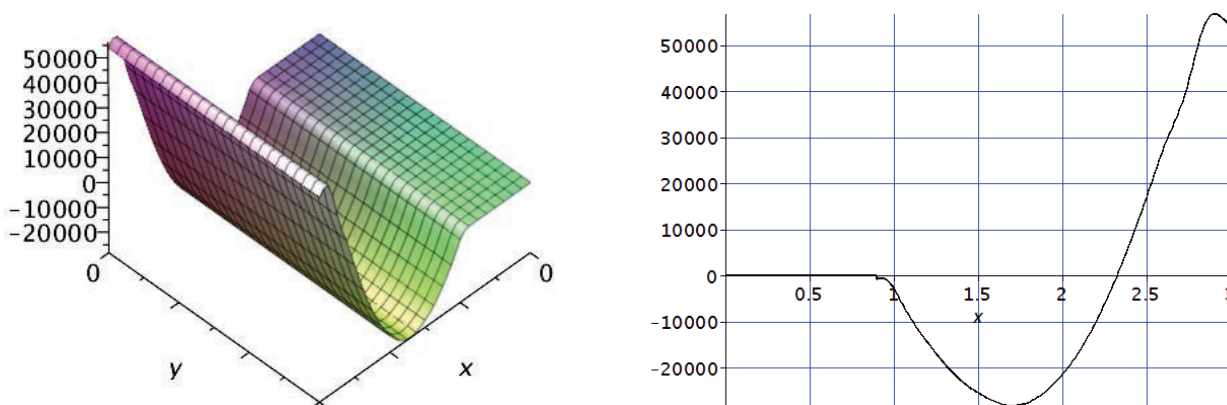


Рис. 15. Эпюры давления при высоте 0,9 м

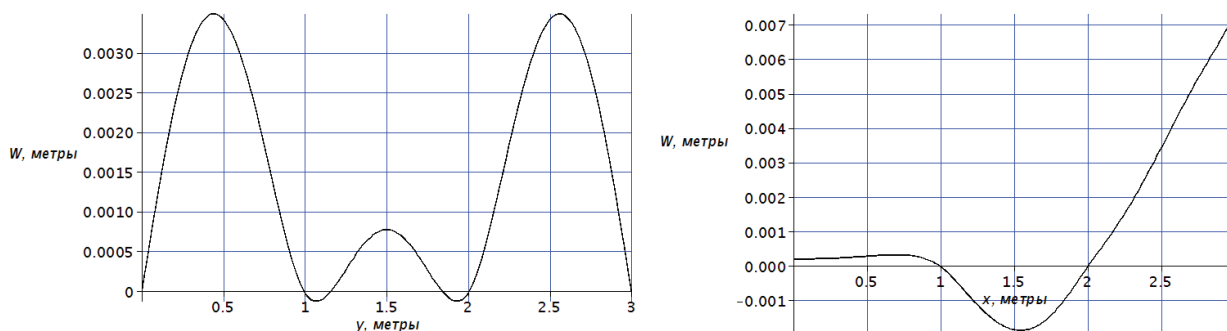


Рис. 16. Прогибы в пластине на уровне $x = 2,5$ м и на уровне $y = 2,5$ м

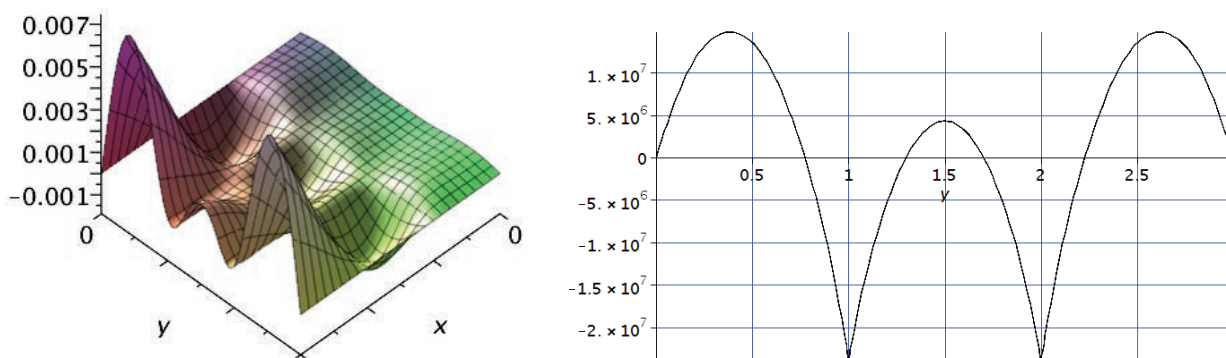


Рис. 17. Изогнутая поверхность пластины — прогиб $w(x, y)$ и напряжение σ_x в пластине при $x = 2,5$ м

Список литературы

1. Васин А. В. Разработка математической модели динамических нагрузок на гидрозатворы обводных галерей / А. В. Васин, Д. П. Голоскоков, О. А. Тимофеева // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — Вып. 2 (16).
2. Жилин П. А. Линейная теория ребристых оболочек / П. А. Жилин // Механика твердого тела. — 1970. — Вып. 4.
3. Михайлов Б. К. Пластины и оболочки с разрывными параметрами / Б. К. Михайлов. — Л.: ЛГУ, 1980. — 196 с.
4. Бутин В. П. Повышение эффективности эксплуатации судовых шлюзов на основе исследований, разработки и внедрения новых технических и технологических решений: дис. ... д-ра техн. наук / В. П. Бутин. — СПб.: Изд-во СПГУВК, 1995. — 248 с.
5. Гольдштик М. А. Вихревые потоки / М. А. Гольдштик. — Новосибирск: Наука: Сиб. отделение, 1981.
6. Вайнштейн И. И. Решение двух дуальных задач о склейке вихревых и потенциальных течений вариационным методом М. А. Гольдштика / И. И. Вайнштейн // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. «Математика и физика». — 2011. — № 4 (3).
7. Потапов Д. К. Непрерывные аппроксимации задачи Гольдштика / Д. К. Потапов // Математические заметки. — 2010. — Т. 87, вып. 2. — С. 262–266.
8. Голоскоков Д. П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе MAPLE / Д. П. Голоскоков. — СПб.: Питер, 2004. — 539 с.
9. Голоскоков Д. П. Математическое моделирование упругих тонкостенных систем / Д. П. Голоскоков, А. А. Грищенко. — СПб.: СПГУВК, 1999. — 149 с.
10. Голоскоков Д. П. Численно-аналитические методы расчета упругих тонкостенных конструкций нерегулярной структуры / Д. П. Голоскоков. — СПб.: Изд-во А. Кардакова, 2006. — 271 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ СУДОВ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

USE OF PARALLEL GENETIC ALGORITHMS FOR SCHEDULING OF SHIPS PASSING THROUGH THE GATEWAYS SYSTEMS

В статье предлагается метод автоматического составления расписания прохождения судов через шлюзованные системы, основанный на использовании генетических алгоритмов и распределенных вычислений.

In this article a method for automatically scheduling the passage of ships through the gateways system based on genetic algorithms and distributed computing is proposed.

Ключевые слова: генетические алгоритмы, составление расписания, параллельные вычисления.
Key words: genetic algorithms, scheduling, distributed computing.

Введение

В современной России эксплуатируются десятки тысяч километров внутренних водных путей, на которых функционирует более 150 шлюзов. Эффективность эксплуатации флота на водных путях в значительной степени зависит от времени прохождения через судоходные гидротехнические сооружения, а также от стабильности и надежности работы судоходных шлюзов.

Известно, что шлюзование является одним из наиболее эффективных способов улучшения судоходных условий. Однако опыт эксплуатации показывает, что шлюзование имеет и негативную сторону: судоходные шлюзы являются своего рода тормозом транспортного процесса. Более того, вследствие характерной для речного флота неравномерности распределения грузо- и пассажиропотоков (как в течение суток, так и во время всей навигации) нередко происходит скопление в бьефах судов и составов, ожидающих шлюзования. Очевидно, что от качества расписания шлюзований зависит эффективность эксплуатации шлюзованной системы. Поэтому составление оптимального расписания шлюзований является важной задачей для повышения эффективности эксплуатации водного транспорта.

Применение

Постановка задачи

Рассмотрим задачу составления расписания прохождения судов через шлюзованные системы. Пусть шлюзованная система (ШС) двухниточная, состоит из однокамерных шлюзов (на примере шлюзов № 7 и 8 Шекснинского гидроузла); время подхода к подходному каналу ШС и состав групп судов, проходящих через данную ШС, известны заранее; также известно минимальное среднее время шлюзования. Тогда требуется составить расписание прохождения групп судов через данную ШС (план-график шлюзований) таким образом, чтобы все группы судов были включены в расписание; не возникало накладок в расписании; время ожидания шлюзования групп судов в подходном канале было минимальным; время простоя ШС было минимальным; соблюдалась последовательность пропуска судов, определенная в Правилах пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей РФ [1].

Математическая модель

В качестве исходных данных для составления расписания выступают множества:

1. $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_{N_g}\}$ нитей шлюза;
2. $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_{N_s}\}$ судов;
3. $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_{N_t}\}$ временных интервалов, описывающее режим работы ШС;

где N_g — количество нитей шлюза, N_s — количество судов, N_t — количество временных интервалов.

Теоретико-множественное описание элементов математической модели

Объект «Группа судов»

Согласно правилам [1] с целью наиболее эффективного использования судоходных шлюзов и транспортного флота, а также экономии воды разрешается совместное шлюзование судов. При составлении вариантов групп судов необходимо придерживаться рекомендаций [2].

Данный объект описывает свойства группы судов, такие как:

- направление движения группы судов;
- время подхода группы судов к подходному каналу ШС;
- время шлюзования группы судов через данную ШС;
- максимальное время ожидания шлюзования данной группы судов.

Тогда теоретико-множественное описание объекта «Группа судов» можно представить следующим образом:

$$S = \{s_i\}, s_i = (s_a^i, s_v^i, s_t^i, s_p^i, s_d^i, s_t^i), \quad (1)$$

где s_i — i -й элемент множества групп судов $S(i = \overline{1, N_s})$; s_a^i — время подхода группы судов к подходному каналу ШС (из множества T) $s_a^i \in T$; s_v^i — максимальное время ожидания шлюзования данной группой судов (из множества T) $s_v^i \in T$; s_t^i — время шлюзования группы судов через данную ШС (количество временных промежутков $t_{\min}$, необходимое для шлюзования); $s_d^i \in (0, 1)$ — направление движения группы судов через шлюз: если $s_d^i = 0$, то группа судов движется вверх по течению, иначе вниз по течению; s_t^i — параметр, определяющий приоритет данной группы судов в очереди на прохождение ШС.

Рассмотрим параметр s_t^i подробнее. Очередность прохода судов через ШС определяется в зависимости от типа судна. Согласно [1] можно выделить 6 типов судов, расположенных по убыванию приоритета прохода через ШС:

- 1) суда, имеющие право внеочередного прохода через ШС;
- 2) суда, следующие по расписанию;
- 3) суда первой очереди;
- 4) суда второй очереди;
- 5) суда третьей очереди;
- 6) суда четвертой очереди.

Тогда параметр s_t^i может принимать значения $\{1, 2, \dots, 6\}$ и показывает приоритет данной группы судов (1 — наивысший приоритет, а 6 — наименьший).

Объект «Временной интервал»

Временной интервал, на который составляется расписание прохождения судов через ШС, разобьем на равные промежутки времени, равные среднему минимальному времени шлюзования $t_{\min}$. Тогда можно определить время, необходимое для шлюзования группы судов s_i , $s_t^i = k \cdot t_{\min}$, где k — количество временных промежутков, необходимое для шлюзования группы судов. Общее количество временных промежутков $N_t = \frac{t}{t_{\min}}$, где t — расчетное время работы шлюза в сутки.

$$T = \{t_i\}, i = \overline{1, N_t}. \quad (2)$$

При составлении расписания будем оперировать следующими множествами объектов:

- 1) $G = \{g_i\}, i = 1, \dots, N_g$ — множество нитей шлюза;
- 2) $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_{N_s}\}$ — множество судов (групп судов);
- 3) $T = \{t_j\}, j = 1, \dots, N_t$ — множество временных интервалов.

С учетом (1)–(2) расписание прохождения групп судов через ШС можно определить векторами (γ, τ) :

$$\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_{N_g}), \tau = (\tau_1, \dots, \tau_j, \dots, \tau_{N_t}), \quad (3)$$

где $\gamma_i \in G$ — код нити шлюза, назначенной группе судов для прохождения ШС; $\tau_j \in T$ — код временного интервала, назначенного группе судов для прохождения ШС.

Описание ограничений

Все требования, предъявляемые к расписанию прохождения судов через ШС, разобьем на обязательные и желательные. К обязательным относятся требования, невыполнение которых делает невозможным осуществление процесса пропуска судов через ШС. Эти требования будем рассматривать в качестве ограничений. К желательным относятся, например, минимизация времени стоянки судов в ожидании шлюзования и т. д. Эти требования будем рассматривать в качестве критериев.

Отсутствие накладок шлюзования групп судов

$$\forall (g_i, t_k) : g_i \in G, t_j \in T \left(\exists ! g_r : (g_i = g_r) \wedge (g_i \in Z^{t_j}) \right) \vee \left(\neg \exists g_r : (g_i = g_r) \wedge (g_i \in Z^{t_j}) \right), \quad (4)$$

где Z^{t_j} — множество шлюзований, происходящих во временной интервал t_j .

Критерий качества расписания

Для оценки полученного расписания введем критерий P качества расписания:

$$P = f(\tau) = \sum_{i=1}^N c_i w_i(\tau), \quad (5)$$

где c_i — коэффициент штрафа за невыполнение i -го требования, w_i — оценка, определяющая степень выполнения i -го требования. Чем больше значение критерия P , тем хуже расписание.

Теперь сформулируем задачу составления расписания. Для заданных множеств (1)–(2) требуется найти такое расписание, определенное вектором (3), содержащим коды временных интервалов, назначенных группам судов, которое удовлетворяет ограничениям и минимизирует значение критерия (5) потерь качества расписания:

$$P \rightarrow \min. \quad (6)$$

Алгоритм составления расписания

Задача составления расписания прохождения судов через шлюзованные системы относится к классу NP-полных задач, сложность решения которых растет экспоненциально с ростом числа и возможных значений изменяемых переменных. Поэтому для решения таких задач целесообразно использовать эвристические методы. Одними из самых популярных и перспективных эвристических алгоритмов на сегодняшний день являются генетические алгоритмы.

Генетический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи с использованием методов естественной эволюции, таких как наследование, мутации, отбор и скрещивание.

Для решения задачи составления расписания прохождения групп судов через ШС применим классический генетический алгоритм (рис. 1), состоящий из следующих шагов:

- 1) создать начальную популяцию (множество допустимых расписаний);
- 2) принять начальную популяцию как текущее поколение;
- 3) отобрать из текущего поколения наиболее приспособленных особей в промежуточное поколение;
- 4) произвести над ними операции скрещивания и мутации;
- 5) создать путем отбора наиболее приспособленных из получившихся особей новое поколение;
- 6) если не выполнен критерий останова, то принять новое поколение как текущее и перейти к п. 3, иначе принять лучшую особь как окончательное решение.

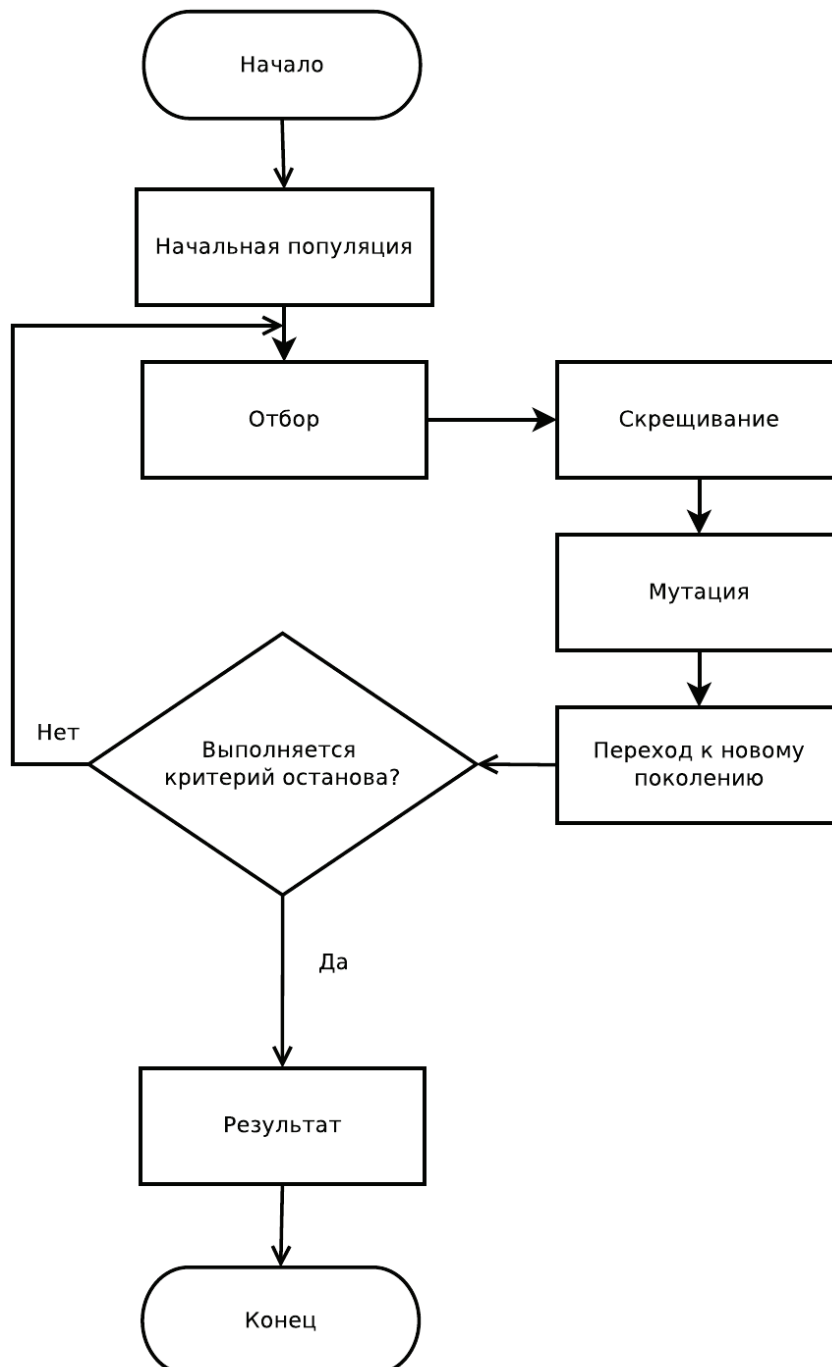


Рис. 1. Схема работы классического генетического алгоритма

Структура особи

В генетическом алгоритме решения задачи составления расписания прохождения групп судов через ШС каждая особь является одним из возможных решений задачи, то есть вариантом расписания. Формула (3), как было сказано, выражает математическую модель расписания. Следуя этой модели, предлагается рассматривать особь, состоящую из одной хромосомы (рис. 2).

Хромосома, в свою очередь, состоит из генов, обозначаемых целыми числами $1, 2, 3, \dots, i, \dots, N$, причем номер гена соответствует номеру группы судов, так, i -й ген характеризует группу судов g_i из множества G .

Информационным наполнением хромосомы является время прохода группы судов через ШС. Таким образом, значением i -го гена является номер (код) временного интервала из подмножества допустимых временных интервалов, в который предполагается начать проведение группы судов через ШС. Это означает, что хромосома связана с блоком групп судов особой связью, которую можно назвать связью «однозначного соответствия».

Создание начальной популяции

Случайным образом формируется заданное число особей. Формирование каждой особи происходит следующим образом. Для каждого гена хромосомы, условно обозначающего группу судов, приписывается некоторое случайное значение — номер временного интервала из подмножества допустимых для данной группы судов временных интервалов. Аналогичным образом формируются следующие особи популяции.

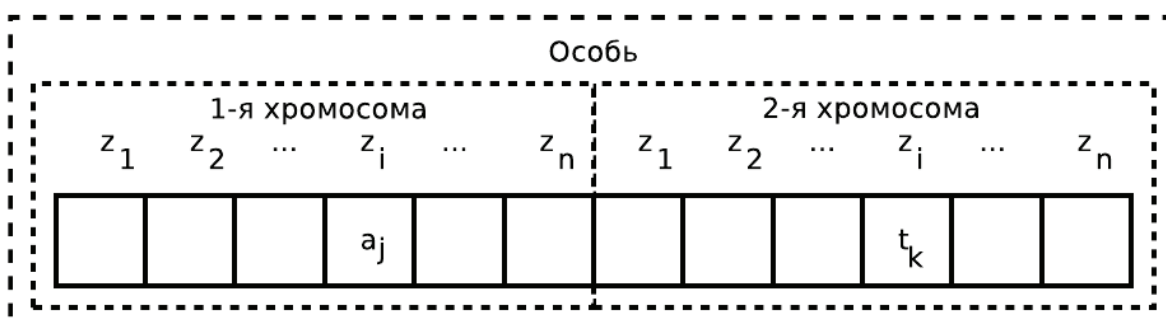


Рис. 2. Структура особи

Отбор

На данном шаге происходит отбор наиболее приспособленных особей (вариантов расписания), имеющих наиболее предпочтительные значения используемой оценочной функции по сравнению с остальными особями. В данной работе предлагается метод, называемый «элитным отбором» или «элитной стратегией», который при решении данной задачи заключается в следующем: из предыдущей популяции выбирается только некоторое число отдельных особей, имеющих наименьшее значение весовой функции — критерия, отражающего выполнение желательных требований. Выявленные таким способом «элитные» особи без каких-либо изменений переходят в следующее поколение. Оставшееся количество «свободных мест» в новой популяции заполняется особями, полученными в результате их скрещивания и мутации (рис. 3).

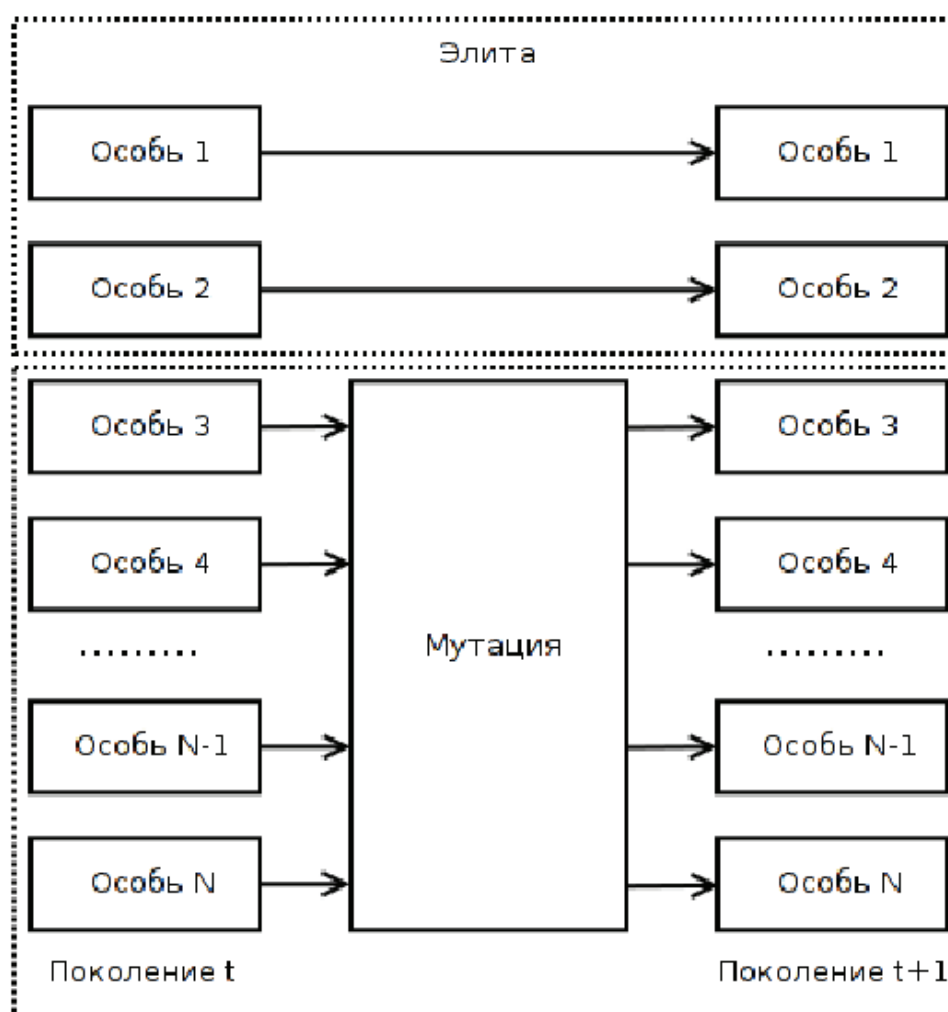


Рис. 3. Схема отбора

Скращивание

В предлагаемом генетическом алгоритме используется однотоочное скрещивание. Оно происходит по следующей схеме: случайным образом выбираются n пар особей из текущего поколения. Далее для каждой пары отобранных особей случайным образом разыгрывается позиция гена (локус) и производится обмен участками генетического кода между особями (рис. 4). Таким образом получается новая пара особей, которая помещается в новое поколение.

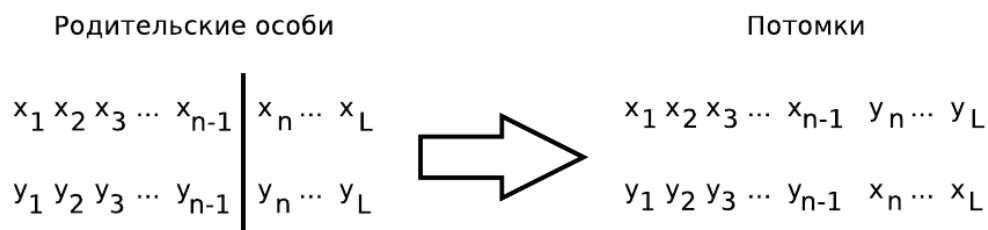


Рис. 4. Скрещивание

Мутация

При формировании нового поколения к особям предыдущего поколения, не относящимся к «элитным», применяется операция мутации.

В данной задаче реализованы два вида мутации:

1) случайным образом выбирается одна группа судов. Если для нее доступны другие временные интервалы, в которые не нарушается ее расписание, то шлюзование данной группы судов переносится на один из этих интервалов, выбранный случайным образом;

2) случайным образом выбираются два шлюзования, которые проводятся для судов одного типа. Если возможно, то эти шлюзования меняются местами.

Выбор вида мутации производится случайным образом.

Критерий останова и выбор «наилучшей» особи

В результате применения операторов отбора и мутации формируется популяция потомков, которая заменяет родительскую популяцию, после чего выполняется проверка условия останова алгоритма. Если заданное значение максимального количества итераций алгоритма достигнуто, то алгоритм завершает работу. В последнем поколении в качестве решения задачи выбирается особь, которая в наибольшей степени удовлетворяет требованиям, предъявляемым к расписанию. То есть особь, имеющая минимальное значение оценочной функции.

Применение параллельных вычислений для решения задачи

Известно, что генетические алгоритмы хорошо поддаются распараллеливанию. Для них предложено множество архитектур и стратегий поиска для выполнения на параллельных процессорах. Данные стратегии основаны на взаимодействии изолированных популяций или отдельных генетических алгоритмов, вычисление решений которых реализуется на отдельных процессорах. Взаимодействие популяций или генетических алгоритмов реализуется по специальным правилам, формирующим суть стратегии и требующим специальной параллельной архитектуры процессоров. Однако в настоящий момент широко распространены и общедоступны многоядерные процессоры (2, 3 и 4-ядерные), где каждое ядро представляет собой полноценный процессор. Данную систему можно рассматривать как простейшую многопроцессорную систему. Рассмотрим несколько подходов к распараллеливанию генетических алгоритмов.

Первым подходом является распараллеливание отдельных шагов алгоритма: отбора, скрещивания, мутации, оценки особей. При этом генофонд разделяется на блоки, над каждым из которых работает отдельный поток. Однако такой подход не очень удобен в программировании по сравнению с двумя другими.

При втором подходе, его еще называют островной моделью, заводят несколько независимых генофондов (островов), каждый из которых итерируют в отдельном потоке. Затем каждые несколько итераций устраивают «миграцию» — переселение ДНК между всеми «островами». Стратегию переселения можно выбирать свободно: можно переселять чемпиона, можно случайную ДНК (или несколько ДНК). Однако стоит помнить, что слишком частые миграции, а также миграции большого числа ДНК нивелируют со временем популяции на разных «островах».

Такой подход имеет неоспоримые преимущества. Во-первых, его легко воплотить программно, так как не требуются затраты на синхронизацию потоков. Во-вторых, на каждом «острове» можно использовать различные стратегии мутации, размножения и т. д., что приведет к более широкому охвату области возможных значений переменных и с большей вероятностью к глобальному экстремуму, нежели локальному.

Третий подход является модификацией островной модели из расчета на массовый параллелизм. Его называют клеточной моделью. Такой подход можно использовать, когда речь идет о вычислениях в кластере. Суть клеточной модели в следующем: пусть у нас имеется множество процессоров (машин), расположим их логически в виде таблицы.

Каждая ячейка таблицы представляет собой один процессор. Каждый процессор итерирует отдельную популяцию со своим набором стратегий размножения, мутации и т. д. По окончании определенного числа итераций происходят миграции между соседними ячейками таблицы.

Такой подход применим лишь на многоядерных машинах либо в кластерах, так как на машинах с малым числом ядер возникнут большие накладные расходы, связанные с переключением контекста потока, что резко снизит эффективность параллельных вычислений.

Преимуществом клеточной модели перед островной является резкое снижение вероятности скатывания в локальный минимум, так как перемешивание происходит не между всеми популяциями, как в островной модели, а лишь между соседними, что снижает скорость выравнивания генофонда между популяциями.

Для решения данной задачи был использован первый подход к реализации параллельного генетического алгоритма — распараллелить процесс выполнения его операторов и вычисление значения оценочной функции. В случае параллельных операторов алгоритм будет работать следующим образом. Базовый поток порождает рабочие потоки, которые могут обмениваться сообщениями с ним с помощью некоторого интерфейса. Когда вычисления в базовом потоке доходят до параллельного оператора, формируются задания рабочим потокам. Популяция делится на равные части (по количеству рабочих потоков), и каждая часть посылается соответствующему рабочему потоку. Базовый поток продолжает свою работу после получения результатов от всех рабочих потоков. Если в процессе ожидания результатов делается вывод о некорректном завершении какого-либо рабочего потока, задание посылается повторно другому рабочему потоку, свободному в данный момент. Алгоритм работы многопоточной программы, реализующий данную идею, показан на рис. 5.

Важно заметить, что при такой организации ГА ему безразлично, как и в какой среде передаются сообщения, поэтому этот способ подходит для вычислительных систем любой организации: однопроцессорных ЭВМ, многопроцессорных ЭВМ или кластеров любой структуры. Эффективность такого распараллеливания зависит прежде всего от скорости передачи сообщений между потоками. Если рассматривать многопроцессорную ЭВМ с общей памятью, где скорость передачи данных между потоками максимальна, то распараллеливание любых операторов эффективно практически во всех случаях, так как генотипы, хранящиеся в общей памяти, не копируются для каждого рабочего потока, а используются совместно.

Если же рассматривать кластер, где оперативная память у потоков разделена, а передача сообщений производится через локальную сеть, то необходимо произвести детальный анализ последствий распараллеливания того или иного оператора с точки зрения потерь производительности алгоритма при передаче сообщений между потоками. В целом оператор целесообразно распараллеливать, если вычисление результата для каждого генотипа занимает гораздо большее время, чем передача генотипа в сообщении потоку и прием ответа.

Инициализация генетического алгоритма и запуск дополнительных потоков происходят из главного потока, который создается при запуске программы. Количество запускаемых потоков равно количеству ядер процессора. Как видно из рис. 5, дополнительные потоки не изменяют структуру генетического алгоритма, а только дополняют ее. Программа может автоматически запрашивать у системы количество процессорных ядер и запускать, если это возможно, дополнительные потоки.

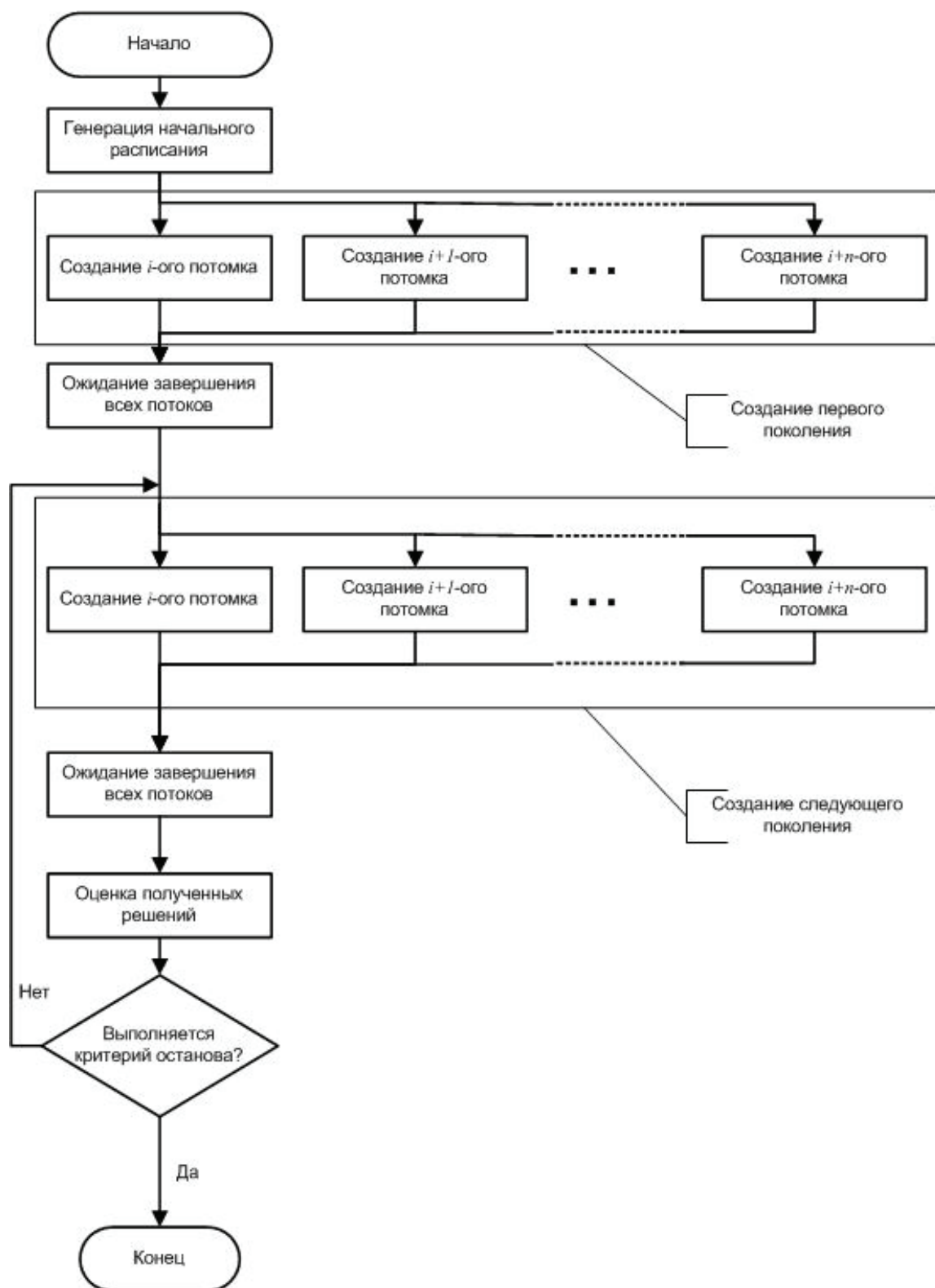


Рис. 5. Алгоритм программы формирования популяции

Широко известно, что в многопоточной программе работа потоков тем эффективнее, чем с меньшим количеством общих изменяемых данных работают потоки. Это связано с тем, что если потоки изменяют какие-то общие данные, то необходимо применять специальные дополнительные механизмы межпоточной синхронизации (критические секции, семафоры, события и др.).

В данном случае потоки работают независимо друг от друга. И лишь при завершении работы поток записывает полученные данные в общую память. Тем самым достигается высокая скорость работы программы.

Заключение

Предложенный алгоритм может быть использован для составления расписания прохождения судов через отдельную шлюзованную систему. Среди преимуществ можно отметить возможность генерации приемлемых вариантов расписания уже с первой итерации. В алгоритме предусмотрена возможность значительного улучшения расписания благодаря добавлению дополнительных критериев оценки свободы и качества расположения групп судов в расписании.

Список литературы

1. Правила пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей Российской Федерации: утв. приказом Минтранса РФ от 24 июля 2002 г. № 100.
2. Кононов В. В. Гидротехнические сооружения водных путей, портов и континентального шельфа (судоходный канал и бетонный шлюз) / В. В. Кононов. — СПб.: СПГУВК, 2009.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

УДК 621.396

В. В. Сахаров,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

О. В. Шергина,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. А. Чертков,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

OPTIMAL ESTIMATOR SYNTHESIS FOR SHIP DYNAMIC OBJECT CONTROL

Рассмотрен алгоритм синтеза оптимального оценщика для системы управления судовым динамическим объектом. Оценщик реализован в виде матрицы постоянных коэффициентов на базе фильтра Калмана. Выполнены расчеты оценщика в кодах MatLAB при воздействии на объект шумотурбулентного воздушного потока с заданной спектральной плотностью.

Optimal estimator synthesis algorithm for dynamic ship system control is considered. Estimator is constructed in the form of Kalman gain as steady-state Kalman filter. Estimator design is realized by MATLAB codes with account of wind gust noise with a set spectral intensity.

Ключевые слова: управление, оптимальный оценщик, фильтр Калмана, судовой динамический объект, турбулентный поток.

Key words: control, optimal estimator, Kalman filter, ship dynamic object, gust noise.



ПЛУЧЕНИЕ достоверной информации о векторе переменных состояния динамической системы имеет первостепенное значение при изучении эволюционных процессов и синтезе управляющих функций, обеспечивающих целенаправленное поведение во времени и пространстве. Однако вектор фазовых координат зачастую недоступен для измерения по различным причинам. В этом случае вектор фазовых координат можно оценить по вектору выхода. Вследствие того, что измерения выполняются с погрешностью, а также ввиду наличия шумов на входе системы, требуется получать оценки, базирующиеся на процедурах стохастической фильтрации.

В системах оптимального управления необходимо иметь полную информацию о векторе состояния, поскольку в этом случае значительно упрощается синтез регулятора. При неполных измерениях требуется решать задачу определения вектора состояния по результатам наблюдений выходных величин. Если ошибки измерений и возмущения, воздействующие на систему, значительны, вместо задачи о наблюдателе требуется синтезировать специальный фильтр при представлении процессов в непрерывном либо дискретном времени.

Рассмотрим решение задачи в непрерывном времени. Предположим, что объект описывается матричным уравнением:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}_0 \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B}_0 \cdot \mathbf{u}(t) + \mathbf{G}_0 \cdot \mathbf{w}(t), \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C} \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{v}(t), \quad (2)$$

где $\mathbf{x}(t) - (n \times 1)$ — вектор состояния, $\mathbf{u}(t) - (m \times 1)$ — вектор управления, $\mathbf{y}(t) - (p \times 1)$ — вектор выхода, $\mathbf{A}_0, \mathbf{B}_0, \mathbf{G}_0, \mathbf{C}$ — матрицы соответствующих размерностей, $\mathbf{w}(t)$ — неизвестный шум процесса, который воздействует на объект как возмущение (например, таким шумом являются порывы ветра, волнение водной поверхности и др.), $\mathbf{v}(t)$ — шум измерения (например, шум усилителя измерительного устройства и др.), $\mathbf{x}(t) \in \mathbf{R}^n, \mathbf{u}(t) \in \mathbf{R}^m, \mathbf{y}(t) \in \mathbf{R}^p$.

Если нет информации о точном значении $\mathbf{x}(0)$, то можно воспользоваться математическим ожиданием $\bar{\mathbf{x}}(0)$ и ковариационной матрицей $\mathbf{P}_0$. Тогда

$$\tilde{\mathbf{x}}(0) \approx (\bar{\mathbf{x}}_0, \mathbf{P}_0). \quad (3)$$

Пусть $\mathbf{x}(0)$, $\mathbf{w}(t)$ и $\mathbf{v}(t)$ взаимно ортогональны. Кроме того, предположим, что $\mathbf{w}(t)$ и $\mathbf{v}(t)$ представляют собой белый шум. Следовательно,

$$\mathbf{R}_w(\tau) = E[\mathbf{w}(t+\tau) \cdot \mathbf{w}^T(t)] = \mathbf{Q} \cdot \delta(t); \quad (4)$$

$$\mathbf{R}_v(\tau) = E[\mathbf{v}(t+\tau) \cdot \mathbf{v}^T(t)] = \mathbf{R} \cdot \delta(t), \quad (5)$$

где $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$ — матрицы спектральных плотностей, $\delta(t)$ — дельта-функция Дирака.

Предполагается, что матрицы спектральных плотностей $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$ известны, причем $\mathbf{R}$ — не-сингулярная матрица, то есть

$$\mathbf{w}(t) \sim (0, \mathbf{Q}), \mathbf{Q} \geq 0; \quad (6)$$

$$(t) \sim (0, \mathbf{R}), \mathbf{R} > 0. \quad (7)$$

Необходимо рассчитать наблюдателя для стохастической системы, на вход которой подаются два сигнала: сигнал управления и сигнал выхода с объекта:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}(t) + \mathbf{L} \cdot (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \quad (8)$$

или

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = (\mathbf{A} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{C}) \cdot \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{y}. \quad (9)$$

Вектор $\hat{\mathbf{x}}(t)$ есть оценка состояния. Оценка выхода $\hat{\mathbf{y}}$ производится по формуле

$$\hat{\mathbf{y}} = E\{\mathbf{C} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{v}\} = \mathbf{C} \cdot \hat{\mathbf{x}}. \quad (10)$$

Предположим, что пара $(\mathbf{C}, \mathbf{A})$ наблюдаема и $(\mathbf{A}, \mathbf{G}\sqrt{\mathbf{Q}})$ достижима. Тогда матричное алгебраическое уравнение Риккати является единственным положительно определенным решением для $\mathbf{P}$:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{P} + \mathbf{P} \cdot \mathbf{A}^T + \mathbf{G} \cdot \mathbf{Q} \cdot \mathbf{G}^T - \mathbf{P} \cdot \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{C} \cdot \mathbf{P} = 0, \quad (11)$$

и, следовательно, можно синтезировать оцениватель $\mathbf{L}$, обеспечивающий наилучшую оценку погрешности при наличии шумов $\mathbf{w}(t)$ и $\mathbf{v}(t)$.

Если погрешность системы $\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{x}(t) - \hat{\mathbf{x}}(t)$, то ее можно определить как решение матричного дифференциального уравнения:

$$\dot{\tilde{\mathbf{x}}} = (\mathbf{A} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{C}) \cdot \tilde{\mathbf{x}} + \mathbf{G} \cdot \mathbf{w} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{A}_3 \cdot \tilde{\mathbf{x}} + \mathbf{G} \cdot \mathbf{w} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{v}, \quad (12)$$

где используется матрица постоянных коэффициентов усиления (матрица Калмана)

$$\mathbf{L} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{R}^{-1}. \quad (13)$$

Решение уравнения (12) является устойчивым.

Оцениватель (13) можно назвать статическим фильтром Калмана. Он минимизирует значение ошибки (ковариацию ошибки) по завершении переходного процесса.

Статический фильтр Калмана является наилучшим оценивателем, содержащим постоянные

коэффициенты. Динамические уравнения системы могут содержать модель, позволяющую преобразовывать белый шум в сигнал с заданной спектральной плотностью.

Остановимся на рассмотрении этого вопроса.

Энергетические спектры большинства процессов могут быть представлены в виде квадрата модуля некоторой функции $H(j\omega)$:

$$\Phi(\omega) = |H(j\omega)|^2. \quad (14)$$

При этом предполагается, что случайный процесс с энергетическим спектром $\Phi(\omega)$ может быть сформирован из белого шума с энергетическим спектром, равным единице, в диапазоне частот $-\infty \leq \omega \leq \infty$, если его пропустить через линейный формирующий фильтр с частотной характеристикой $H(j\omega)$:

$$\Phi(\omega) = |H(j\omega)|^2 \cdot N_f(\omega) = |H(j\omega)|^2 = H(j\omega) \cdot H^*(j\omega), \quad (15)$$

где $H^*(j\omega)$ — сопряженная частотная характеристика.

Энергетический спектр $\Phi(\omega)$ может быть аппроксимирован дробно-рациональной функцией частоты, то есть отношением многочленов, содержащих ω . Так как энергетический спектр действительная, четная, неотрицательная функция частоты ω , то такие многочлены должны иметь действительные коэффициенты и содержать только четные степени ω :

$$\Phi(\omega) = \frac{b_0 + b_1\omega^2 + \dots + b_m\omega^{2m}}{a_0 + a_1\omega^2 + \dots + a_n\omega^{2n}} = \frac{M(\omega)}{N(\omega)}. \quad (16)$$

Из условия действительности коэффициентов (16) следует, что полюсы энергетического спектра могут быть либо действительными, либо попарно комплексно-сопряженными (симметричными относительно действительной оси). Из четности энергетического спектра следует также свойство симметрии относительно мнимой оси.

Импульсная и частотная характеристики фильтра связаны преобразованием Фурье.

Если все полюсы частотной характеристики лежат в левой полуплоскости, то импульсная характеристика физически реализуема. В этом случае оказывается физически реализуемым фильтр, комплексный коэффициент передачи которого содержит полюсы в левой полуплоскости. По комплексному коэффициенту передачи можно составить передаточную функцию, а затем синтезировать динамическую систему для реализации $H(s)$. Каноническая форма этой системы может быть определена с помощью известных в теории управления процедур [1]:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_w &= \mathbf{A}_w \cdot \mathbf{x}_w + \mathbf{B}_w \cdot \mathbf{n}, \\ \mathbf{w} &= \mathbf{C}_w \cdot \mathbf{x}_w + \mathbf{D}_w \cdot \mathbf{n}, \end{aligned} \quad (17)$$

где $\mathbf{n}(t)$ — белый шум, $\mathbf{w}(t)$ — выход, случайный сигнал с заданными свойствами.

Уравнения (1), (2) и (17) используем для получения расширенной динамической системы со следующей структурой:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} \\ \dot{\mathbf{x}}_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_0 & \mathbf{G}_0 \cdot \mathbf{C}_w \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_w \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{x}_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{u} + \begin{bmatrix} \mathbf{C} \cdot \mathbf{D}_w \\ \mathbf{B}_w \end{bmatrix} \cdot \mathbf{n}, \quad (18)$$

$$\mathbf{y} = [\mathbf{C} \quad \mathbf{0}] \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{x}_w \end{bmatrix} + \mathbf{v}. \quad (19)$$

Заметим, что на входы расширенной системы, кроме управления $\mathbf{u}(t)$, поступают шум измерений $\mathbf{w}(t)$ и белый шум $\mathbf{n}(t)$.

Используя полученные соотношения, выполним расчет оценителя — фильтра Калмана — для судового объекта, находящегося под воздействием турбулентного воздушного потока.

Динамические свойства объекта описываются уравнениями (1) и (2) со следующими матрицами [2]:

$$\mathbf{A}_0 = \begin{bmatrix} -1.0200 & 0.9100 \\ 0.8220 & -1.0800 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} -0.0022 \\ -0.1756 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{G}_0 = \begin{bmatrix} 0.0020 \\ -0.0016 \end{bmatrix}.$$

На объект действует шум со спектральной плотностью

$$\Phi(\omega) = 2L\sigma^2 \frac{1+3L^2\omega^2}{1+L^2\omega^2},$$

где $\sigma = 10$, $L = 3,49$

Матрица $\mathbf{C}$ в уравнении (2) имеет следующие значения коэффициентов:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 15.8700 & 1.4811 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Для расчета фильтра Калмана, обеспечивающего минимум ошибки при воздействии шумов, в уравнении Риккати (11) выберем весовые матрицы $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$:

$$\mathbf{Q} = 1; \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1/20 & 0 \\ 0 & 1/60 \end{bmatrix}.$$

Факторизация $\Phi(\omega)$ к виду $\Phi(\omega) = H(j\omega) \cdot H(-j\omega)$ позволяет получить передаточную функцию реализуемой части фильтра:

$$H(s) = \frac{13.1118 \cdot s + 2.1691}{s^2 + 0.5731 \cdot s + 0.0821} = \frac{M(s)}{N(s)}.$$

Преобразование $H(s)$ к канонической форме модели в пространстве состояний выполним с помощью функции *tf2ss*, содержащейся в пакете MatLAB. В результате получим модель (17):

$$\mathbf{A}_w = \begin{bmatrix} -0.5731 & -0.0821 \\ 1.0000 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B}_w = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C}_w = [13.1118 \quad 2.1691], \quad \mathbf{D}_w = 0.$$

Матрицы расширенной системы имеют вид:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -1.0200 & 0.9100 & 0.0266 & 0.0044 & -0.0022 \\ 0.8200 & -1.0800 & -0.0215 & -0.0036 & -0.1756 \\ 0 & 0 & -0.5731 & -0.0821 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -20.2000 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{B} = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 20.2]; \quad \mathbf{G} = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0].$$

Матрица состояния $\mathbf{F}$ фильтра Калмана равна:

$$\mathbf{F} = (\mathbf{A} - \mathbf{L} \cdot \mathbf{C}) = \begin{bmatrix} -1.6118 & 0.8589 & 0.0266 & 0.0044 & -0.0022 \\ 1.1410 & -1.0529 & -0.0215 & -0.0036 & -0.1756 \\ -30.2332 & -2.5341 & -0.5731 & -0.0821 & 0 \\ -57.1188 & -5.0851 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -20.2000 \end{bmatrix}.$$

Коэффициент передачи Калмана рассчитан с помощью функции *lqe*:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0.0373 & -0.0041 \\ -0.0202 & 0.0029 \\ 1.9051 & -0.2875 \\ 3.5992 & -2.2457 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Фильтр Калмана представляет собой динамическую систему:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = \mathbf{F} \cdot \hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u} + \mathbf{L} \cdot \mathbf{y}. \quad (20)$$

в которой пятое состояние (последняя строка матрицы $\mathbf{L}$) равно нулю, поскольку шум не воздействует непосредственно на привод рулевого устройства.

Расчет фильтра выполнен с помощью программы, представленной файлом *sah175a.m*, содержание которого поясняется по тексту комментариев.

```
% Файл sah175a.m
% Расчет стационарного фильтра Калмана.
% Динамика системы:
A0=[-1.0200 0.9100;0.8200 -1.0800];
B0=[-0.0022 -0.1756]';
G0=[0.0020 -0.0016]';
% Определение модели в пространстве состояний по функции
% спектральной плотности внешнего сигнала помехи
sig=10; L=3.49;
v=sig*((6/L)^0.5);
% Числитель и знаменатель комплексного коэффициента
% передачи (реализуемой части фильтра Винера):
num=[1 1/(L*(3^0.5))].*v;
den=[1 2/L 1/(L^2)];
% Определение модели пространства состояний при воздействии
% белого шума:
[Aw,Bw,Cw,Dw]=tf2ss(num,den);
% Формирование обобщенной динамической системы:
A=[A0 G0*Cw B0;0 0;0 0;0 0] [Aw;0 0] [0 0 -20.2]';
B=[0 0 0 0 20.2]';
G=[0 0 1 0 0]';
C=[15.8788 1.4811 0 0 0;0 1 0 0 0];
R=[1/20 0;0 1/60];
Q=[1];
% Фильтр синтезируется с помощью "lqe.m".
% Матрица коэффициентов усиления Калмана:
L=lqe(A,G,C,Q,R)
pause,
% Фильтр Калмана: dx/dt=F*x+B*u+L*y;
F=A-L*C
pause,
% Собственные значения матрицы оптимального оценивателя:
eig(F)
```

Программа завершается вычислением собственных значений матрицы $\mathbf{F}$, представленных в виде элементов вектора:

$$\text{eig}(\mathbf{F}) = [-1.1661 \quad -0.3759 \quad -1.5224 \quad -1.1734 \quad -20.2000]^T.$$

Таким образом, с помощью соотношений (17)–(20) в среде MatLAB синтезирован фильтр Калмана при обеспечении устойчивости динамического процесса.

Список литературы

1. Гринкевич Я. М. Наблюдатели и оцениватели состояния в судовых системах управления / Я. М. Гринкевич, В. В. Сахаров. — СПб.: СПГУВК, 2001. — 193 с.
2. Lewis F. L. Optimal Control / F. L. Lewis, D. Vrabie, V. L. Syrmos. — 3rd ed. — N. Y.: John Wilcy and Sons, 2012. — 541 p.
3. Modal parametric identification of flexible mechanical structures in mechatronic system / C. K. Pang [et al.]; Trans. Inst. Measurement and Control. — 2010. — Vol. 32, № 2. — P. 137–154.

УДК 656.625.073.28

Ю. Я. Зубарев,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;
А. С. Хвастунов,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА ПРИ ЗАДАННОМ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ

DETERMINING THE OPTIMAL LOAD OF CONTAINER TERMINAL AT A GIVEN WAITING TIME

Рассматривается аналитический метод определения оптимальной загрузки специализированного терминала на основе полиномиальных моделей процессов переработки контейнерных грузов при заданном времени ожидания.

An analytical method for determining the optimal load of specialized terminal based on polynomial models of the processing of container cargo at a given waiting time is considered.

Ключевые слова: вычислительный эксперимент, полиномиальные модели, переработка контейнерных грузов.

Key words: computer experiment, polynomial models, processing of container cargo.

РАССМОТРИМ задачу оптимального планирования загрузки терминала при заданном числе причалов S и общем числе судов m , поступающих в терминал. Необходимо выбрать такой коэффициент загрузки терминала ϕ , при котором величина среднего приведенного времени ожидания τ не превосходила бы заданных значений. При этом под средним приведенным временем ожидания будем понимать отношение среднего времени нахождения судна в очереди к длительности обработки судна: $\tau = \frac{\bar{T}_{\text{ож}}}{\bar{T}_{\text{обр}}}$. Применение такого критерия в указанной постановке целесообразно в случае, когда спрос на переработку грузов превышает предложение, то есть для терминала имеются предложения по достаточно большому объему переработки грузов.

Рассмотрим вероятностную модель обработки экспортно-импортных контейнерных судов на специализированном терминале [2]. Для решения поставленной задачи, мы можем использовать два различных подхода: численный и аналитический. Численный подход требует неоднократного

вычисления значения коэффициента загрузки терминала в соответствии с одним из алгоритмов одномерной оптимизации. Воспользуемся аналитическим подходом.

Для этого рассмотрим аппроксимирующий полином зависимости среднего приведенного времени ожидания судов в очереди от характеристик контейнерного терминала. Способ определения коэффициентов аппроксимирующего полинома на основе метода наименьших квадратов подробно описывается в [3, с. 85–89]. Воспользовавшись этим способом, получим следующий полином четвертого порядка:

$$\begin{aligned} \tau(m, S, \varphi) = & b_0 + b_1 m + b_2 S + b_3 \varphi + b_{11} m^2 + b_{22} S^2 + b_{33} \varphi^2 + b_{12} mS + b_{13} m\varphi + b_{23} S\varphi + \\ & + b_{111} m^3 + b_{222} S^3 + b_{333} \varphi^3 + b_{112} m^2 S + b_{113} m^2 \varphi + b_{122} mS^2 + b_{123} mS\varphi + b_{133} m\varphi^2 + b_{223} S^2 \varphi + b_{233} S\varphi^2 + \\ & + b_{1122} m^2 S^2 + b_{1133} m^2 \varphi^2 + b_{1123} m^2 S\varphi + b_{1233} mS\varphi^2 + b_{1223} mS^2 \varphi + b_{2233} S^2 \varphi^2 + \\ & + b_{1111} m^4 + b_{2222} S^4 + b_{3333} \varphi^4. \end{aligned}$$

Определим значение коэффициента φ при заданных граничных значениях времени τ , а также фиксированных значениях m и S . Для этого найдем решение уравнения 4-й степени методом Декарта–Эйлера [1].

Подстановкой значений m , S и τ в полином получим уравнение вида:

$$a\varphi^4 + b\varphi^3 + c\varphi^2 + d\varphi + e = 0$$

Приведем его к неполному виду через подстановку $\varphi = y - \frac{b}{4a}$:

$$y^4 + py^2 + qy + r = 0, \quad y \quad (1)$$

где

$$p = \frac{8ac - 3b^2}{8a^2}, \quad q = \frac{8a^2d + b^3 - 4abc}{8a^3}, \quad r = \frac{16ab^2c - 64a^2bd - 3b^4 + 256a^3e}{256a^4}.$$

Корни уравнения (1) равны одному из следующих выражений:

$$y_{1,2,3,4} = \pm\sqrt{z_1} \pm \sqrt{z_2} \pm \sqrt{z_3}, \quad (2)$$

в котором сочетания знаков выбираются таким образом, чтобы выполнялось следующее соотношение:

$$(\pm\sqrt{z_1})(\pm\sqrt{z_2})(\pm\sqrt{z_3}) = -\frac{q}{8}, \quad (3)$$

причем z_1 , z_2 и z_3 — корни кубического уравнения:

$$z^3 + \frac{p}{2}z^2 + \frac{p^2 - 4r}{16}z - \frac{q^2}{64} = 0. \quad (4)$$

Для решения уравнения 3-й степени (4) воспользуемся тригонометрической формулой Виета. Поочередно подставив найденные корни в формулу (2) с соблюдением условия (3), получим

корни неполного уравнения (1). Повторно воспользовавшись подстановкой $\varphi_{1,2,3,4} = y_{1,2,3,4} - \frac{b}{4a}$,

найдем корни исходного уравнения.

Для определения оптимальной загрузки задается среднее приведенное время ожидания, общее число судов и причалов. Построим таблицу оптимальных значений φ , соответствующих значениям m , S и $\tau_{\text{гран}}$ (табл. 1).

Таблица 1

m	S	$\tau_{\text{гран}}$			
		0,1	0,15	0,2	0,25
10	2	0,4697	0,5700	0,6421	0,6996
	3	0,6402	0,7273	0,7862	0,8283
	4	0,7496	0,8206	0,8657	0,8987
	5	0,8263	0,8814	0,9183	0,9465
20	2	0,419	0,5348	0,6052	0,6622
	3	0,5924	0,6772	0,7395	0,7858
	4	0,6835	0,7624	0,8153	0,8537
	5	0,7493	0,8187	0,8645	0,8983
30	2	—	0,5238	0,5945	0,6514
	3	0,5808	0,6649	0,7266	0,7727
	4	0,6691	0,7467	0,7994	0,8381
	5	0,7295	0,7986	0,8451	0,8797
40	2	0,3936	0,5169	0,5882	0,6457
	3	0,5730	0,6591	0,7216	0,7678
	4	0,6627	0,7413	0,7941	0,8325
	5	0,7228	0,7921	0,8383	0,8727
50	2	0,4294	0,5171	0,5838	0,6399
	3	0,5684	0,6522	0,7150	0,7618
	4	0,6552	0,7347	0,7882	0,8270
	5	0,7161	0,7863	0,8329	0,8673

При $m = 10$, $S = 2$ и $\tau = 0,1$ не удалось найти действительный корень уравнения.

Подставим значения показателей качества в исходную модель и сравним полученное значение τ с граничным значением $\tau_{\text{гран}}$.

Таблица 2

m	S	$\tau_{\text{гран}}$			
		0,1	0,15	0,2	0,25
10	2	0,0980	0,1509	0,2014	0,2523
	3	0,1001	0,1518	0,2011	0,2478
	4	0,1006	0,1497	0,1953	0,2413
	5	0,0999	0,1448	0,1906	0,2433
20	2	0,0885	0,1497	0,1998	0,2504
	3	0,0996	0,1499	0,2009	0,2504
	4	0,0978	0,1496	0,1998	0,2490
	5	0,0977	0,1487	0,1998	0,2508
30	2	—	0,1492	0,1998	0,2506
	3	0,1008	0,1514	0,2021	0,2512
	4	0,0996	0,1509	0,2003	0,2486
	5	0,0983	0,1481	0,1969	0,2467
40	2	0,0830	0,1479	0,1990	0,2502
	3	0,1002	0,1521	0,2039	0,2534
	4	0,1007	0,1532	0,2032	0,2513
	5	0,1001	0,1506	0,1992	0,2483
50	2	0,1006	0,1499	0,1979	0,2476
	3	0,0999	0,1501	0,2014	0,2509
	4	0,0993	0,1518	0,2018	0,2498
	5	0,0995	0,1503	0,1998	0,2472

Из табл. 2 можно видеть, что в подавляющем большинстве случаев расчетные значения среднего времени ожидания отличаются от граничных не больше чем на 0,001. Таким образом, можно заключить, что аналитический метод целесообразно использовать для расчета коэффициента загрузки терминала.

На основании предложенного метода была разработана программа, для которой было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [4].

Список литературы

1. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. — М.: Наука, 1974. — 832 с.
2. Гайнуллин А. С. Моделирование процессов переработки контейнерных грузов на основе немарковских моделей массового обслуживания / А. С. Гайнуллин, А. С. Хвастунов // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта в России: материалы II Межвуз. науч.-практ. конф. студ. и аспирантов, 12–13 мая 2001 г. — СПб.: СПГУВК, 2011. — 458 с.
3. Гайнуллин А. С. Идентификация процессов переработки грузов на основе полиномиальных моделей / А. С. Гайнуллин, А. С. Хвастунов // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2012. — Вып. 1.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012661388 «Выбор оптимальной загрузки контейнерного терминала»: зарег. в Реестре программ для ЭВМ 13 декабря 2012 г.

УДК 621.431:629

В. В. Мартъянов,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАНИЙ СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА ПРОГУЛОЧНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕПЛОХОДА «ВОЛХОВ-1» (ПРОЕКТ «МОЙКА»)

CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF A SHIP SHAFTING OSCILLATION OF A PLEASURE PASSENGER SHIP “VOLHOV-1” (DESIGN “MOYKA”)

В работе проведен расчет основных характеристик свободных колебаний судового валопровода прогулочного пассажирского теплохода типа «Волхов» (проект «Мойка»).

Приведены результаты математических расчетов, на основании которых можно дать рекомендации по увеличению надежности и долговечности судового валопровода, а также рекомендовать некоторые конструктивные изменения.

The calculation of the basic characteristics of autonomous oscillation of ship shafting of a pleasure passenger ship “Volhov”, design “Moyka” is carried out in present work.

The math calculations are cited in the work, on the ground of which one can give recommendations on increasing safety and longevity of ship shafting and also recommend some constructive changes.

Ключевые слова: судно, валопровод, гребной вал, гребной винт, эксплуатация, механические колебания, вибрация, отказ.

Key words: ship, shafting, propeller shaft, screw, exploitation, mechanical oscillations, vibration, failure.

СУДОВОЙ валопровод является одним из ответственных элементов судовой энергетической установки и вместе с тем постоянно работающим и усиленно нагруженным элементом. Анализ отказов элементов судового оборудования [1; 2] показывает, что повреждения валопроводов являются второй по распространенности причиной всех отказов.

Теплоходы типа «Волхов» проекта «Мойка» являются одним из наиболее востребованных классов прогулочных пассажирских судов в экватории Невы и Финского залива. Теплоходы этого типа обладают очевидными достоинствами. Они довольно компактны, экономичны, обладают хорошей маневренностью, вмещают достаточно много пассажиров. Однако, по отзывам судоводителей, судам этого типа присущи и некоторые недостатки. Одним из них являются вибрация и биеения, возникающие при некоторых режимах работы двигателя и валопровода. По мнению автора, это вызвано резонансными явлениями, имеющими место при работе валопровода. Как известно, явления резонанса возникают, когда частота свободных колебаний совпадает или близка к частоте вынужденных колебаний [3].

Напряжения, обусловленные вынужденными колебаниями, обычно невелики и не представляют опасности для прочности валопровода. Поэтому необходимость расчета вынужденных колебаний устанавливается для каждого случая отдельно. Однако при совпадении частоты изменения переменной нагрузки с одной из собственных частот амплитуды колебания валопровода возрастают, а напряжения в его сечениях могут достигать опасных пределов.

Для пассажирских и прогулочных судов проблема износа и повреждения валопроводов особенно актуальна. В связи с относительно малой массой и достаточно большими количествами маневров элементы пассажирских судов обладают большей виброактивностью. Они испытывают значительно большие колебания и вибрации в процессе своей работы, а значит, больше подвержены деформации и износу.

Если говорить о внезапных и преждевременных отказах, то валопровод является одним из наиболее уязвимых с этой точки зрения элементов СЭУ.

Поставим своей задачей произвести расчет основных характеристик свободных колебаний валопровода судов типа «Волхов-1».

Для расчета примем следующие исходные данные. Общая длина валопровода составляет 1800 мм. Его диаметр равен 60 мм. Диаметр гребного винта равен 500 мм, винт трехлопастный фиксированного шага. Валопровод изготовлен из стали СТ-35 (хромистая, кислотостойкая) [4].

Базовой схемой для расчета примем дискретную колебательную модель. Валопровод рассматриваем как систему четырех массивных дисков, соединенных тремя звеньями $\ell_1 = \ell_2 = \ell_3 = 600$ мм.

Все соединяющие звенья цилиндрической формы. Их диаметры одинаковы $d_i = 60$ мм.

Первый диск самый массивный. Он соответствует маховику вала двигателя. Его диаметр 400 мм, толщина 71 мм. При плотности стали $7,8 \cdot 10^3$ кг/м³ его масса составляет 40 кг. Последний, четвертый, диск соответствует гребному винту. С учетом массы лопаток, используемых для судов рассматриваемого типа, общая масса гребного винта равна 40 кг. Его диаметр $D_4 = 500$ мм.

Промежуточные диски, второй и третий, соответствуют промежуточному и дейдвудному звеньям валопровода. Они наименее массивные из всех четырех. Их массу полагаем одинаковой по 25 кг. Их диаметры $D_2 = D_3 = 250$ мм.

Для стали СТ-35, из которой изготовлены элементы валопровода, модуль сдвига $G = 8100$ кг/мм² (или 8,1 ГПа).

Крутильные жесткости рассчитываем по формуле [3; 5]

$$c_i = \frac{\pi d_i^4 G}{32 \ell_i}. \quad (1)$$

В результате вычислений получаются следующие значения:

$$c_1 = c_2 = c_3 = 1,717 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2.$$

Для рассматриваемой системы матрица жесткости получается в виде [3; 6; 7]:

$$C = \begin{pmatrix} 1,717 & -1,717 & 0 & 0 \\ -1,717 & 3,434 & -1,717 & 0 \\ 0 & -1,717 & 3,434 & -1,717 \\ 0 & 0 & -1,717 & 1,717 \end{pmatrix} \cdot 10^5.$$

Элементы данной матрицы имеют размерность $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$.

Моменты инерции дисков вычисляем по формуле [6]:

$$J_i = \frac{P_i D_i^2}{8g}, \quad (2)$$

где P_i — вес i -го диска, н; D_i — его диаметр, м; g — ускорение свободного падения; $\text{м}/\text{с}^2$.

В результате получаем значения:

$$J_1 = 0,816 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad J_2 = J_3 = 0,199 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad J_4 = 1,275 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Для рассматриваемой крутильной системы, состоящей из четырех дисков и трех соединительных звеньев, матрица инерции имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} 0,816 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,199 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,199 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,275 \end{pmatrix}.$$

Все элементы данной матрицы имеют размерность $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Вычисление коэффициентов кубического уравнения производится по формулам:

$$\lambda_1 = -\frac{c_1}{J_1} - \frac{c_2}{J_2} - \frac{c_1}{J_2} - \frac{c_3}{J_4} - \frac{c_2}{J_3} - \frac{c_3}{J_3}, \quad (3)$$

$$\lambda_2 = \frac{c_1 c_2}{J_2 J_3} + \frac{c_1 c_2}{J_1 J_3} + \frac{c_1 c_2}{J_1 J_2} + \frac{c_1 c_3}{J_1 J_4} + \frac{c_1 c_3}{J_1 J_3} + \frac{c_2 c_3}{J_3 J_4} + \frac{c_2 c_3}{J_3 J_4} + \frac{c_1 c_3}{J_2 J_4} + \frac{c_2 c_3}{J_2 J_3} + \frac{c_1 c_3}{J_2 J_3}, \quad (4)$$

$$\lambda_3 = \frac{c_1 c_2 c_3}{J_1 J_2 J_3} - \frac{c_1 c_2 c_3}{J_1 J_2 J_4} - \frac{c_1 c_2 c_3}{J_1 J_3 J_4} - \frac{c_1 c_2 c_3}{J_2 J_3 J_4} \quad (5)$$

приводит к следующим результатам:

$$\lambda_1 = -3,796 \cdot 10^6, \quad \lambda_2 = 3,154 \cdot 10^{11}, \quad \lambda_3 = -3,057 \cdot 10^{17}.$$

Тогда коэффициенты приведенного кубического уравнения, вычисленные по формулам:

$$p = -\frac{\lambda_1^2}{3} + \lambda_2, \quad q = \frac{2\lambda_1^3}{27} - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{3} + \lambda_3. \quad (6)$$

Результаты оказываются следующими:

$$p = -4,488 \cdot 10^{12}, \quad q = -3,958 \cdot 10^{18}.$$

Величину D (дискриминант кубического уравнения) находят по формуле

$$D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{p}{2}\right)^2. \quad (7)$$

Получаем $D = 0,568 \cdot 10^{36}$.

Это значение положительно. Для этого случая имеем один действительный корень приведенного кубического уравнения:

$$z^3 + pz + q = 0. \quad (8)$$

Его находим по формуле

$$z = \left(-\frac{q}{2} + \sqrt{D} \right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{q}{2} + \sqrt{D} \right)^{\frac{1}{3}}. \quad (9)$$

Вычисления дают значение $z = 2,477 \cdot 10^6$.

Этому корню соответствует один корень основного уравнения частот

$$w^4 + w^3 \lambda_1 + w^2 \lambda_2 + w \lambda_3 = 0, \quad (10)$$

$$w = 3,742 \cdot 10^6.$$

Извлекаем квадратный корень и находим главную частоту свободных колебаний системы $k = 1,934 \cdot 10^3$.

Эта величина имеет размерность 1/с.

Результаты рассмотрения позволяют сделать следующий вывод.

Найденная частота определяет резонансный и околорезонансный режимы. Работа на этом режиме вызывает наибольшие по амплитуде колебания элементов конструкций и крайне неблагоприятно влияет на надежность СЭУ в целом. Рекомендуется выбрать такой режим работы, при котором частота вращения коленвала не будет достигать величины k .

Список литературы

1. Обзор повреждений судов и их элементов за 2001–2006. — М.: Изд-во Рос. реч. регистра, 2002.
2. Обзор повреждений судов и их элементов за 2007–2009. — М.: Изд-во Рос. реч. регистра, 2006.
3. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко. — М.: Ком. кн., 2006. — 440 с.
4. Валопровод проекта «Мойка» ЦТКБ. — 2008.
5. Семенов Ю. А. Механика. Теория механических колебаний / Ю. А. Семенов. — СПб.: СПГПУ, 2008. — 412 с.
6. Лашко В. А. Матричные методы в расчетах крутильных колебаний силовых установок с ДВС / В. А. Лашко, М. В. Лейбович. — Хабаровск: ХГТУ, 2003. — 212 с.
7. Терских В. П. Крутильные колебания валопровода силовых установок. Свободные и резонансные колебания: в 4 т. / В. П. Терских. — Л.: Судостроение, 1970. — 208 с.
8. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. — М.: Наука, 1970. — 720 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ГАЗООБМЕНА СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ 12ЧН26/26

NUMERICAL SIMULATION OF GAS EXCHANGE SYSTEMS OF MARINE ENGINE 12CH26/26

В статье приводится пример численного моделирования систем газообмена судового дизеля 12 ЧН26/26. В ходе исследования был выявлен механизм вихреобразования на такте впуска и выпуска. Показано влияние ориентации выпускных патрубков на работу выталкивания и вихреобразования. Наибольшая плотность линии тока воздуха на впуске наблюдается на стенках цилиндра, а не в центре цилиндра. Установка направляющего козырька устраняет разделение газового потока и снижает процесс вихреобразования в выпускном трубопроводе.

In the article the example of numerical modeling of systems of gas exchange of the ship diesel 12ChN26/26 is given. During the research the vortex formation mechanism during intake stroke and outstroke was revealed. Influence of orientation of exhaust pipes on pushing out and vortex formation work is shown. The greatest density of the line of the line of air flow during intake is observed on cylinder walls, instead of the cylinder center. Installation of a directing peak eliminates division of a gas stream and reduces vortex formation process in the final pipeline.

Ключевые слова: газообмен, численное моделирование, скорость воздуха, выпускной патрубок, впускной патрубок, клапаны, выхлопные газы, вихреобразование, гидравлическое сопротивление.

Key words: Gas exchange, numerical modeling, air speed, final branch pipe, inlet branch pipe valves, exhaust gases, vortex formation, hydraulic resistance.



ЭФФЕКТИВНОСТЬ работы ДВС существенно зависит от совершенства внутренних проточных поверхностей, главным образом от конструкции впускных и выпускных каналов и патрубков. Совершенствование геометрии проточных поверхностей впускных и выпускных систем ДВС позволяет добиться снижения гидравлических сопротивлений и тем самым снизить работу выталкивания поршня, а также увеличить располагаемую работу отработанных газов перед турбиной. В совокупности это даст прирост увеличения мощности, что является актуальной задачей.

Численное моделирование течений газа в проточных частях ДВС позволит в трехмерном виде исследовать характеристики потока в любой его точке, а также определять величины гидродинамических потерь, связанных с образованием вихрей и отрывных зон. Место образования вихря, его интенсивность и продолжительность влияют на работу выталкивания поршня. Последовательным изменением формы канала в процессе численного эксперимента можно найти такую его конфигурацию, которая будет иметь минимально возможное гидравлическое сопротивление. С помощью численного моделирования можно найти решение задачи за сравнительно короткое время при невысокой и постоянно уменьшающейся стоимости машинных расчетов. Профилирование каналов и патрубков требует создания дорогостоящих физических моделей и существенных затрат времени на натурные эксперименты. Стремительное развитие вычислительной техники сделало возможным выполнение профилирования проточных поверхностей каналов и патрубков с помощью численного решения дифференциального уравнения движения вязкой жидкости (На-

вье–Стокса) в трехмерных координатах методом контрольных объемов. Для численного моделирования уравнения Навье–Стокса была использована программа Flow Simulation в среде SolidWorks-2010.

Численное моделирование газообмена в двигатели типа ЧН26/26 на номинальном режиме разделено на два этапа: процесс впуска и процесс выпуска. Для выполнения расчета были приняты следующие граничные условия:

- давление воздуха на входе в головку цилиндра $p_k = 0,255$ МПа;
- давление выпускных газов на входе в турбину $p_t = 0,232$ МПа;
- давление в конце процесса расширения $p_b = 0,795$ МПа;
- температура свежего заряда воздуха 330 К;
- температура выпускных газов на выходе из выпускного клапана 1090 К.

В качестве циркулируемой среды выбран воздух.

Процедура численного моделирования проходила в три этапа. На первом этапе строились 3D модели, входящие в систему газообмена: впускной и выпускной трубопроводы, головка цилиндра, клапаны, рабочий цилиндр, поршень и впускной и выпускной патрубки. На втором этапе создавалась сборочная модель системы газообмена из построенных ранее 3D моделей. На заключительном этапе созданная трехмерная модель сборки транслировалась в программу Flow Simulation, где и проходил процесс численного моделирования. В свою очередь процесс численного моделирования газообмена был разбит на две части:

- 1) моделирование процесса впуска при открытых впускных клапанах и закрытых выпускных;
- 2) моделирование процесса выпуска при закрытых впускных клапанах и открытых выпускных.

В первой части процесс численного моделирования проводился для каждого из 12 положений поршня (от верхней мертвой точки до нижней) с промежутком 15° поворота коленчатого вала.

На рис. 1 показан результат численного моделирования на такте впуска при положении поршня в середине хода.

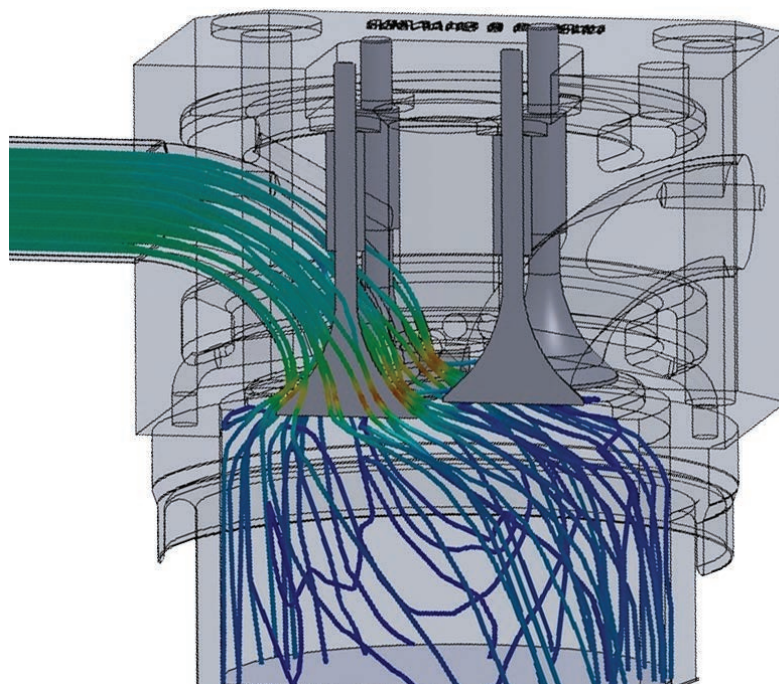


Рис. 1. Результат численного моделирования на такте впуска при положении поршня в середине хода

На рисунке линии тока воздуха отображены «трубами», цвет данных труб варьируется в зависимости от скорости движения среды. Наибольшая скорость, как и ожидалось, возникает в щели впускного клапана. В процессе численного моделирования такта впуска удалось обнаружить следующие устойчивые закономерности:

1) при движении поршня на такте впуска от ВМТ к НМТ движение воздуха во впускном патрубке до щели клапана близко к идеальному. Заметного отрыва потока и момент образования вихревого течения обнаружить не удалось;

2) при начале движения и до середины хода поршня обнаружена зона разрежения, находящаяся за тарелкой впускного клапана. Эта зона увеличивает долю насосных потерь;

3) начиная с середины хода поршня (90° поворота коленчатого вала после ВМТ), обнаружено начало формирования поперечного вихря, который снижает образовавшееся разрежение за тарелкой впускного клапана и выравнивает давление по всему объему рабочего цилиндра при движении поршня к НМТ;

4) наибольшая плотность линии тока воздуха наблюдается на стенках цилиндра, а не в центре цилиндра, причем на противоположной стенке цилиндра, прилегающей к стороне выпускных клапанов, плотность линий больше;

5) по мере движения поршня к НМТ плотность линии тока выравнивается по всему объему цилиндра.

Анализ выявленных закономерностей позволил предположить, что интенсивность подогрева свежего заряда от нагретых стенок цилиндра в начале впуска достаточно высока у стенок цилиндра в начале движения и выравнивается в конце хода поршня. Очевидно, можно утверждать наличие переменного коэффициента теплоотдачи от стенок цилиндра к воздушному заряду.

Во второй части численного моделирования газообмена на такте выпуска проводилось исследование влияния положения выпускного патрубка при входе в общий трубопровод для двухтрубной выпускной системы. На рис. 2 показаны конструкции выпускных патрубков, установленных вверх и вниз.

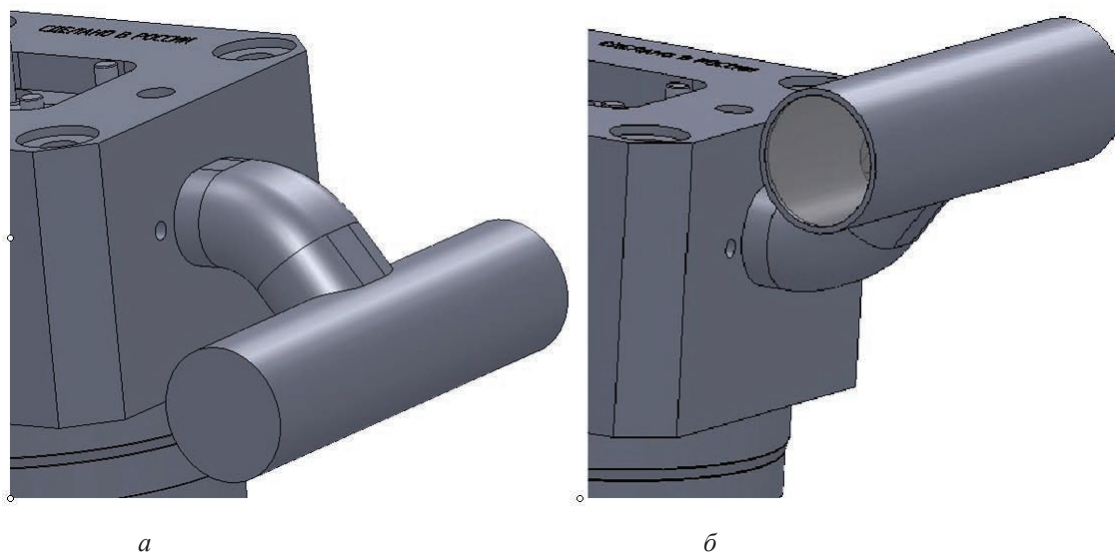


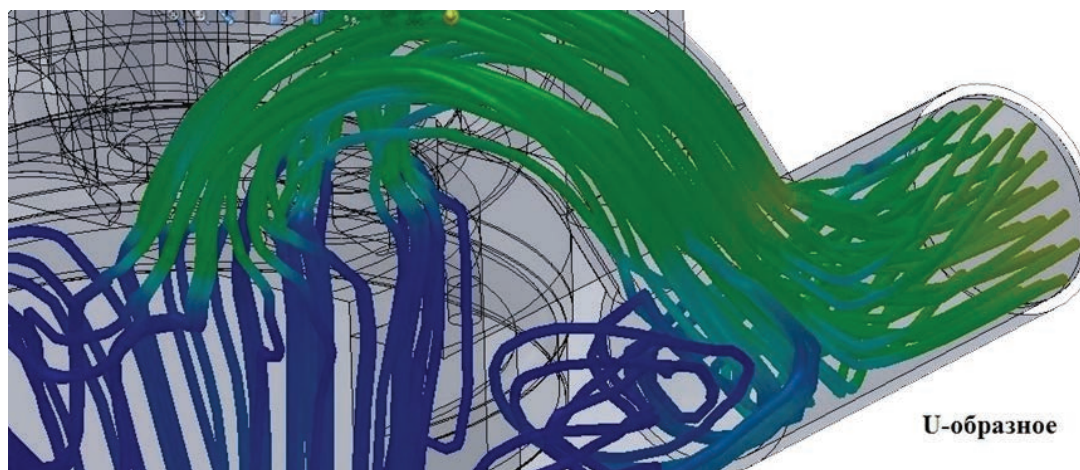
Рис. 2. Конструкции выпускных патрубков:
патрубок, установленный вниз,

образует вместе с выпускным каналом в крышке цилиндров U-образный вид (а);

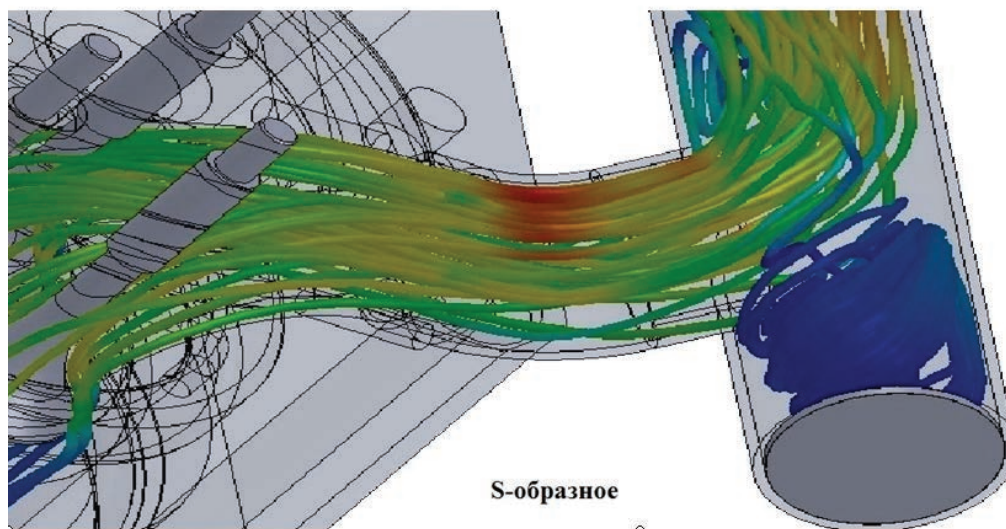
патрубок, установленный вверх, — соответственно S-образный вид (б)

Процесс численного моделирования на выпуске проводился для каждого из 14 положений поршня (от открытия выпускного клапана до ВМТ) с промежутком 15° поворота коленчатого вала.

Результаты численного моделирования такта выпуска представлены на рис. 3. Патрубок с U-образным расположением (а) в месте входа в общую трубу вызывает незначительное завихрение позади основного потока. Скорость течения среды в нем ниже, чем в патрубке с S-образным (б) расположением. Различие в скорости потока изменяет работу выталкивания поршня, которая увеличивается пропорционально средней скорости потока в канале. Таким образом, ориентация выпускного патрубка влияет на величину работы выталкивания поршня.



а



б

Рис. 3. Результаты численного моделирования течения газа
через выпускные патрубки

Как видно из рис. 3, развитие вихря в патрубке с S-образным (б) расположением позади основного потока происходит более интенсивно и имеет устойчивый характер. Вихрь продолжает свое существование по инерции и после закрытия выпускного клапана, тем самым создает сопротивление выхлопу из цилиндров, расположенных позади моделируемого. «Долгоживущий» вихрь может быть причиной аэродинамических потерь выпускного коллектора. В месте входа выпускного патрубка в общую трубу отработанные газы разделяются. Одна (большая) часть потока движется в сторону турбины, а вторая (меньшая) часть начинает завихряться позади потока и

образовывать так называемую вихревую пробку, препятствующую проходу выпускных газов из соседнего цилиндра.

Для устранения причин, вызывающих образование вихревой пробки, в месте входа патрубка в общую трубу установлен направляющий козырек. Процедура численного моделирования на выпуске с установленным козырьком была аналогична вышеописанной. На рис. 4 продемонстрированы результаты численного моделирования.

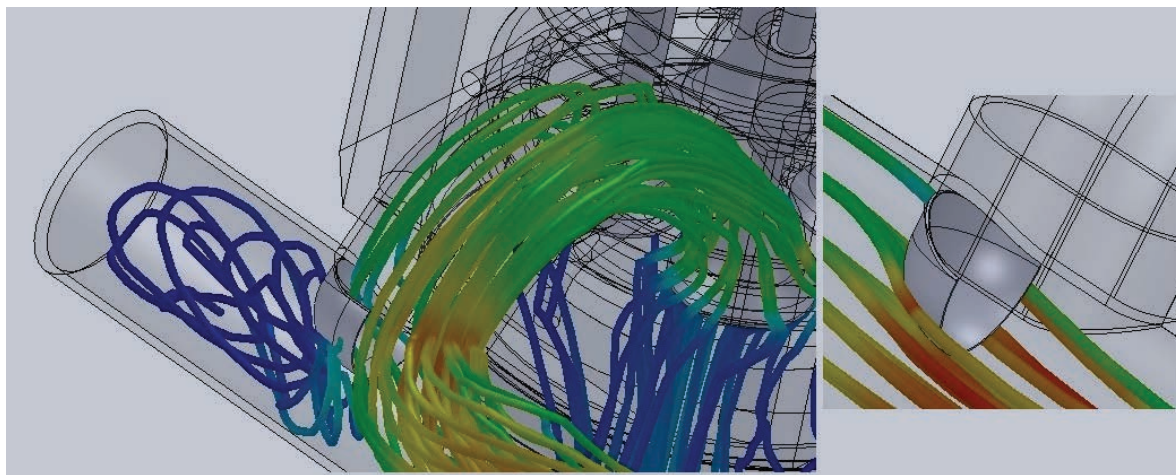


Рис. 4. Результаты численного моделирования обтекания газа направляющего козырька

Как видно из рис. 4, разделения потока в направляющем козырьке не происходит. Поток приобретает четко выраженное направление в сторону турбины при слабовыраженном завихрении позади козырька. Численное моделирование процесса продувки самого козырька горячими газами задних цилиндров (рис. 4 справа) не выявило образования заметных аэродинамических вихрей в месте его установки.

Выводы

Численное трехмерное моделирование газодинамики системы газообмена на такте впуска и выпуска судового дизеля 12ЧН26/26 позволило установить следующее:

- 1) при начале движения и до середины хода поршня обнаружена зона разрежения, находящаяся за тарелкой впускного клапана. Эта зона увеличивает долю насосных потерь;
- 2) начиная с середины хода поршня (90° поворота коленчатого вала после ВМТ), обнаружено начало формирования поперечного вихря, который снижает образовавшееся разрежение за тарелкой впускного клапана и выравнивает давление по всему объему рабочего цилиндра при движении поршня к НМТ;
- 3) наибольшая плотность линии тока воздуха на впуске наблюдается на стенках цилиндра, а не в центре цилиндра, причем на противоположной стенке цилиндра, прилегающей к стороне выпускных клапанов, плотность линий больше;
- 4) по мере движения поршня к НМТ плотность линий тока выравнивается по всему объему цилиндра;
- 5) обнаружено влияние ориентации расположения выпускного патрубка на такте выталкивания на процесс вихреобразования в месте входа в общую выхлопную трубу и работу выталкивания поршня;
- 6) установка направляющего козырька устраняет разделение газового потока и снижает процесс вихреобразования в выпускном трубопроводе.

Список литературы

1. Тюнин А. В. Разработка методики численного моделирования течения газа в полости впускного канала двигателя внутреннего сгорания: дис. ... канд. техн. наук / А. В. Тюнин. — Барнаул, 2010.
2. Ганин Н. Б. Поэлементное совершенствование выпускных систем дизелей с наддувом: дис. ... канд. техн. наук / Н. Б. Ганин; ЦНИДИ. — Л., 1985.

УДК 621.313.12

А. П. Баранов,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. Е. Егоров,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО БЕСЩЕТОЧНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

MATHEMATICAL MODEL OF HIGH-VOLTAGE BRUSHLESS SYNCHRONOUS GENERATOR

Предложены математические модели явнополюсного высоковольтного синхронного генератора и его бесщеточной системы возбуждения во вращающихся координатах.

The mathematical models of salient-pole high-voltage synchronous generator with brushless excitation system in d, q axis are presented.

Ключевые слова: математическая модель, бесщеточный синхронный генератор, бесщеточная система возбуждения.

Key words: mathematical model, brushless synchronous generator, brushless excitation system.

В СОВРЕМЕННЫХ единых высоковольтных судовых автоматизированных электроэнергетических системах (ЕВСАЭЭС) с комплексами Azipod, например на танкерах ледового класса типа «Михаил Ульянов» с системой динамического позиционирования судна, используются бесщеточные синхронные генераторы высокого напряжения (6.6 кВ) с дизельным приводом. В этом синхронном генераторе (СГ) в качестве возбудителя используется обращенная синхронная машина с трехфазной обмоткой на роторе и обмоткой возбуждения на статоре. Напряжение трехфазной обмотки выпрямляется вращающимся диодным выпрямителем и подается к обмотке возбуждения СГ.

Для регулирования напряжения возбуждения используется электронный импульсный регулятор постоянного напряжения, который преобразует постоянное напряжение источника питания в регулируемое напряжение обмотки возбуждения синхронного возбудителя. В таких преобразователях используются силовые полупроводниковые управляемые ключи IGBT-транзисторы, а регулирование напряжения в них происходит за счет широтно-импульсной модуляции напряжения источника питания.

Математическая модель СГ в осях d и q в относительных единицах может быть описана системой уравнений [1, с. 29]:

$$\left. \begin{aligned} u_d &= -ri_d + p\psi_d + (1+s)\psi_q; \\ u_q &= -ri_q - p\psi_q + (1+s)\psi_d; \\ u_f &= i_f + T_{d0}p\psi_f; \\ 0 &= i_D + T_D p\psi_D; \\ 0 &= i_Q + T_Q p\psi_Q; \\ m_e &= m_\Sigma + T_J ps; \\ \psi_d &= -x_d i_d + i_f + i_D; \\ \psi_q &= x_q i_q + i_Q; \\ \psi_f &= -\frac{x_{ad}^2}{x_f} i_d + i_f + \frac{x_{ad}}{x_f} i_D; \\ \psi_D &= -\frac{x_{ad}^2}{x_{rd}} i_d + \frac{x_{ad}}{x_{rd}} i_f + i_D; \\ \psi_Q &= \frac{x_{aq}^2}{x_{rq}} i_q + i_Q, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где u_d, u_q — напряжения контуров статора; i_d, i_q — ток в обмотках статора; ψ_d, ψ_q — потокосцепления статорных обмоток; i_f, ψ_f — ток и потокосцепление обмотки возбуждения; i_D, i_Q — токи в демпферных обмотках; ψ_D, ψ_Q — потокосцепления демпферных обмоток; $s = \frac{\omega_r - \omega_s}{\omega_s}$ — скольжение ротора машины относительно синхронной скорости; $m_\Sigma = \psi_d i_q - \psi_q i_d$ — электромагнитный момент машины; $p = d/dt$ — символ дифференцирования при аргументе t ; r — активное сопротивление обмотки статора; T_{d0}, T_D, T_Q — постоянные времени цепи возбуждения и демпферных обмоток по продольной и поперечной осям; $T_J = \frac{\omega_s^3 J}{P_\Sigma} = \frac{\omega_s^2 J}{M_\Sigma}$ — инерционная постоянная агрегата; x_d, x_q — синхронные реактивности статора по продольной и поперечной осям; x_{ad}, x_{aq} — реактивности самоиндукции статора по продольной и поперечной осям; x_{rd}, x_{rq} — полные реактивности демпферных обмоток по продольной и поперечной осям.

Для перевода величин из относительных единиц в физические необходимо умножить их на базисные величины.

Для статорной цепи СГ в качестве базисных величин принимаются величины: амплитуды номинальных статорных напряжения и тока: $U_\Sigma = U_{\text{фн}} \sqrt{2}$, $I_\Sigma = I_n \sqrt{2}$; потокосцепление $\Psi_\Sigma = U_\Sigma / \omega_\Sigma$, где $\omega_\Sigma = \omega_s = 2\pi f_\Sigma$ — синхронная угловая скорость вращения ротора (при $f_\Sigma = 50$ Гц, $\omega_\Sigma = 314,16$ рад/с); сопротивление $Z_\Sigma = U_\Sigma / I_\Sigma$; полная мощность $S_\Sigma = \frac{3}{2} U_\Sigma I_\Sigma$; вращающий момент, соответствующий активной мощности $P_\Sigma = S_\Sigma$ при синхронной угловой скорости ω_s , $M_\Sigma = \frac{P_\Sigma}{\omega_\Sigma}$.

Для обмотки возбуждения СГ принимаются следующие базисные величины:

$$I_{f\Sigma} = \frac{U_\Sigma}{\omega_\Sigma M_{f\Sigma}}; U_{f\Sigma} = I_{f\Sigma} R_f; \Psi_{f\Sigma} = L_f I_{f\Sigma}.$$

Для продольного демпфирующего контура:

$$I_{D\Sigma} = \frac{U_\Sigma}{\omega_\Sigma M_{aD}}; U_{D\Sigma} = I_{D\Sigma} R_D; \Psi_{D\Sigma} = L_D I_{D\Sigma}.$$

Для поперечного демпфирующего контура:

$$I_{Q6} = \frac{U_6}{\omega_6 M_{aQ}}; U_{Q6} = I_{Q6} R_Q; \Psi_{Q6} = L_Q I_{Q6}.$$

В уравнениях (1) учтены все существенные электромагнитные и электромеханические процессы в синхронной машине и демпферной обмотке. В зависимости от конкретных особенностей поставленной задачи уравнения (1) могут быть заметно упрощены в той или иной их части без существенного ущерба искомому решению.

Что касается уравнений всех средств автоматизации СГ (системы автоматического регулирования напряжения и частоты вращения ротора СГ, системы распределения активных и реактивных нагрузок, системы автоматической синхронизации и других средств автоматизации, имеющих непосредственную связь с синхронной машиной), то их уравнения должны быть преобразованы таким образом, чтобы входные и выходные переменные токи и напряжения представлялись соответствующими составляющими изображающих векторов по осям d и q в относительных единицах.

Переходя к математической модели, описывающей бесщеточный возбудитель во вращающихся координатах, необходимо отметить, что так как машина является обращенной, то ее оси вращения связаны со статором, а не с ротором, как в традиционных моделях. Так как координатные оси возбудителя отличаются и не связаны с осями СГ, введем для них дополнительные обозначения d_1, q_1 . Таким образом, уравнения синхронного возбудителя в относительных единицах примут вид:

$$\left. \begin{aligned} u_{d_1} &= -ri_{d_1} + p\Psi_{d_1} + (1+s)\Psi_{q_1}; \\ u_{q_1} &= -ri_{q_1} - p\Psi_{q_1} + (1+s)\Psi_{d_1}; \\ u_f &= i_f + T_{d0}p\Psi_f; \\ \Psi_{d_1} &= -x_{d_1}i_{d_1} + i_f; \\ \Psi_{q_1} &= x_{q_1}i_{q_1}; \\ \Psi_f &= -\frac{x_{ad_1}^2}{x_f}i_{d_1} + i_f, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$u_{d_1}, u_{q_1}, u_f, i_{d_1}, i_{q_1}, i_f, \Psi_{d_1}, \Psi_{q_1}, \Psi_f$ — напряжения, токи и потокосцепления по продольной и поперечной осям якоря и обмотки возбуждения возбудителя соответственно; p — оператор дифференцирования; s — скольжение ротора машины относительно синхронной скорости; T_{d0} — постоянная времени цепи возбуждения; r, x_{d_1}, x_{q_1}, x_f — активные и реактивные сопротивления обмоток; x_{ad_1} — реактивность самоиндукции якоря по продольной оси.

При приближенных исследованиях переходных процессов синхронных машин полные уравнения можно упростить за счет исключения трансформаторных ЭДС в контурах статора. При одновременном отбрасывании $p\Psi_{d_1}, p\Psi_{q_1}$ и $s\Psi_{d_1}, s\Psi_{q_1}$ погрешности в значительной степени взаимно компенсируются. Дальнейшее упрощение возможно за счет отказа от учета активных сопротивлений якоря машины ($r = 0$), в этом случае уравнения возбудителя будут иметь более простой вид:

$$\left. \begin{aligned} u_{d_1} &= \Psi_{q_1}; \\ u_{q_1} &= \Psi_{d_1}; \\ u_f &= i_f + T_{d0}p\Psi_f; \\ \Psi_{d_1} &= -x_{d_1}i_{d_1} + i_f; \\ \Psi_{q_1} &= x_{q_1}i_{q_1}; \\ \Psi_f &= -\frac{x_{ad_1}^2}{x_f}i_{d_1} + i_f. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Кроме того, необходимо учесть связь обмотки якоря возбуждателя (ОЯВ) и обмотки возбуждения (ОВ) самой машины через вращающийся выпрямитель (ВВ). Для этого можно заменить реальную нагрузку ОЯВ в виде ОВ и ВВ некоторым эквивалентным активным сопротивлением R_{Σ} [2, с. 118].

Тогда

$$\left. \begin{aligned} U_{\text{возб}} &= k_u \sqrt{(u_{d1})^2 + (u_{q1})^2}; i_{\text{возб}} = k_i \sqrt{(i_{d1})^2 + (i_{q1})^2}; \\ u_{d1} &= i_{d1} R_{\Sigma}; u_{q1} = i_{q1} R_{\Sigma}; R_{\Sigma} = R_{\text{возб}} k_u / k_i, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где коэффициенты преобразования напряжения k_u и тока k_i зависят от структуры вращающегося выпрямителя и параметров обмотки возбуждения машины.

Предложенная модель бесщеточного синхронного генератора может использоваться при компьютерном моделировании ЕВСАЭЭС с комплексами Azipod для перспективных судов.

Список литературы

1. Баранов А. П. Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации: учебник для вузов / А. П. Баранов, М. М. Раимов. — СПб.: ЭЛМОР, 1997. — 232 с.
2. Бут Д. А. Бесконтактные электрические машины / Д. А. Бут. — М.: Высш. шк., 1990. — 417 с.

УДК 621.873.019.3

Е. Н. Андрианов,
канд. техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. Н. Иванов,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ ВРАЩЕНИЯ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

FEATURES OF DESIGNING AND CALCULATION OF MECHANISMS OF ROTATION OF PORTAL CRANES

В статье анализируются вопросы повышения конструктивной надежности и расчета механизмов вращения, которые следует учитывать при проектировании новых порталных кранов в условиях современного состояния инженерной подготовки и отечественного производства.

The article is devoted to technical analysis of the efficient ways for increasing constructing reliability and revolving mechanism calculation. These efficient ways are needed to take into consideration portal crane projects in modern engineering training and domestic manufacture.

Ключевые слова: кран, конструкция, механизм, опорно-поворотное устройство, эксплуатационные нагрузки.

Key words: crane, construction, mechanism, supporting and turning arrangement, service loads.

МЕХАНИЗМ вращения (поворота) является одним из основных механизмов, обеспечивающих надежность машины в целом. Его поломка приводит к значительным экономическим потерям, связанных с ремонтом и простоем в работе крана. Сложность ремонта определяется значительной трудоемкостью при замене опорно-поворотного устройства катков, упорных подшипников, валов, цевок и зубчатых колес [7, с. 49–53].

В статье обращается внимание инженерно-технического персонала на необходимость при создании собственных схем и конструкций механизмов вращения порталных кранов опираться на опыт выполненных конструкций, эксплуатации и смежных отраслей машиностроения; более полно использовать накопленные средства кинематического, конструктивно-технологического и геометрического анализа и синтеза подобных механизмов.

1. О передаточном отношении открытой зубчатой пары

Вопрос определения передаточного отношения открытой зубчатой пары возникает, во-первых, из-за характера движения шестерни: она вращается и вокруг собственной оси, и обегает неподвижный зубчатый венец неповоротной части вокруг оси вращения крана, увлекая за собой его поворотную часть; во-вторых, из-за наличия ошибочной рекомендации по определению передаточного числа открытой зубчатой пары, приведенной в работе [1, с. 84].

Покажем, что планетарный характер движения обегавшей шестерни открытой пары меняет только знак передаточного отношения; числовое же значение передаточного отношения при этом не меняется и его следует определять по формуле зубчатой передачи с неподвижными осями валов.

При буквенном обозначении передаточного отношения i , связывающего относительные угловые скорости двух звеньев, проставляются три индекса: два внизу, соответствующие обозначениям этих звеньев (первый из них относится к звену, частота вращения которого находится в числителе, и один сверху, соответствующий звену, относительно которого взяты частоты вращения). Открытая зубчатая пара служит примером простейшего планетарного механизма, показанного на рис. 1, *а* и состоящего из двух сцепляющихся зубчатых колес a – g . При этом колесо a неподвижно, а колесо g совершает плоскопараллельное движение. Буквой h обозначена поворотная платформа, в которой установлено подвижное зубчатое колесо. Обозначим частоту вращения звеньев символом n с индексом внизу, соответствующему обозначению этих звеньев.

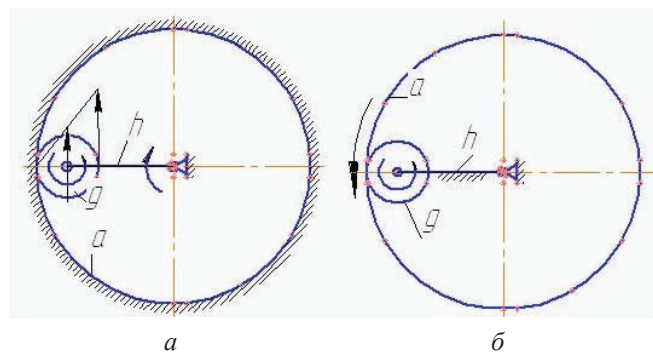


Рис. 1. Схемы передач:
а — планетарный; *б* — рядовой

Из формулы Виллиса следует

$$i_{ga}^h = \frac{n_g - n_h}{n_a - n_h} = \frac{n_{sat}}{-n_h} = -i_{gh}^a,$$

так как в механизме вращения $n_a = 0$, а заданной является относительная n_{sat} (а не абсолютная n_g , как это принято в работе [1]), частота вращения зубчатого колеса g .

Поэтому справедливо равенство

$$i_{gh}^a = -i_{ga}^h,$$

то есть планетарный характер движения обегавшей шестерни открытой пары меняет только знак передаточного отношения: во внешнем зацеплении шестерня g и платформа h вращаются в одном направлении, а при внутреннем зацеплении они вращаются в противоположных направлениях (рис. 1). Числовое же значение передаточного отношения при этом не меняется и его следует определять по формуле зубчатой передачи с неподвижными осями валов (рис. 1, б):

$$|i_{gh}^a| = u = \frac{Z_2}{Z_1},$$

где Z_2 — число зубьев колеса a ; Z_1 — число зубьев обегавшей шестерни g .

2. О конструкции закрепления вертикального вала с односторонней опорой шестерни

В портальных кранах вращение поворотной части обычно осуществляется от электродвигателя через редуктор и открытую зубчатую передачу с консольной шестерней. Причем применяемые схемы привода механизма вращения портальных кранов практически не зависят от способа опирания поворотной части крана, будь это *рельсовое кольцо* с цевочным или эвольвентным зацеплением или *нижнее кольцо* шарикового или роликового опорно-поворотного устройства (ОПУ) с эвольвентным наружным или внутренним зацеплением [2, с. 174]. Заметим, что опорно-поворотные устройства постепенно вытесняют рельсовые кольца, а центральный механизм вращения, который был предложен в работе [3, с. 102] применительно к башенному крану КБ-160, из-за особого строения верхней части не нашел применения в механизмах вращения портальных кранов.

Рассматривается наиболее распространенное решение, когда привод механизма вращения устанавливается на поворотной платформе. В этом случае передача вращения от выходного вала редуктора к консольной обегавшей шестерне, которая входит в зацепление с зубчатым венцом открытой пары, осуществляется через длинный вертикальный вал.

Консольное расположение шестерни во многом определяет невысокую надежность открытой зубчатой пары вследствие неблагоприятного распределения нагрузки по ширине зубчатого венца. При наличии односторонней (подвижной) опоры приводных зубчатых колес условия зацепления ухудшаются прежде всего из-за изгиба приводного вала и имеющегося допуска ОПУ кранов с опорно-поворотным кругом. На этом основании условия зацепления в открытой паре ОПУ несравнимы с условиями работы закрытых передач. Поэтому во всех приводах, учитывая наличие значительных боковых усилий, необходима правильная установка вертикального вала механизма вращения. Основным требованием, предъявляемым к установке, является создание надежного закрепления вала привода в поворотной платформе. Следует обратить внимание на применение съемной шестерни на способ центрирования шестерни на валу. При этом можно выделить две основные компоновочные схемы.

1. Навесной цилиндрический редуктор (рис. 2) с полым валом вместе с приводным двигателем расположен над поворотной платформой и закреплен на вертикальном валу. От разворота редуктор фиксируется моментным рычагом. Передача вращающего момента на поворотную платформу осуществляется через этот вертикальный вал. В том случае, когда передача движения осуществляется от электродвигателя с горизонтальным валом, в приводе применяют редуктор с конической быстроходной ступенью. *Использование конических зубчатых колес в открытой паре является ошибочным решением* [4].

В рассматриваемой компоновочной схеме *оба подшипника вала установлены в трубчатом стакане*. Стакан установлен в цилиндрических посадочных гнездах в верхнем и нижнем листах поворотной платформы и связан с верхним листом платформы резьбовым фланцевым соединением.

ем. Данное решение позволяет обеспечить соосность опор вала обработкой обеих отверстий опор в одну операцию.

Конструкция механизма поворота 5-тонного крана завода «ПТО им. Кирова» отличается от конструкции, представленной на рис. 2, жестким соединением трубчатого стакана непосредственно с корпусом редуктора и фланцевым креплением редуктора с платформой. Поэтому верхний подшипник вала установлен в редукторе, а нижний — в трубчатом стакане. Стакан также смонтирован в цилиндрических посадочных гнездах в верхнем и нижнем листах поворотной платформы. В настоящее время в новых машинах эту конструкцию практически не применяют, так как предпочтение отдается схеме привода на рис. 2.

2. В конструкции по второй компоновочной схеме трубчатый стакан отсутствует (рис. 3). Нижний фланцевый подшипник вертикального вала в данной конструкции установлен в нижнем листе поворотной платформы, а верхний подшипник — в верхнем листе поворотной платформы, то есть подшипники установлены раздельно друг от друга. Соединение этих двух частей произведено их монтированием на общей несущей металлоконструкции поворотной платформы, установленной в данной конструкции на ОПУ (рис. 3) с внутренним зацеплением.

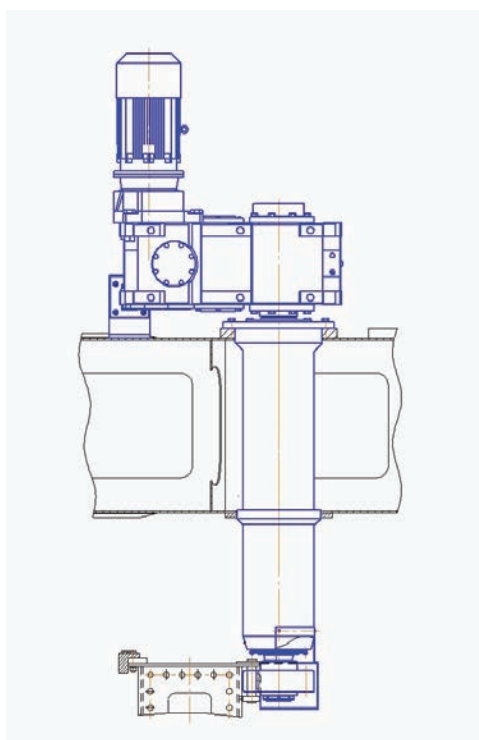


Рис. 2. Механизм поворота монтажного портального крана на цилиндрических посадочных отверстиях

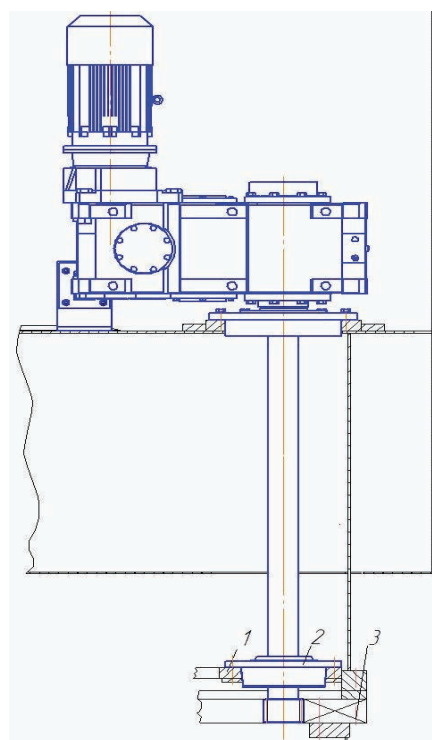


Рис. 3. Механизм поворота с вертикальным валом на подшипниках, установленных в разных местах платформы

Подобная установка этих частей требует их точного совместного центрирования на платформе, которое, по замыслу разработчиков, должно обеспечиваться обработкой обоих отверстий в одну операцию. В технике используются и другие подобные конструкции, в которых верхний подшипник вала установлен в редукторе.

Длительная эксплуатация данных видов конструкций, работающих на цилиндрических посадочных базах в условиях больших знакопеременных нагрузок, выявила недостаточно высокую эффективность подобных конструктивных решений. Чрезвычайно маленький, но постоянно увеличивающийся зазор опоры в связи с износом в рамках нормальной эксплуатации после определенного периода работы крана неизбежно отражается на всей поворотной части и вместе с тем на

зацеплении между шестерней и зубчатым венцом. «Качающаяся» консольная шестерня, входящая в контакт с неподвижным зубчатым венцом ОПУ, приводит к повышенному износу зацепления (выдабливанию). Для повышения надежности в конструкцию цилиндрического посадочного гнезда нижнего листа поворотной платформы в дальнейшем были внесены изменения, исключившие зазор между посадочными поверхностями наиболее нагруженной нижней опоры за счет организации в ней конического соединения. Такое соединение, кроме исключения зазора в начальный период работы, позволяет в процессе длительной эксплуатации (в случае необходимости) произвести подрегулировку соединения.

Фирма «KONE» изготавливает нижний фланцевый подшипник, корпус 2 которого имеет форму конуса (рис. 4). Это позволяет с помощью крепежных болтов обеспечить силовую затяжку соединения, исключив тем самым его подвижность и ту составляющую износа, которая вызвана подвижностью соединения. Восстановление работоспособного состояния конструкции соединения по рис. 4 может быть произведено разрушением целостности сварных швов детали 1, последующей заменой детали 1 на новую деталь с восстановлением сварного соединения.

Конструкторы завода «ПТО им. Кирова» предложили коническое соединение, в котором в расточку нижнего листа платформы установлена разрезная закрепительная втулка 1 (рис. 5). С помощью крепежных болтов через фланец 2 обеспечивается силовая затяжка соединения, исключая тем самым его подвижность и ту составляющую износа, которая вызвана этой подвижностью. Эта конструкция допускает производить разборку соединения без нарушения целостности составных частей изделия и в случае необходимости замену втулки 1.

Таким образом, установка нижней опоры вертикального вала механизма поворота на цилиндрических посадочных отверстиях признана неудачным решением.

Дополнительно для выравнивания распределения нагрузки по ширине зубчатого венца предусматривают достаточную жесткость вала (вал–шестерня), а также предпочитают установку роликовых подшипников с минимальными зазорами (выбирают повышенный класс точности) подбором верхнего и нижнего подшипника с равными радиальными зазорами.

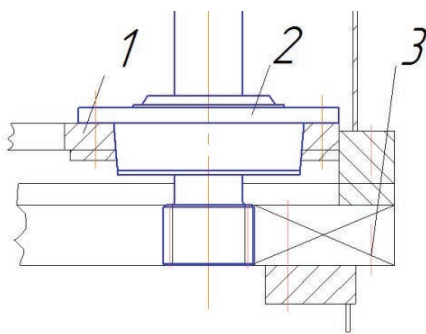


Рис. 4. Соединение с коническим отверстием в плите 1

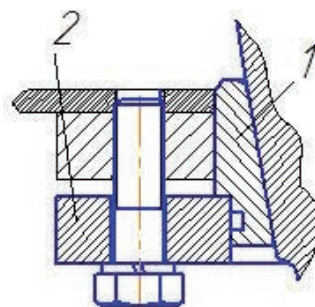


Рис. 5. Соединение на конической втулке 1

Заслуживают внимания конструкции механизмов вращения, позволяющие уменьшить объем монтажного пространства, занимаемого приводом на поворотной платформе. Этого можно добиться, используя в приводе соосные зубчатые передачи, как планетарные, так и свернутые рядовые передачи. Данные конструкции, кроме того, исключают наличие длинного вертикального вала, а также необходимость центрирования его опор, так как привод монтируется внутри поворотной платформы. Это, в свою очередь, снижает трудоемкость изготовления механизма, облегчается монтаж и обслуживание привода. Дополнительно к сказанному, подобный механизм может содержать две приводные шестерни при одном двигателе, которые вращаются с равными скоростями в одном направлении. Равенство вращающих моментов на обеих приводных шестернях поддерживает специальная синхронизирующая ступень, которая создает условия для повышения

надежности дорогостоящего крупногабаритного круга ОПУ. Однако во избежание излишнего увеличения объема статьи данные конструкции здесь не рассматриваются.

3. О способе центрирования съемной шестерни на вертикальном валу

В тяжело нагруженных шлицевых неподвижных соединениях механизмов вращения, воспринимающих, кроме радиальной нагрузки, изгибающие моменты, в случае применения шестерни съемной конструкции для центрирования деталей следует использовать *вспомогательные цилиндрические поверхности*. Размеры вспомогательных центрирующих элементов должны выбираться таким образом, чтобы контактные давления на них были одинаковыми и не превышали допустимых значений для заданных условий работы соединения. Посадка деталей по центрирующим поверхностям должна быть плотной, что исключит возможность чрезмерного изнашивания как зубьев, так и центрирующих элементов.

4. О геометрии открытой пары механизма вращения с опорно-поворотным кругом (ОПК)

В новых разработках механизмов вращения порталных кранов широко применяются опорно-поворотные круги компаний “PSL” (Словакия), “Rote-Erde” как с внешним, так и внутренним прямым зубным зацеплением *с заданными параметрами колеса ОПК*. В этом случае, при известных параметрах колеса, для того чтобы предотвратить неполадки в зацеплении, можно управлять только выбором параметров шестерни.

1) ОПК с наружным зацеплением нашли широкое применение у российских производителей.

Изготовителем ОПК определены параметры исходного контура ($h_a^* = 1$, $\alpha = 20^\circ$, $c^* = 0,25$, ...), число зубьев колеса Z_2 , модуль m , смещение исходного контура $x_2 \times m$, из которого определяется коэффициент смещения x_2 (последний назначается изготовителем, как правило, равным 0,5), диаметр вершин d_{a2} .

Поскольку диаметр вершин определен формулой

$$d_{a2} = m(Z_2 + 2h_a^* + 2x_2 + 2k_2),$$

то коэффициент укорочения k_2 (если он не указан в исходных данных), в частности, может быть вычислен с помощью формулы

$$k_2 = 0,5 \left(\frac{d_{a2}}{m} - Z_2 - 2h_a^* - 2x_2 \right).$$

Например, для ОПУ фирмы “PSL” (черт. 9E-3R45-2193-1159) $m = 18$ мм; $Z_2 = 138$; $x_2 m = 9$ мм, значит, $x_2 = 0,5$; $d_{a2} = 2534,4$ мм и поэтому коэффициент укорочения

$$k_2 = 0,5 \left(\frac{2534,4}{18} - 138 - 2 \cdot 0,5 \right) = -1,$$

то есть зубья колеса ОПК выполнены укороченными. Это сделано, как правило, во всех разновидностях ОПК. В свою очередь шестерня может выполняться как с укороченной высотой, например $k_1 = -1$, так и с полной высотой зуба ($k_1 = 0$).

Число зубьев шестерни, обычно $Z_1 = 10...18$, назначают из условия обеспечения требуемого передаточного отношения и технологичности конструкции вала. При выборе коэффициента смещения у шестерни учитывают геометрические показатели качества: условие отсутствия подрезания зубьев, условие обеспечения нормированной толщины зуба на поверхности вершин, устранение неблагоприятных значений коэффициента торцового перекрытия, проверка условия отсутствия интерференции с переходными кривыми. График на рис. 6, построенный по системе расчета, сохраняющей стандартную высоту зуба при любом x_1 , позволяет быстро подобрать коэффициент смещения у шестерни и при этом делает излишней проверку геометрических показателей качества. На графике линия 1 исключает заострение зуба, линия 4 исключает подрезание

зуба шестерни исходной производящей рейкой, линия 2 построена для случая $HB_1 \leq 350$, линия 3 соответствует поверхностному упрочнению зубьев. Точка, лежащая за пределами линий 2–4 (область заштрихована), соответствует, вообще говоря, неприемлемой передаче. В случае применения у шестерни укороченного зуба коэффициент смещения у шестерни может быть выбран с большим значением.

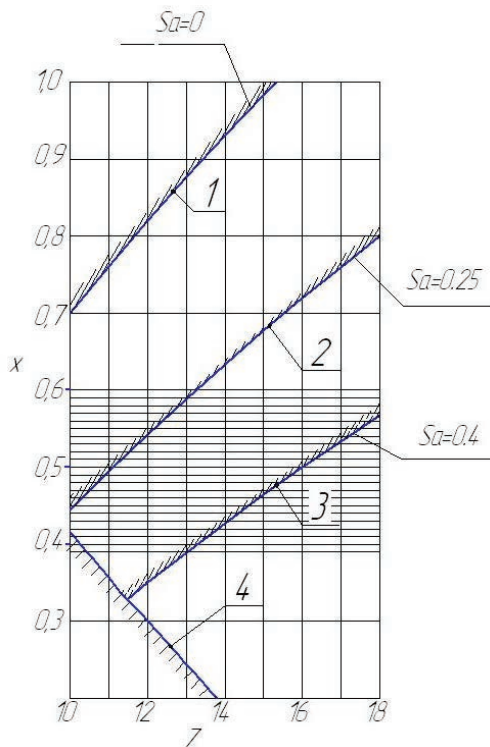


Рис. 6. Предварительный выбор коэффициента смещения у шестерни внешнего зацепления

2) ОПК с внутренним зацеплением нашли применение в основном у европейских производителей крановой техники.

Сначала кратко остановимся на особенностях геометрии внутреннего зацепления безотносительно конструкции ОПК. С этой целью приведем условие, при котором отсутствует интерференция продольной кромки колеса с внутренними зубьями с переходной кривой зуба шестерни. Неравенство, которое приводится ниже [5, с. 102–112], определяет минимальное число зубьев колеса, исключающее указанную неполадку зацепления для случая $x_2 = 0$:

$$Z_2 \geq \frac{2 \cdot h_a^*}{\sin \left(2 \tan^{-1} \left(\frac{k_2 \tan \alpha}{h_a^*} \right) \tan \alpha \right)} + 2(h_a^* - k_2), \quad \forall Z_1$$

Как видим, особенность внутреннего зацепления заключается в том, что при неукороченной головке зубьев колеса $k_2 = 0$ число его зубьев оказывается равным бесконечности, то есть $Z_2 = \infty$. Следовательно, в случае нарезания шестерни реечным инструментом со стандартным исходным контуром внутреннее зацепление без укорочения головки зуба колеса неосуществимо.

Для устранения интерференции зубья колеса укорачивают, и расчетная формула для диаметра вершин может иметь следующий вид (рассмотрен случай, когда коэффициент смещения у колеса равен нулю, и поэтому в формуле $x_2 = 0$):

$$d_{a_2} = m(Z_2 - 2h_a^*) - 2k_2m.$$

Таблица 1

Рекомендуемые значения коэффициента укорочения K_2

Коэффициент укорочения K_2 по формуле авторов статьи в функции числа зубьев колеса Z_2						
Z_2	25	31	41	51	76	131
K_2 не более	-0,321	-0,257	-0,192	-0,153	-0,102	-0,058
Коэффициент укорочения K_2 по работе [6] в функции Z_2						
Z_2	25...30	31...40	41...50	51...75	76...130	131 и более
K_2	-0,35	-0,3	-0,2	-0,15	-0,10	-0,05

Следует отметить, что ГОСТ 19274 также дает рекомендации по укорочению зуба, которые приводят к неоправданному уменьшению высоты зуба и на этом основании здесь не рассматриваются.

Учитывая отсутствие внутреннего зацепления в механизмах вращения кранов, производимых на российском рынке, ниже остановимся на рассмотрении лишь одного примера, который следует иметь в виду при ремонте внутреннего зацепления ОПК. В механизме поворота перегрузочного портального крана «Атлант» используется ОПК со следующими параметрами: число зубьев колеса $Z_2 = 159$, модуль $m = 20$ мм, коэффициент смещения $x_2 = 0$, коэффициент укорочения $k_2 = 0$, диаметр вершин $d_{a2} = 3140$ мм. Действительно, применяя формулу

$$d_{a2} = m(Z_2 - 2h_a^*) - 2x_2m - 2k_2m,$$

находим

$$20 \cdot (159 - 2 \cdot 1) = 20 \cdot 157 = 3140.$$

Поскольку укорочение зуба отсутствует, то в случае поломки зуба шестерни изготовление ее стандартным инструментом реечного типа во избежание поломки зубьев колеса недопустимо. Поэтому исключение заклинивания передачи должно быть учтено в геометрии приводной шестерни (рис. 7).

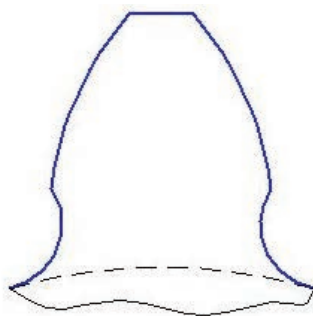


Рис. 7. Профиль зуба с поднутрением для колеса с внутренними зубьями без укорочения (при $k_2 = 0$)

5. О законе распределения эксплуатационных нагрузок и расчете прочности

Портальные краны российского и зарубежного производства по типу опорно-поворотных устройств разделяются на две основные группы: краны на колонне и краны на поворотном круге. при этом краны на поворотном круге выпускаются на колесах, катках и шаровом погоне.

Законы распределения эксплуатационных нагрузок для механизмов вращения грейферных кранов этих групп были получены кафедрой ПТМ ЛИВТа в результате многочисленных натурных испытаний в речных и морских портах и обобщены в относительной системе координат для

проведения расчетов элементов на прочность и выносливость [8, с. 30–34]. Было установлено, что нагрузки механизма вращения хорошо описываются нормальным законом с относительной величиной разброса (СКО) $x_\delta = 0,3$ и математическим ожиданием $\langle x \rangle = 0$.

Относительная величина среднеквадратического отклонения определяется зависимостью

$$x_\delta = \delta_s / S_p,$$

где S_p — максимальная расчетная нагрузка:

$$S_p = 2(S_t + S_c)\delta \frac{J_{пч}}{J_{пч} + J_m} - S_c,$$

где δ_s — среднеквадратическое отклонение нагрузки;

S_t — усилие, вызванное тормозным моментом;

S_c — усилие, вызванное моментом статических сопротивлений;

δ — коэффициент затухания упругих колебаний;

J_m — момент инерции двигателя;

$J_{пч}$ — момент инерции поворотной части.

Изучение изломов валов и мест выкрашивания зубьев передач свидетельствует о том, что основной причиной отказов является потеря циклической прочности. Поэтому дальнейшие расчеты надежности и долговечности элементов механизмов вращения следует производить согласно методике, изложенной в работе [8].

Как уже отмечалось выше, значительная часть отказов в механизме поворота на кранах связана с износом катков и разрушением внутренних игольчатых подшипников. Это является следствием неправильного отражения действительной картины нагружения, поскольку принимаемые при расчете многокатковых опор допущения об абсолютной жесткости опорных колец и равенстве диаметров катков приводят к значительному расхождению реального и расчетного характера распределения нагрузок между отдельными катками.

Кафедрой ПТМ ЛИВТа на Невском грузовом районе Ленинградского порта исследовались нагрузки ОПУ крана КПП10-30 [9, с. 54–60]. Нагрузки на катки определялись по усилию, передаваемому на нижний и верхний рельсы. Замеры нагрузок производились при повороте крана на 360° с груженым (линия 1) и пустым (линия 2) грейфером на вылете 15 м. Для этого на рельсы были наклеены тензодатчики, которые фиксировали вертикальную нагрузку в момент прохождения над ними катков (рис. 8).

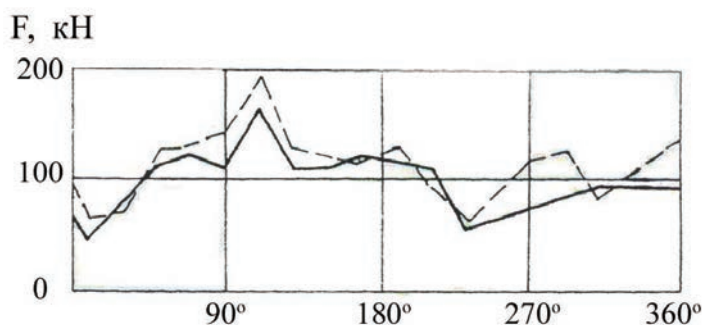


Рис. 8. Изменение нагрузки на верхний рельс ОПУ крана КПП 10-30 при повороте

Из графиков видно, что эта нагрузка имеет значительные колебания: от 66 до 190 кН с груженым и от 45 до 160 кН с пустым грейфером. При этом расчетная нагрузка на каток при повороте груженого крана $F_p = 118$ кН, а с пустым грейфером $F_p = 100$ кН. При работе крана по технологическому варианту «судно–склад» было получено распределение эксплуатационных нагрузок на рельсы опорно-поворотного устройства со следующими параметрами: максимальная нагрузка

$F_{\max} = 255$ кН; математическое ожидание нагрузки $\langle F \rangle = 139$ кН; среднеквадратическое отклонение нагрузки $d_F = 47,7$ кН [9].

Из приведенных данных видно, что средние и максимальные нагрузки превышают расчетные значения и при других условиях эксплуатации (большие вылеты, увеличение неровностей пути) это превышение может оказаться более значительным. Поэтому при расчете контактной прочности катков и подшипников по рекомендуемой методике [8] следует учитывать это обстоятельство.

Частые отказы в механизме вращения кранов «Альбатрос 10-32» и «Сокол 16-32» связаны с появлением трещин на поверхности катания катков. Исследования опорно-поворотного устройства крана «Альбатрос 10-32» проводились кафедрой ПТМ ЛИВТа на Василеостровском районе Ленинградского речного порта [9].

Вертикальные нагрузки от веса поворотной части воспринимает упорный подшипник нижнего узла колонны. Горизонтальные нагрузки опорно-поворотного устройства определялись на всех четырех опорах верхнего узла колонны. Датчики наклеивались на балансиры передних тележек и кронштейны задних колес (рис. 9).

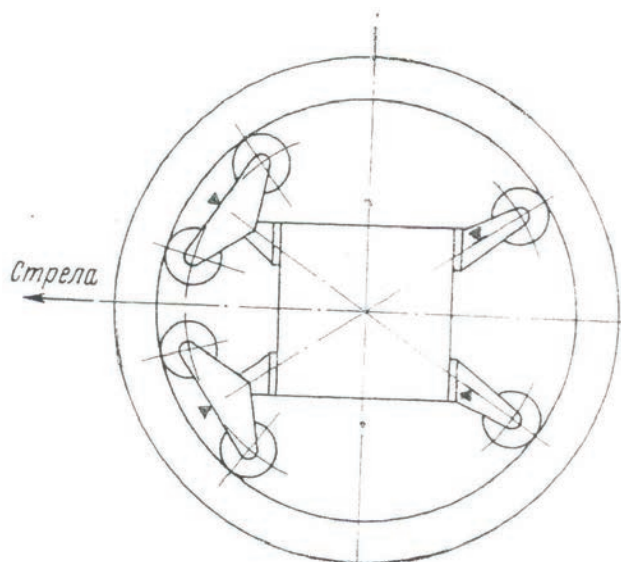


Рис. 9. Схема наклейки датчиков на верхнем опорном узле колонны крана «Альбатрос 10-32»

Эксплуатационные нагрузки в колесах ОПУ замерялись при работе крана по технологическому варианту «склад–судно». В табл. 2 представлены статистические характеристики этих распределений.

Таблица 2

Статистические характеристики эксплуатационных нагрузок на верхние горизонтальные опоры опорно-поворотного устройства крана «Альбатрос 10-32»

Опоры	Математическое ожидание нагрузки, кН	Среднеквадратическое отклонение нагрузки, кН	Максимальная нагрузка, кН
Передние} левая правая	68,2	52,0	325
	49,6	42,5	200
Задние} левая правая	24,5	21,9	130
	38,8	33,0	160

Сопоставление полученных результатов с нагрузками во время программных испытаний показывает их значительное повышение до 325 кН (вместо расчетных 182 кН). Такое повышение

нагрузок объясняется колебанием диаметра кругового рельса вследствие общей деформации портала.

Представленные результаты исследований показывают, что действительные величины нагрузок у обоих типов опорно-поворотных устройств могут значительно отличаться от расчетных. Поэтому при расчете катков (колес) и кругов катания на контактный износ поверхностей необходимо применять методику, учитывающую вероятностный характер распределения эксплуатационных нагрузок грейферных кранов.

Список литературы

1. Казак С. А. Основы проектирования и расчета крановых механизмов / С. А. Казак. — Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1987. — 184 с.
2. Шеффлер М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин: сокращенный перевод с нем. / М. Шеффлер, Г. Пайер, Ф. Курт. — М.: Машиностроение, 1980. — 255 с.: ил.
3. Волков Д. П. Трансмиссии строительных и дорожных машин: справ. пособие / Д. П. Волков, А. Ф. Крайнев. — М.: Машиностроение, 1974. — 424 с.
4. Рачков Е. В. Подъемно-транспортные машины и механизмы / Е. В. Рачков, Ю. В. Силиков. — 2-е изд. — М.: Транспорт, 1989. — 240 с.
5. Андрианов Е. Н. Особенности проектирования приводов грузоподъемных машин / Е. Н. Андрианов, А. Н. Иванов, С. Н. Федотов // Вестник ИНЖЭКОНА. — 2007. — Вып. 6 (19).
6. Ritter R. Zahnrad in der Werkstatt / R. Ritter. — Zurich: SDV Verlag.
7. Семашко Н. В. Надежность механизма поворота портовых порталных кранов / Н. В. Семашко, М. С. Турпищева // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1977. — Вып. 159.
8. Андрианов Е. Н. Определение эквивалентных нагрузок и надежности элементов порталных кранов / Е. Н. Андрианов, В. И. Брауде // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1984.
9. Розовский Н. Я. Эксплуатационные нагрузки в опорно-поворотных устройствах порталных кранов / Н. Я. Розовский, Ю. В. Силиков // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1977.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 379.85:656.6

А. Н. Морозов,

аспирант,

ГУРМФ имени адмирала С. О. Макарова

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ТУРИНДУСТРИИ

ON THE PROBLEMS OF EFFICIENCY OF INFORMATIZATION OF MANAGEMENT OF TRANSPORT STREAMS IN THE TOURIST INDUSTRY

В статье раскрываются вопросы эффективности информационных технологий управления транспортными потоками в туриндустрии. Приводятся понятия информационных технологий управления, а также структурно-логическая схема-алгоритм прогнозирования в туриндустрии.

In the article the problems of efficiency of information technologies of management of transport streams in the tourist industry are revealed. Concepts of information technologies of management and also the structural and logical scheme- algorithm of forecasting in the tourist industry are given.

Ключевые слова: информационные технологии управления, управление транспортными потоками, эффективность, туриндустрия

Key words: information technologies of management, management of transport streams, efficiency, tourist industry.



УРИЗМ занимает особое место в жизни любого общества. Современное производство туристских продуктов невозможно представить обособленным, изолированным, функционирующим и развивающимся вне национальной экономики.

Решение экономических задач всегда тесно связано с выполнением ряда операций по сбору необходимой информации, ее переработке по определенным алгоритмам и предоставлению лицу, принимающему решение. С внедрением средств вычислительной техники появился специальный термин «информационная технология».

Под информационными технологиями управления (ИТУ) подразумевается система методов и приемов сбора, накопления, хранения, поиска и обработки информации на основе применения средств вычислительной техники.

Понятие ИТУ неотделимо от технической и программной среды. Однако уровень квалификации пользователей может быть разным, то есть они могут быть как профессионалами в компьютерной области, так и непрофессионалами.

Цель применения ИТУ заключается в повышении эффективности всех видов ресурсов: трудовых, материальных, финансовых и др.

Туристская индустрия идеально приспособлена для внедрения компьютерных технологий. Для нее требуются системы, в кратчайшие сроки предоставляющие сведения о доступности транспортных средств и возможностях номерного фонда гостиниц, обеспечивающие быстрое резервирование и внесение корректив, а также автоматизацию решения вспомогательных задач при предоставлении туристских услуг: формирование таких документов, как билеты, счета, путеводители, обеспечение справочной информацией и т. д. [1, с. 7].

Эффективное использование ИТУ для решения задач, возникающих при прогнозировании эффективности логистической системы в туристской индустрии, основано главным образом, на ряде допущений, упрощающих представления о моделируемом с их помощью реальном процессе эффектообразования [2, с. 75].

В основе методики лежит прогнозная экстраполяция — метод прогнозирования, исходящий из предположения, что между количественными оценками функциональных элементов логистической системы в туризме и их характеристиками, а также основными факторами, характеризующими отдельные периоды механизма образования эффективности логистической системы в туристской индустрии и внешней среды, существуют количественные связи. Задача состоит в том, чтобы вскрыть эти связи, отобрать из множества факторов главные, локализовать связи, не поддающиеся количественной оценке и связать всю совокупность определяющих факторов математической моделью.

Сущность прогнозирования по экономико-математическим моделям эффективности заключается в том, что по статистическим зависимостям, отражающим влияние на эффективность логистической системы в туристской индустрии, определяются вероятные изменения, когда факторы принимают новые значения, отличные от тех, которые наблюдались в исходной статистической совокупности [3, с. 183].

В методическом отношении моделирование эффективности логистической системы в туристской отрасли должно начинаться с разделения общего процесса эффектообразования на отдельные фрагменты, выяснения состава влияющих факторов и установления количественных показателей, отражающих влияние факторов на эффективность.

Поэтому построение экономико-математической модели процесса прогнозирования эффективности логистической системы в туристской индустрии следует проводить по следующей схеме (рис. 1).

Этим, по-существу, и предопределяется структура и логика построения самой модели. Всю последовательность событий, представленных на блок-схеме моделирования определения цен, можно разбить на ряд самостоятельных этапов: логического моделирования (блоки 1–2), формирования массива исходной информации (блок 3), логико-статистического анализа или отбора влияющих (ценообразующих) факторов (блоки 4, 5), математического моделирования (блок 6), прогнозирования (блок 7) и верификации (блок 8).

Пояснение к блокам 1 и 2

Первый этап предусматривает проведение предварительных исследований, направленных на выяснение возможных состояний объекта прогнозирования, периодов основания, упреждения прогноза и прогнозного фона. Здесь строится логическая схема, позволяющая составить общее представление о механизме образования эффективности логистической системы в туристской индустрии под влиянием процессов развития (например, государственной, предпринимательской, региональной, мировой экономики).

Логическое моделирование состояний объекта прогнозирования (блок 1.1) выполняется в следующей последовательности: устанавливаются сферы туристского предпринимательства, которые включают объекты прогнозирования эффективности логистической системы в туристской индустрии; вырабатываются прототипы логистической системы в туризме и ее элементов, тождественные по своему назначению и выполняемым функциям; проводится внутривидовая декомпозиция логистической системы в туристской отрасли — строится модель внутренней структуры параметрического диапазона, присущего туристской сфере предпринимательства; устанавливается параметрический ряд прототипов логистической системы в туризме или их элементов; устанавливаются основные (укрупненно) конструктивно-технологические и функциональные характеристики элементов логистической системы в туристской индустрии — условных представителей, их внутренние и внешние связи; строится модель объекта прогнозирования, отражающая его конструктивно-технологическую структуру, структуру необходимых затрат (себестоимости) и экзогенных эффектообразующих факторов.

Логическое моделирование состояния внешней среды (блок 1.2) предусматривает: установление источников (факторов) и природы внешних воздействий; установление характеристик (в частности, размерность) состояния источников и их количественную оценку; построение модели (например, динамической), отражающей связи внешней среды с характеристиками (параметрами) процессов развития.

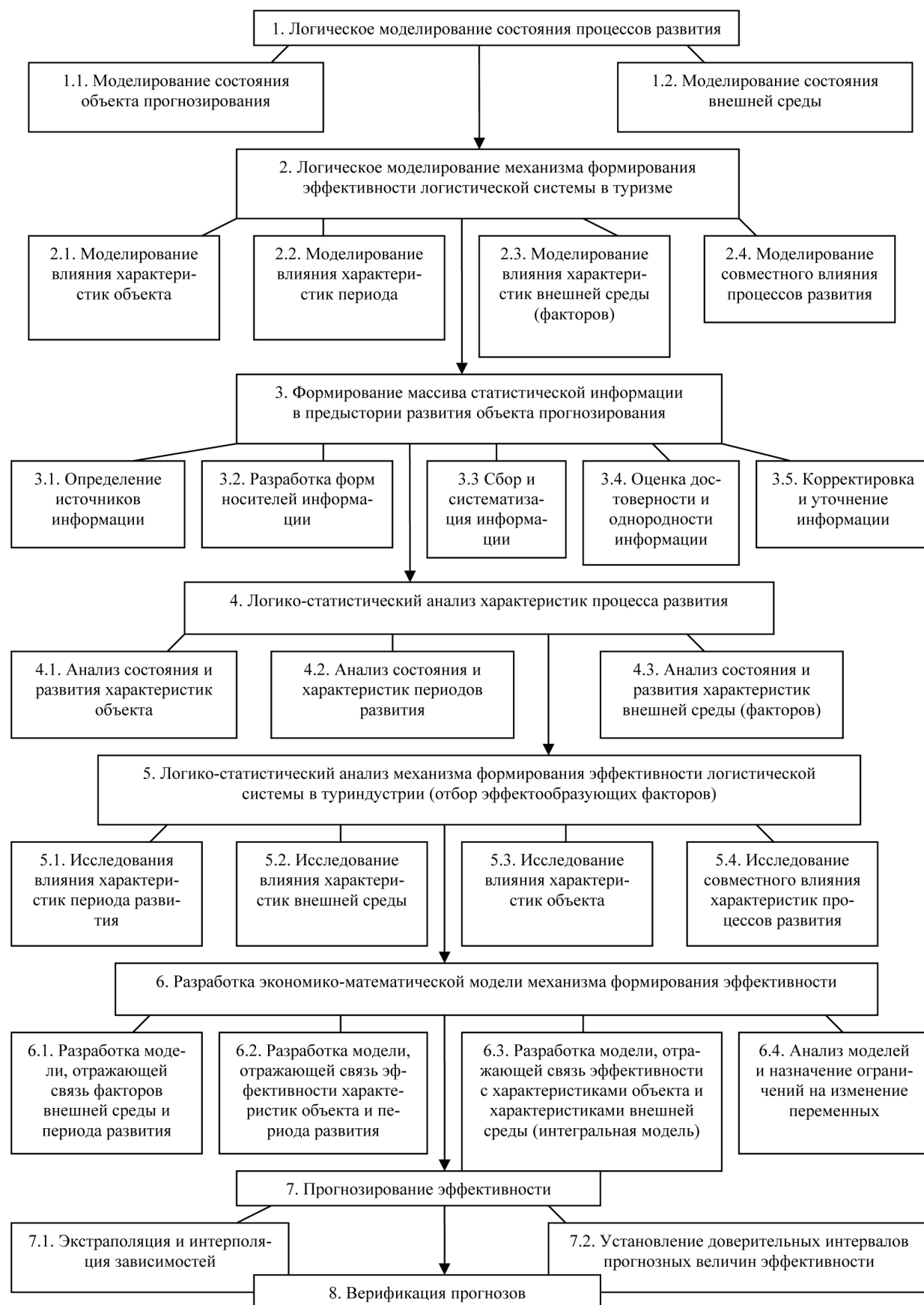


Рис. 1. Структурно-логическая схема-алгоритм прогнозирования в туриндустрии

Такие задачи решаются отдельно для объектов прогнозирования и периодов основания и упреждения прогнозов.

Последней стадией логического моделирования является построение гипотетической модели механизма эффективности логистической модели в туриндустрии в каждом периоде (блок 2). Здесь строятся предварительные изолированные модели (блоки 2.1–2.3), каждая из которых отражает выявленное на предыдущих стадиях влияние на механизм образования эффективности логистической системы в туриндустрии, периоды основания и упреждения и эффектообразующие факторы.

Объединением этих моделей получают логическую интегральную модель механизма образования эффективности (блок 2.4).

Пояснение к блоку 3

Создание массива исходной статистической и нормативной информации (блок 3) представляет собой итеративный, в общем случае перманентный, процесс с прямой и обратной связями со всеми последующими этапами моделирования.

Этот этап состоит из ряда многократно повторяющихся операций: определение источников информации, разработка форм носителей информации, сбор и систематизация информации, оценка достоверности и однородности информации, ее корректировка и уточнение (блоки 3.1–3.5).

Процесс создания массива информации итеративен прежде всего вследствие того, что логическое моделирование позволяет получить лишь черновой вариант схемы механизма образования эффективности логистической системы в туристской индустрии. К тому же такие операции, как оценка достоверности и однородности информации, полноценно возможно осуществить лишь при построении моделей образования эффективности.

Пояснение к блоку 4

Логико-статистический анализ (блок 4) самих параметров (характеристик) состояния процессов развития (эндогенного и экзогенного, например себестоимость и мировая торговля) объекта прогнозирования имеет следующие цели: установление интегральных количественных показателей, адсорбирующих влияние соответствующих групп факторов (показателей параметров) на формирование эффективности; группировка общей совокупности факторов по признакам: динамичность, статичность (несвязанность с процессами развития), эндогенность, экзогенность и др. Одно необходимо для того, чтобы сузить круг исследуемых показателей, другое — чтобы уточнить основные задачи и выбрать методы исследования.

Пояснение к блоку 5

Этап выбора количественных показателей (блок 5), отражающих количественное и качественное влияние эффектообразующих факторов, связан с проведением глубокого сопоставительно-смыслового анализа информации о фактических затратах в рамках себестоимости создания и функционирования логистической системы в туриндустрии, исследованием особенностей, например, мирового туризма (если речь идет о международной логистической туристской системе). Весь этот комплекс исследований представляется набором гипотез о динамике факторов и характере их влияния на механизм образования эффективности логистической системы в туризме.

Гипотезы проверяются методами математической статистики и теории вероятностей с помощью компьютерных технологий.

Пояснение к блоку 6

При решении задачи получения прогноза эффективности логистической системы в туриндустрии экстраполяционным методом целесообразным оказывается создание комбинированной корреляционно-регрессионной модели (блок 6), включающей как эндогенные (связанные со структурой прямых затрат), так и экзогенные факторы региональной или мировой экономики в туристской индустрии.

В основе корреляционного анализа лежит установление зависимости между динамикой различных параметров. Количественной мерой этой зависимости между двумя показателями являются соответствующие парные коэффициенты корреляций. В случае если две какие-нибудь ве-

личины в своем изменении независимы друг от друга, то их коэффициент парной корреляции стремится к нулю.

Напротив, в случае если увеличение одного показателя идет строго параллельно с возрастанием (или убыванием) другого, то парный коэффициент корреляции между этими показателями будет приближаться к единице. Знак « $\rightarrow$ » перед коэффициентом корреляции будет указывать на то, что с увеличением одного показателя другой убывает, знак « $+$ » указывает на неуклонное возрастание или убывание обоих показателей. Таким образом, чем ближе парный коэффициент к единице, тем теснее связь между показателями.

Положительная корреляционная зависимость между факторами, характеризующими потребность в туристских услугах логистической системы и их эффективностью, наблюдаемая для всех без исключения рынков, не означает, что рост эффективности туристской логистической системы свидетельствует об увеличении потребностей в ее услугах. Причинно-следственные связи между этими факторами как раз могут быть обратные. Рост эффективности обычно сдерживается снижением потребления, то есть увеличением спроса, обычно влечет за собой рост эффективности туристской логистической системы. Иначе говоря, в соотношении эффективности и уровня потребления эффективность является функцией, а потребление — аргументом.

Таково положение на какой-то текущий момент. Со временем, по мере роста эффективности логистической системы в туризме, в динамике потребления начинает проявляться другая тенденция: увеличение эффективности логистической системы в туриндустрии все более и более сдерживает рост потребления их услуг, растет роль знаменателей. Функция и аргумент меняются местами, связь между эффективностью и потреблением становится отрицательной.

Пояснение к блоку 7

Если регрессия специфицирована и оценены ее параметры, она может быть применена для прогнозирования (блок 7). Оценка прогностических величин получается с помощью простой операции подстановки в регрессию значений независимых переменных, то есть отобранных эффектообразующих факторов — эндогенных и экзогенных. Таким образом, прогноз эффективности логистической системы в туриндустрии на основе уравнения регрессии является условным типа «если независимые переменные — факторы — равны каким-то величинам, то зависимая переменная — эффективность логистической туристской системы — составит такую-то величину». Отсюда непосредственно следует, что применение регрессий для прогнозирования предполагает решение по крайней мере трех проблем.

Первая из них связана с необходимостью определения значений независимых переменных (факторов) на период упреждения. Следовательно, точность прогноза определится не только точностью самого уравнения регрессии, но и тем, насколько надежно оценены будущие значения независимых переменных. Значения независимых переменных — это показатели других прогнозов, которые можно получить в большинстве случаев на основе статистических методов — экстраполяции трендов и т. п. Некоторые значения независимых переменных могут быть получены лишь экспертным путем.

Вторая проблема заключается в трансформации точечных прогнозов эффективности (оценок значений зависимой переменной) в интервальные. Эта проблема решается с помощью построения доверительных интервалов. Если для линейных регрессий метод определения доверительных интервалов на основе ошибок параметров решен, то в случае с нелинейной регрессией и нелинейным оцениванием параметров придется применять весьма приближенные приемы определения таких интервалов.

В связи со значительной неопределенностью экономической ситуации в 2013–2020 гг., целесообразно рассчитывать два-три варианта долгосрочного прогноза уровня эффективности логистической системы в туриндустрии: максимальный, минимальный и наиболее вероятный (но не обязательно средний). Следует иметь в виду, что в прогнозе на длительный период, когда практически исчезает экономический фон прогнозного анализа, очень трудно предвидеть различные аспекты влияния внедряемых научно-технических новшеств на эффективность производственно-коммерческой деятельности и на уровень эффективности международных туристских логистических систем.

Третья проблема, которую следует иметь в виду, заключается в применимости уравнений регрессии для оценок значений зависимой переменной (эффективности логистической системы в туризме) вне диапазона наблюдений зависимой и независимых переменных. В данной задаче приходится выходить за рамки наблюдений, то есть прибегать к экстраполяции. Нужно допустить, что в этих случаях регрессионные уравнения окажутся практически пригодными для прогноза эффективности. Так, если выход за рамки диапазона наблюдений незначительный, то погрешность, связанная с этим, будет, как правило, незначительной и с лихвой охватывается доверительным интервалом. Чем дальше выходит прогноз эффективности за пределы наблюдений, тем, естественно, выше вероятность погрешности такого рода. Таким образом, риск получения ошибочной оценки возрастает. В итоге получаемые оценки эффективности логистической системы в туризме будут полезны в той мере, в какой есть основание полагать, что принятая форма взаимосвязи может быть распространена на некоторый период за пределы наблюдений. То есть применение регрессий требует в явном виде сформированной гипотезы о сохранении формы взаимосвязи эффективности логистической системы в туризме и эффектообразующих факторов.

Очевидно, трудно представить себе такую ситуацию, в которой полностью выполнялись бы все условия, включая случай очень короткого периода упреждения. По этой причине любой прогноз эффективности логистической системы в туристской индустрии, особенно долгосрочный, будет в известной мере условным. Казалось бы, детализация модели позволяет более реалистично описать экономический механизм формирования эффективности логистической системы в туризме. Однако увеличение числа переменных факторов и уравнений неминуемо приводит к тому, что прогноз становится независимым от еще большего числа условий и, таким образом, модель фактически дает возможность получить все более многовариантную картину развития явления формирования эффективности логистической системы в туристской индустрии. Выбор же самого варианта остается за рамками модели.

Кроме того, эффектообразующие факторы в условиях, например, мирового туристского предпринимательства формируются стихийно, в основном отсутствуют научно обоснованные прогнозы отдельных факторов, которые должны были бы быть проделаны в смежных отраслях экономической науки. Поэтому при разработке прогноза эффективности международной туристской логистической системы приходится проводить большую работу по прогнозированию ряда показателей (динамике производства, внутреннего туризма, внешнего туризма, потребления и т. п.), которые не являются объектом непосредственно исследований эффективности.

Пояснение к блоку 8

Оценка достоверности и точности или обоснованности прогноза именуется верификацией. Верификация прогноза эффективности необходима в особенности при экстраполяции, когда имеются опасения, что установленные зависимости могут оказаться нарушенными.

Из определений основных видов верификации прогноза очевидны подход и процедура их осуществления в случае наличия необходимых исходных данных. Однако все они относятся, практически, к прямой оценке качества прогноза.

Важным вопросом при верификации является получение математических оценок достоверности и точности прогнозов.

Для количественной точности прогноза также используется множественная регрессия. Существует взаимосвязь между длиной наблюдаемого периода и длиной прогнозируемого периода, которые влияют на величину ошибки прогноза. Определенный способ расчетов позволяет получить необходимую информацию для аналитического выражения этой функции.

Организованная по логистическому принципу система управления хозяйствующим субъектом в туристской индустрии обеспечивает фундамент его экономической эффективности.

Список литературы

1. Чудновский А. Д. Информационные технологии управления в туризме: учеб. пособие / А. Д. Чудновский, М. А. Жукова. — 4-е изд., стер. — М.: КНОРУС, 2011. — 104 с.
2. Русин В. Н. Логистика в туризме: учеб. пособие / В. Н. Русин. — СПб.: ГУВК, 2011. — 83 с.
3. Мескон М. Х. Основы менеджмента: пер. с англ. / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. — М.: Вильямс, 2008. — 670 с.

УДК 621.3.087.9

Г. Е. Барщевский,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСКАЖЕНИЯ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ СО СТАТИЧЕСКИМИ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

IDENTIFICATION OF THE DISTORTION FACTOR OF THE VOLTAGE CURVE OF THE DRILLING RIG POWER SYSTEMS WITH STATIC RECTIFIERS

В статье выполнен статистический анализ точности различных полиномиальных моделей путем сравнения результатов расчетов, произведенных с помощью вычислительных и полиномиальных моделей.

In the paper a statistical analysis of the accuracy of the different polynomial models is carried out by comparing the results of calculations made by using of computing and polynomial models.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, полиномиальная модель, статистический анализ.

Key words: electric power system, polynomial model, statistical analysis.

СУДОВАЯ автоматизированная электроэнергетическая система (ЭЭС) представляет собой совокупность источников электроэнергии, преобразователей, автоматических систем и других электротехнических устройств, объединенных процессом производства, преобразования и распределения электроэнергии, предназначенной для питания судовых приемников (потребителей).

Одним из основных требований, предъявляемых к судовым автоматизированным электроэнергетическим системам, является обеспечение заданного качества электроэнергии в установившихся, переходных и квазиустановившихся режимах. Промежуточное место между установившимися и переходными процессами занимают квазиустановившиеся (квазистационарные) процессы, характерные для нормальной работы статических преобразователей и сопровождающиеся искажением формы кривой напряжения. В настоящей статье будет рассмотрена идентификация показателей качества квазистационарных электромагнитных процессов.

Научно-технический прогресс в области силовой полупроводниковой техники привел к широкому использованию в современных и перспективных автономных ЭЭС статических преобра-

зователей, которые имеют существенные технико-экономические преимущества перед другими преобразователями электроэнергии.

Статические выпрямители нашли широкое применение в ЭЭС судов, предназначенных для освоения Мирового океана, в частности ЭЭС буровых судов и установок [1]. Наиболее эффективные меры по обеспечению заданного качества электроэнергии с учетом требований, предъявляемых к ЭЭС в аварийных режимах, необходимо принимать при предпроектных исследованиях и на ранних стадиях проектирования.

Полиномиальные модели показателей качества электроэнергии получаются путем обработки, осуществляемой на основе вычислительных моделей ЭЭС, результатов вычислительного эксперимента, позволяющих определять искомые значения показателей качества электроэнергии [2].

Анализ различных видов полиномиальных моделей коэффициента искажения ЭЭС показал, что достаточно высокую точность при ограниченном числе точек спектра плана обеспечивает кусочно-полиномиальная модель, у которой локальные модели коэффициента искажения определяются следующим образом:

$$K_u(S_B, x_{\Gamma}, v_{\alpha}, \lambda_p) = S_B x_{\Gamma} K'_u(S_B, x_{\Gamma}, v_{\alpha}, \lambda_p), \quad (1)$$

где третий сомножитель представляет собой полный полином третьего порядка от четырех расчетных параметров.

Значительно более сложную задачу представляет собой вероятностная формализация показателей качества искажения кривой напряжения САС с несколькими выпрямителями. При этом следует учитывать, что в реальных условиях не существует однородных выпрямителей, то есть выпрямителей, работающих в одинаковых режимах, так как ввиду разброса углов управления и коммутации квазиоднородные выпрямители всегда работают в режимах, которые несколько отличаются друг от друга. Отсюда возникает задача вероятностной оценки показателей качества нелинейных процессов в ЭЭС с несколькими выпрямителями с учетом взаимной компенсации гармонических составляющих токов отдельных выпрямителей и их взаимного влияния.

Рассмотрим ЭЭС самоподъемной буровой установки.

Система включает четыре генератора типа МСК-1250-750, один из которых является резервным, и пять трехфазных статических управляемых выпрямителей. Полная мощность генератора МСК-1250-750 $S_{\Gamma}^* = 1250$ кВА, его базисное сопротивление $Z_{\phi} = 0,128$ Ом, а индуктивное сопротивление коммутации генератора $x_{\Gamma} = 0,1485$ о. е. Индуктивное сопротивление двух параллельно включенных реакторов $x_p = 0,0158$ Ом; $x_{\alpha} = \frac{x_p}{Z_{\phi}} = 0,123$.

В результате произведены расчеты коэффициента искажения буровой установки в различных режимах (табл. 1).

Таблица 1

	Спускоподъем	Бурение	Цементирование
Без ФКУ	14,11 %	15,36 %	17,87 %
С ФКУ	9,92 %	10,45 %	12,17 %

Из приведенных расчетов видно, что применение ФКУ позволяет существенно уменьшить расчетное значение коэффициента искажения напряжения.

Произведен статистический анализ точности различных полиномиальных моделей путем сравнения результатов расчетов, произведенных с помощью вычислительных и полиномиальных моделей. Расчетные точки выбирались случайным образом исходя из предположения, что исследуемые параметры подчиняются равномерному закону распределения.

Для сравнительной оценки точности полученных ПМ произведен расчет коэффициентов искажения кривой напряжения ЭЭС с трехфазным статическим выпрямителем.

Сравнивались четырехфакторные полиномиальные модели четвертого порядка, построенные на основе оптимального и стандартного планов. Сравнение результатов расчетов коэффици-

ентов искажения методом статических испытаний позволило получить следующие значения характеристик ошибок полиномиальных моделей, сведенных в табл. 2:

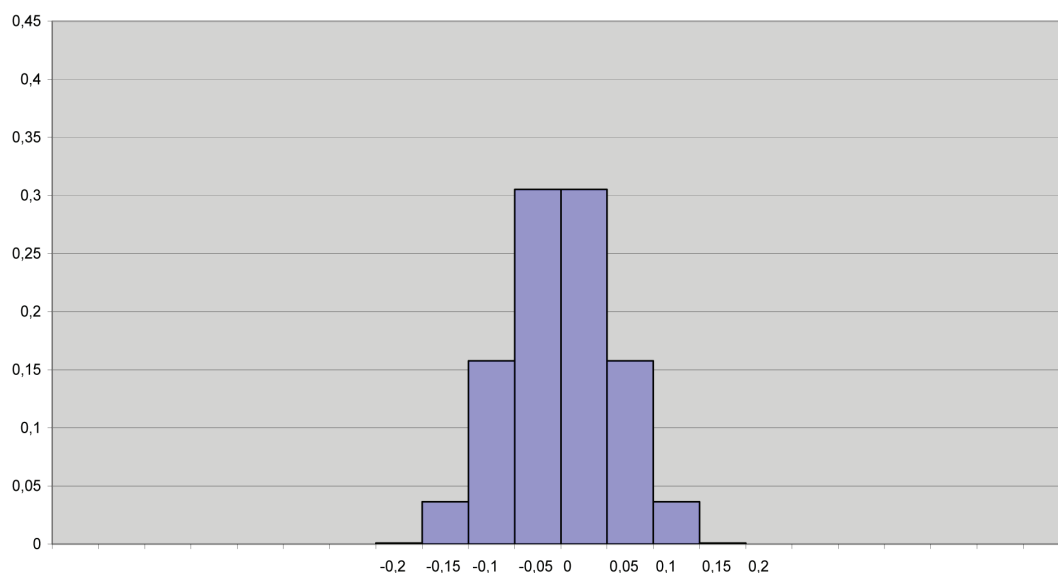
Таблица 2

Характеристика	Четвертый порядок	
	оптимальный	стандартный
$M =$	-0,000109951	-0,002746192
$\sigma =$	0,045526217	0,069624818

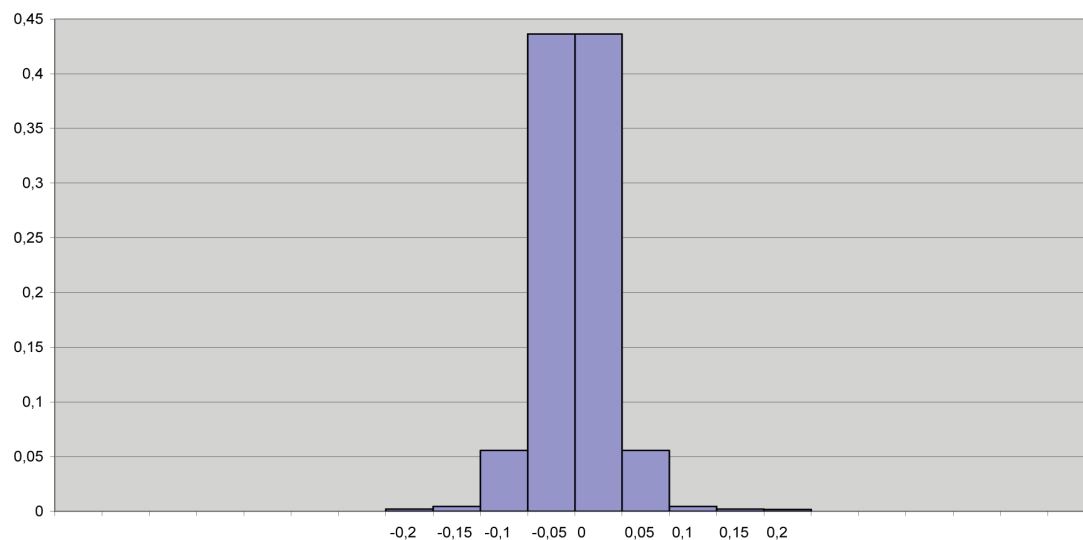
Как видно из табл. 2, полиномиальные модели, построенные на основе оптимальных планов, обеспечивают более высокую точность по сравнению с полиномиальными моделями, построенными на основе обычных планов. Использование оптимальных планов четвертого порядка значительно повышает точность полиномиальных моделей.

Рассмотрим статистические дифференциальные функции распределения ошибок двухфакторных и четырехфакторных полиномиальных моделей.

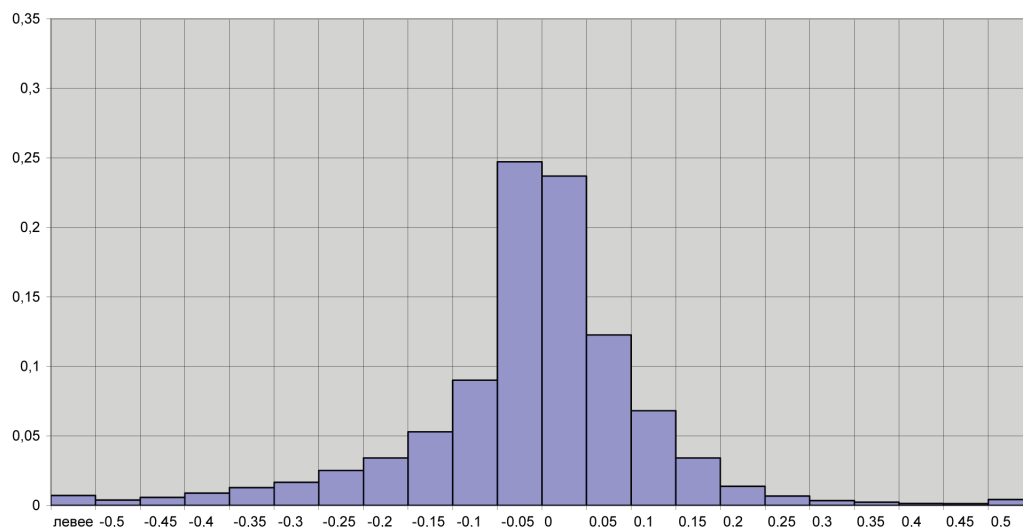
Статистические дифференциальные функции распределения ошибки
ПМ 4 порядка на два фактора



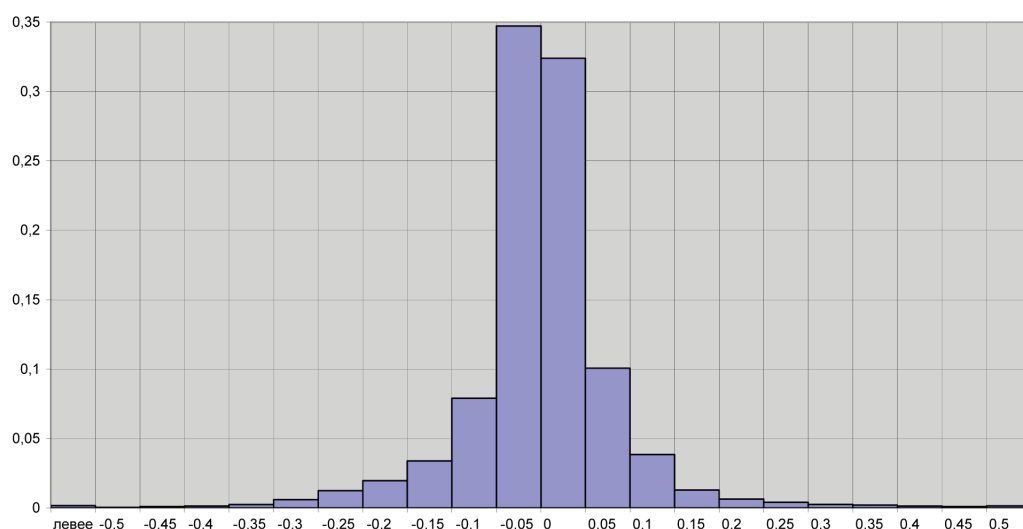
Статистические дифференциальные функции распределения ошибки
оптимальной ПМ 4 порядка на два фактора



Статистические дифференциальные функции распределения ошибки
ПМ 4 порядка на четыре фактора



Статистические дифференциальные функции распределения ошибки
оптимальной ПМ 4 порядка на четыре фактора



Как видно из анализа статистических дифференциальных функций распределения полиномиальных моделей четвертого порядка на два и четыре фактора:

- они близки к нормальному закону распределения ошибок
- наибольшие ординаты функции распределения соответствующих оптимальных планов значительно больше наибольших ординат в соответствии со стандартным планом.

Указанные соотношения объясняются тем, что при нормальном законе распределения наибольшая ордината обратно пропорциональна среднеквадратическому отклонению.

Для полиномиальных моделей, полученных на основе оптимальных планов вычислительного эксперимента на четыре фактора, можно с вероятностью 85,08 % сказать, что ошибка определения коэффициента искажения по абсолютной величине не будет превышать 0,1 %. В то же время для полиномиальных моделей, полученных на основе стандартных планов вычислительного эксперимента на четыре фактора, ошибка определения коэффициента искажения по абсолютной величине не будет превышать 0,1 % лишь с вероятностью 69,67 %.

Для полиномиальных моделей, полученных на основе оптимальных планов вычислительного эксперимента на два фактора, можно с вероятностью 98,4 % сказать, что ошибка определения

коэффициента искажения по абсолютной величине не будет превышать 0,1 %. В то же время для полиномиальных моделей, полученных на основе стандартных планов вычислительного эксперимента на два фактора, ошибка определения коэффициента искажения по абсолютной величине не будет превышать 0,1 % лишь с вероятностью 92,56 %.

Список литературы

1. Зубарев Ю. Я. Планирование вычислительного эксперимента в электроэнергетике / Ю. Я. Зубарев. — СПб.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Барщевский Е. Г. Идентификация и оптимизация судовых автоматизированных систем методами планирования эксперимента / Е. Г. Барщевский, Ю. Я. Зубарев. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.

УДК 681.3.07:656.6:005

А. П. Нырков,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. А. Нырков,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

MODELS, ALGORITHMS AND SOFTWARE FOR RISKS MINIMIZING OF MULTIMODAL TRANSPORTATIONS

В статье предложены модели, алгоритмы и коды в Maple минимизации рисков мультимодальных перевозок.

The article tells about the models, algorithms and Maple codes for risks minimizing of multimodal transportations.

Ключевые слова: модель, алгоритм, риски, мультимодальные перевозки.
Key words: model, algorithm, risks, multimodal transport.



А транспорте в целом и на водном транспорте в частности практически все технологические процессы (эксплуатация транспортных объектов, перевозка и перегрузка грузов, перевозка пассажиров и др.) подвержены влиянию случайных факторов [1; 2, с. 283–286; 3; 4]. Итогом их воздействия могут быть потери материальных ресурсов, и порой существенные. Для минимизации потерь можно воспользоваться методами теории риска.

В ISO Guide 73–2009 риск определяется как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей» [5, с. 5]. Под «следствием влияния» следует понимать вели-

чину отклонения от ожидаемого результата, то есть ухудшение некоторого критериального показателя.

В качестве критериального показателя может выступать любой показатель качества, например доход или прибыль деятельности транспортного предприятия (судоходная компания, транспортно-логистический комплекс, порт). Будем считать, что на критериальный показатель оказывают влияние различные факторы риска, понижающие этот показатель. Факторы риска можно подразделить на несколько категорий: риски для различных видов транспорта и риски перевалки грузов. Внутри этих категорий риски также подразделяются: на происшествия на данном виде транспорта под воздействием случайных факторов (погода, землетрясения и др.), из-за человеческого фактора, влияние сезонности и т. д.

При реализации рискованных ситуаций могут возникнуть потери (снижение) показателя, равные Z . Исходя из стохастической природы рисков, потери целевого показателя, являющиеся функцией от случайных величин рисков: $Z = f(Z_1, \dots, Z_n)$, также носят вероятностный характер. $Z_1, \dots, Z_n$ — возможные средние потери критериального показателя от воздействия различных факторов риска. Чаще всего функциональная зависимость критериального показателя от факторов риска имеет вид линейной функции: $Z = Z_1 + \dots + Z_n$.

В качестве модели оценки Z можно использовать ее функцию распределения вероятностей. Для этого необходимо знание интегральных функций распределения вероятностей факторов риска. Если предположить, что случайная величина Z имеет конечное математическое ожидание, равное μ , то можно с достоверной вероятностью γ считать, что возможные потери критериального показателя попадут в интервал $(\mu - \delta; \mu + \delta)$. Неизвестная величина δ находится как корень уравнения: $F(\mu + \delta) - F(\mu - \delta) = \gamma$, где $F(x)$ интегральная функция распределения вероятностей показателя Z .

Вычисление функции распределения вероятностей возможных потерь критериального показателя $F(x)$ обычно связано с большими сложностями, так как для этого требуется знание функций распределения вероятностей факторов риска, определение которых либо затруднено, либо априори невозможно. Дополнительную сложность добавляет и то, что одни факторы риска представляют собой непрерывные случайные величины, а другие — дискретные. Вместо нахождения функции распределения вероятностей возможных потерь критериального показателя $F(x)$ можно попытаться определить математическое ожидание случайной величины Z .

Количественная оценка влияния i -го фактора риска Z_i исчисляется некоторой средней величиной потерь критериального показателя при реализации этого риска: $Z_i = p_i \Delta Z_i$, где p_i — вероятность наступления i -го фактора риска, а ΔZ_i — абсолютные потери при его реализации.

Если i -й риск может проявляться в зависимости от наступления одного из m_i несовместных событий A_{ij} с вероятностью p_{ij} , то количественная оценка уровня риска определяется из соотношения

$$Z_i = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \times \Delta Z_{ij}, \quad (1)$$

где $p_{ij} = P\{Z_i = \Delta Z_{ij} \mid A_{ij}\}$ — вероятность того, что при условии наступления события A_{ij} произойдет снижение критериального показателя на ΔZ_{ij} .

В общем случае оценка снижения критериального показателя может быть получена как сумма средних возможных потерь из-за проявления каждого из n рисков:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \times \Delta Z_{ij}. \quad (2)$$

Одновременное проявление всех возможных рискованных ситуаций является маловероятным событием. При этом на практике наступление той или иной рискованной ситуации может повлечь за собой другую рискованную ситуацию. В результате может возникнуть цепочка взаимосвязанных рисков. Определить среди них ту, которая может повлечь за собой максимально возможную величину потерь критериального показателя, можно с помощью построения ациклического ориентированного графа рискованных ситуаций.

Пусть $G = (V, E)$ — ациклический ориентированный граф, где $V = \{1, 2, \dots, n\}$ — множество вершин графа, $E = \{(i, j)\}$ — множество дуг. Дуга (i, j) , идущая из вершины i в вершину j , входит в граф G , если рискованная ситуация j может последовать за рискованной ситуацией i . Длина этой дуги или ее весовой коэффициент Z_i соответствует возможной величине потерь критериального показателя при реализации рискованной ситуации i . В ациклическом графе можно перенумеровать вершины таким образом, чтобы для всех дуг (i, j) выполнялось неравенство $i > j$. Вершине с номером 1 ставится в соответствие критериальный показатель, остальным вершинам — возможные рискованные ситуации. Дополнительно для упрощения математической модели поиска критической цепочки рискованных ситуаций введем еще одну фиктивную вершину n . Добавим дуги, исходящие из нее в вершины графа рискованных ситуаций, в которые не входит ни одна дуга. Этим дугам присвоим нулевые весовые коэффициенты.

Для нахождения наиболее критической цепочки рискованных ситуаций будем, следуя [6], представлять произвольную цепочку вектором

$$\mathbf{X} = \{x_{ij} \mid (i, j) \in G\}. \quad (3)$$

При этом $x_{ij} = 1$, если дуга (i, j) принадлежит рассматриваемой цепочке, иначе $x_{ij} = 0$. Вектор $\mathbf{X} = \{x_{ij} \mid (i, j) \in G\}$ описывает цепочку, проходящую через вершины графа G , если выполняются следующие условия:

$$\sum_{(i,j) \in G} x_{ij} - \sum_{(j,i) \in G} x_{ji} = 0, \text{ если } i \in \{2, 3, \dots, n-1\}; \quad (4)$$

$$\sum_{(1,j) \in G} x_{1j} - \sum_{(j,1) \in G} x_{j1} = -1; \quad (5)$$

$$\sum_{(n,j) \in G} x_{nj} - \sum_{(j,n) \in G} x_{jn} = 1. \quad (6)$$

Возможную величину потерь критериального показателя для цепочки рискованных ситуаций $\mathbf{X}$ находим из соотношения

$$Z(\mathbf{X}) = \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} Z_{ij}, \quad (7)$$

где $Z_{ij} = Z_i$, если дуга (i, j) входит в граф G , иначе $Z_{ij} = 0$.

Для нахождения критической цепочки рискованных ситуаций предлагается следующая модель:

$$\begin{cases} \max \{Z(\mathbf{X})\}, \\ \sum_{(1,j) \in G} x_{1j} - \sum_{(j,1) \in G} x_{j1} = -1, \\ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} - \sum_{(j,i) \in G} x_{ji} = 0, \quad i \in \{2, 3, \dots, n-1\}, \\ \sum_{(n,j) \in G} x_{nj} - \sum_{(j,n) \in G} x_{jn} = 1, \\ x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in G. \end{cases} \quad (8)$$

Для больших размерностей матрицы смежности графа G существуют быстрые, эффективные алгоритмы нахождения цепочек с максимальной длиной. Используя условие неотрицательности весовых коэффициентов графа G , можно использовать «жадный» алгоритм, подобный, например, алгоритму Дейкстры [7]. Правда, с помощью этого алгоритма находят кратчайший путь из одной

вершины в другую. Но, поменяв у всех весов знак на противоположный и учитывая ацикличность графа G , можно построить алгоритм нахождения критической цепочки, временная сложность выполнения которого линейна по сравнению с суммарным количеством вершин и дуг.

Количество возможных рискованных ситуаций на практике бывает не очень большим, поэтому размерность матрицы смежности графа G позволяет применить к нему алгоритм полного перебора всех возможных цепочек. Используем для этого математический пакет аналитических вычислений Maple, в который входит программный пакет GraphTheory с различными средствами представления графов и обработки их структур. Кроме того, Maple включает в себя достаточно развитую среду программирования, позволяющую дополнительно создавать средства алгоритмизации на графах [8, с. 52–54; 9, с. 54–55].

Как уже отмечалось выше, для ациклического ориентированного графа можно получить такую линейно упорядоченную последовательность вершин, что начальная вершина любой дуги данного графа стоит в ней раньше конечной вершины дуги. Это означает, что можно все вершины такого графа представить в виде $v_1, v_2, \dots, v_n$ и вершина v_i предшествует вершине v_j ($i < j$), если в графе есть дуга (v_i, v_j) . Это позволяет существенно снизить временную сложность алгоритма нахождения критической цепочки рискованных ситуаций. Более того, можно реализовать алгоритм, который находит не одну, а все критические цепочки.

Код алгоритма, реализованный в пакете Maple, частично представлен ниже.

```
> restart:with(GraphTheory);
> # создает список смежных вершин из матрицы смежности
AdjRep:= proc(am)
end proc;
> # вычисляет веса цепочки
weightS:=proc(p,wm)
end proc;
> # создает все возможные цепочки из вершины v
InDepth:=proc(v) # номер вершины для обработки
local i,j,k; global adjG,AllS,p;
end proc;
> # находит все возможные критические цепочки
AllCriticalR:=proc(G) # G - графовая структура
local i,j,n,vSort,w,am,wm,wNom;
global PrintV,AdjRep,InDepth,weightS,adjG,AllS,p;
wm:=WeightMatrix(G);
am:=AdjacencyMatrix(G);
adjG:=AdjRep(am);
vSort:=TopologicSort(G);
AllS:=[];
p:=[];
InDepth(vSort[1]);
w:=weightS(AllS[1],wm);
wNom:=[];
for i from 2 to nops(AllS) do
n:=weightS(AllS[i],wm);
if n>w then
wNom:=[i];
w:=n;
elif n=w then
wNom:=[op(wNom),i];
end if
```

```

end do:
for i from 1 to nops(wNom) do
  PrintV(AllS[wNom[i]],w)
end do:
end proc:

```

```

> adjG:=[]:
AllS:=[]:
p:=[]:
AllCriticalR(G);

```

Модель (8) является в определенном смысле детерминированной, так как в ней используются средние ожидания потерь критериального показателя. В реальных условиях эти потери могут принимать случайные значения из некоторого интервала или дискретного диапазона. Для учета стохастичности потерь критериального показателя будем рассматривать Z_{ij} в (7) как случайную величину, имеющую плотность распределения вероятностей для непрерывной случайной величины $p_{Z_{ij}}(z)$ либо подчиненную закону распределения вероятностей дискретной случайной величины $\{Z_{ij}^k \rightarrow p_{ij}^k = P(Z_{ij} = Z_{ij}^k)\}$, $k = 1, \dots, n_i$. К ограничениям модели (8) добавим еще одно ограничение

$$\mathbf{P} \left\{ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} Z_{ij} \geq Z_{KP} \right\} \geq 1 - \alpha, \quad (9)$$

где α — заданный уровень значимости.

Стохастическая модель нахождения критической цепочки строится в виде

$$\begin{cases} \max \{Z_{KP}\}, \\ \mathbf{P} \left\{ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} Z_{ij} \geq Z_{KP} \right\} \geq 1 - \alpha \\ \sum_{(1,j) \in G} x_{1j} - \sum_{(j,1) \in G} x_{j1} = -1, \\ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} - \sum_{(j,i) \in G} x_{ji} = 0, \quad i \in \{2, 3, \dots, n-1\}, \\ \sum_{(n,j) \in G} x_{nj} - \sum_{(j,n) \in G} x_{jn} = 1, \\ x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in G. \end{cases} \quad (10)$$

В модели (10) при условии непрерывности случайной величины длины цепочки максимум достигается для соотношения равенства в ограничении (9).

Для анализа и управления рисковыми ситуациями, кроме выявления критических цепочек рискованных ситуаций, можно предложить стохастическую модель определения цепочек, при реализации которых вероятность того, что потери критериального показателя будут значительными, превысит заданный уровень значимости α . Такая модель может быть построена для критерия

$$\max \mathbf{P} \left\{ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} Z_{ij} \geq Z_{KP} \right\} \quad (11)$$

с ограничениями

$$\begin{cases} \sum_{(1,j) \in G} x_{1j} - \sum_{(j,1) \in G} x_{j1} = -1, \\ \sum_{(i,j) \in G} x_{ij} - \sum_{(j,i) \in G} x_{ji} = 0, \quad i \in \{2, 3, \dots, n-1\}, \\ \sum_{(n,j) \in G} x_{nj} - \sum_{(j,n) \in G} x_{jn} = 1, \\ x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in G. \end{cases} \quad (12)$$

Для моделей (10)–(12) в качестве основы алгоритмов нахождения соответствующих цепочек можно использовать модификации «метода случайного поиска» [3; 10; 11, с. 98–101; 12, с. 43–53].

Укрупненный алгоритм для модели (10) выглядит следующим образом.

1. Присвоить k значение 1.
2. Сгенерировать рисковую цепочку $\{x_{ij}^k\}$.
3. Увеличить k на 1. Повторить п. 2, если k не превосходит N .
4. Положить M равным целой части $(1 - \alpha) N$.
5. Максимальное значение Z_{KP} положить равным длине M -й наибольшей цепочки, удовлетворяя ограничение (9).

Укрупненный алгоритм для модели (11), (12) выглядит следующим образом.

1. Для заданного количества серий генераций последовательностей рискованных ситуаций N задать максимальное значение Z_{KP} .
2. Задать M — количество сгенерированных последовательностей в серии. Эта величина в 5 раз должна превышать количество дуг в графе G . Положить k равным 1.
3. Сгенерировать серию из M рискованных цепочек $\{\{x_{ij}^1\}, \dots, \{x_{ij}^M\}\}$.
4. В качестве цепочки $\{x_{ij}^k\}$ взять ту, длина которой с наибольшей вероятностью превышает максимальное значение Z_{KP} .
5. Увеличить k на 1. Повторить п. 3 и 4, если k не превосходит N .
6. Из полученных в п. 4 цепочек выбрать ту, которая имеет максимальную частоту повторения.

Модели, алгоритмы и программное обеспечение для них при несложных модификациях могут быть успешно использованы и в других отраслях. Например, приведенные здесь модели и алгоритмы были использованы для анализа, оценки и управления рисками образовательной деятельности в высших учебных заведениях (см. [13, с. 35–41]).

Список литературы

1. Вихров Н. М. Модели технологических процессов на транспорте / Н. М. Вихров, А. П. Нырков. — СПб.: Судостроение, 2002. — 422 с.
2. Нырков А. П. Стохастическая модель технологического процесса в транспортном узле / А. П. Нырков // Информационные технологии на транспорте: сб. науч. тр.— СПб.: Политехника, 2003.
3. Нырков А. П. Автоматизированное управление и оптимизация технологических процессов в транспортных узлах: дис. ... д-ра техн. наук / А. П. Нырков. — СПб.: СПГУВК, 2003. — 304 с.
4. Истомин Е. П. Методы теории вероятностей и математической статистики в моделировании транспортных процессов / Е. П. Истомин [и др.]. — СПб.: СПГУВК, 1999. — 168 с.

5. Руководство ИСО 73–2009. Менеджмент риска. Термины и определения: ГОСТ Р 51897–2011. — Введ. 01.12.2012. — М.: Стандартинформ, 2012. — 16 с.
6. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования: пер. с англ. / Б. Лю. — М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2005. — 416 с.
7. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. — М.: МЦНПО, 2000. — 960 с.
8. Нырков А. А. Опыт использования пакета Maple как средства компьютерной поддержки при изучении математических дисциплин / А. А. Нырков, М. Ю. Ястребов // Математика в вузе: тр. XXII Междунар. науч.-метод. конф. — СПб.: ПГУПС, 2010.
9. Нырков А. А. Опыт использования систем компьютерной математики при изучении математических дисциплин / А. А. Нырков, М. Ю. Ястребов // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы XI Междунар. науч. конф., посвященной 70-летию профессора В. П. Дьяконова. — Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2010.
10. Нырков А. А. Имитационное моделирование транспортных процессов / А. А. Нырков, А. П. Нырков. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 112 с.
11. Нырков А. П. Математическая модель резервирующей системы / А. П. Нырков, Т. В. Дмитриева // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2011. — Вып. 2 (10).
12. Нырков А. П. Алгоритмы автоматизированного управления технологическими процессами мультимодальных перевозок / А. П. Нырков, [и др.] // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2010. — Вып. 4 (8).
13. Антохина Ю. А. Риски образовательной деятельности в современных рыночных условиях / Ю. А. Антохина, А. П. Нырков, А. Г. Варжапетян // Экономика и управление. — 2012. — № 8.

УДК 004.031,007.51

В. Н. Ежгуров,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

**ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В РАМКАХ
МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ**

**SOFTWARE OF AUTOMATION OF MULTIMODAL TRANSPORT
IN THE FRAMEWORK OF THE INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS**

В статье рассматриваются подходы к построению алгоритмического и программного обеспечения автоматизации мультимодальных грузоперевозок в рамках международных транспортных коридоров.

The article considers approaches to the construction of algorithms and software of automation of multimodal cargo transportation in the framework of international transport corridors.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, международные транспортные коридоры, автоматизация перевозок, многомерный анализ данных.

Key words: multi-modal transportation, international transport corridors, traffic automation, multidimensional data analysis.

Введение

В настоящее время во всем мире, включая Россию, актуальной является деятельность, направленная на увеличение объемов перевозок грузов, улучшение и оптимизацию эксплуатации транспорта. Расположение Российской Федерации на географической карте мира позволяет ей извлекать прибыль из транзита грузов по своей территории, при этом используя весь спектр как транспортных средств, так и оказываемых услуг.

Основная часть грузов, как доставляемых в Российскую Федерацию, так и экспортируемых за ее границы, использует мультимодальную технологию перевозки. Под мультимодальной перевозкой подразумевается перевозка грузов в рамках одного договора, различными видами транспорта. Примером мультимодальной перевозки может служить доставка грузов из Санкт-Петербурга в США. На своем пути груз последовательно сменит такие виды транспорта, как автомобильный, морской и/или воздушный.

При мультимодальном сообщении ответственность за груз возлагается на организацию-посредника, осуществляющую формирование транспортного коридора следования груза. Транспортный коридор — искусственно созданная логистическая структура, направленная на упрощение управления грузопотоком и ускорение реакции ответственных за перевозку лиц на воздействие окружающей среды [1, с. 75–77].

В качестве ответственных лиц при проведении перевозок, в том числе мультимодальных перевозок в рамках международных транспортных коридоров, выступают организации-экспедиторы. На них по условию договора возлагается ответственность за груз на каждом конкретном этапе пути.

Формирование маршрутов перевозок грузов — транспортных коридоров очень сложный и многосторонний процесс, охватывающий большое количество как явных, так и скрытых параметров [2, с. 43–53].

Правильно сформировать маршрут следования грузов помогает опыт сотрудников экспедиторских организаций [3]. На данный момент в связи с ростом грузопотоков сотрудники со всем их опытом и навыками могут давать сбой. Для устранения таких проблем создан класс программных средств: автоматизированные системы управления и системы поддержки принятия решений [4].

Первые являются программными средствами, накапливающими базы данных для дальнейшей их интерпретации ответственным сотрудником. Вторые не только накапливают данные, но и благодаря заложенной в них логике могут помочь сотруднику принять решение по формированию транспортного коридора, а иногда и скорректировать решение сотрудника, предложив более сбалансированный вариант действий.

Алгоритмический подход к построению программных средств

Для создания программных средств, которые отвечают требованиям, предъявляемым к мультимодальным перевозкам в рамках международных транспортных коридоров, были использованы методы многомерного анализа данных. Методы многомерного анализа позволяют выявлять и интерпретировать скрытые факторы наравне с обычными учитываемыми факторами.

Задачи многомерного анализа сводятся к нахождению однородных неизвестных данных об объекте, его факторах, определению значимости их воздействия. Так как факторы операций перевозок являются взаимно воздействующими, то сложность их анализа и выявления зависимостей возрастает. Для решения таких задач следует использовать не один конкретный метод выявления зависимостей, а целый ряд подходов, которые дополняют друг друга, и в случае невозможности применения одного из методов компенсируют его.

Методы компонентного анализа используются, когда есть множество неизвестных факторов и связей. Точное число факторов заранее не известно, а часть их может проявляться косвенно через другие факторы. Значение искомого компонента могут находиться как объединением исходных первичных факторов в группы по различным признакам, так и разделением укрупненных факторов на элементы, а также методом нахождения на основе известного результата определяющих его неизвестных факторов.

Факторный анализ при нахождении главных характеристик взаимосвязи рассматриваемых явлений использует метод разбиения результативных оценок по формирующим их главным причинам.

Кластерный анализ направлен на определение однородности рассматриваемых объектов, анализ и идентификацию однородных объектов, образование новых групп, формирующих новые явления, содержательной интерпретации роли и значений этих групп.

Когда кластерный анализ не дает решения или для его решения не хватает исходных данных, обращаются к дискриминантному анализу. Дискриминантный анализ выявляет, идентифицирует и сравнивает однородности групп по общим критериям наблюдаемых объектов, определяемых по эмпирическим данным с их однородностью на основе эталонных оценок.

После получения конечных результатов рассмотренными методами следует их интерпретировать. Полученная интерпретация рассмотренных факторов, их взаимосвязи должны позволить построить план движения грузопотока в рамках формируемого транспортного коридора.

Зачастую вводят дополнительную систему мер и весов, основанную на выработанных годами нормативах и опыте ответственных сотрудников, которая позволяет вводить дополнительный элемент проверки на статистическое отклонение и погрешности в расчетах.

Программные решения

Повышение эффективности в транспортной отрасли напрямую связано со степенью стандартизации и автоматизации процессов. Широкое развитие мультимодального сообщения неизменно требует разработки новых программных решений для сопровождения грузопотоков [5, с. 98–101]. Создание таких программных средств следует разделить по области охвата:

- сопровождение транспортной операции;
- отслеживание состояния объектов во время обработки транспортных средств;
- ведение документооборота по всем аспектам транспортной операции.

Сопровождение транспортной операции состоит из таких важных аспектов, как: формирование транспортного коридора; подбор тары и транспортных средств, оптимальных для транспортной операции; оценка персонала, задействованного в транспортной операции. Сопровождение транспортной операции носит каскадный характер — на каждом из отдельных этапов возможно возвращение на один из предыдущих шагов и корректирование принятых параметров. Так же каскадный характер проведения транспортной операции заключается в возможности внесения изменений в уже принятый план транспортной операции во время ее выполнения как ответ на воздействие внешних факторов.

Во время формирования транспортной операции следует уделить особое внимание операциям обработки транспортных средств и грузов. Для формирования транспортной операции требуется составить график продвижения по транспортному коридору так, чтобы в ключевых моментах (прибытие на пункты обработки грузов и транспорта) был запас времени, не являющийся избыточным для транспортной операции, но и позволяющий при форс-мажорных обстоятельствах корректировать дальнейшие действия.

Для реализации управления грузопотоками в транспортных коридорах необходим постоянный мониторинг. Мониторинг грузопотоков позволит получать статистику как об основных влияющих факторах: состоянии транспортных средств, груза [6, с. 75–78; 7, с. 89–92], задействованного персонала, так и о внешних факторах, воздействующих на движение в транспортном коридоре: погодные условия, блокирование одного или нескольких участков транспортного коридора, нарушение договоренностей с какой-либо стороны [8, с. 216].

Для формирования отчетности организаций, задействованных в движении грузопотоков в транспортных коридорах [9, с. 134–136], система должна позволять вести документооборот. Так как международные транспортные операции затрагивают правовое поле не только Российской Федерации, но и другие страны, система должна действовать в рамках международных соглашений и положений о перевозке грузов [10, с. 38–42].

Система должна учитывать возможность формирования документов не только по шаблонам, принятым в Российской Федерации, но и по шаблонам других стран. При необходимости система должна формировать данные документы в нескольких видах: шаблоны страны-отправителя и получателя как на языке отправителя, так и на языке получателя. Далее все сводится к нотариальному заверению сформированных документов, если есть такая необходимость.

За основу формирования системы документооборота следует брать документооборот морского транспорта, так как он ратифицирован большинством стран мира и сбалансирован под общемировые стандарты.

Заключение

Начальными шагами в создании программного комплекса автоматизации мультимодальных грузоперевозок в рамках международных транспортных коридоров стало создание отдельных функциональных элементов, направленных на апробацию отдельных компонентов единого программного комплекса. Было создано программное решение «Оптимизация грузопотоков при мультимодальном сообщении» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613868), направленное на упрощение деятельности организаций, занимающихся сопровождением движения и размещением грузов на собственных складах. От программы потребовалось фиксировать: организации поставщика; склады, на которые была осуществлена доставка; факт сверки товара заявленного и фактического количества и качества товара и др.

Развитие созданного программного решения заключается в создании программного комплекса, охватывающего все стороны существования мультимодальных перевозок в рамках международных транспортных коридоров, а именно в программных решениях: «Управление экспедиторской деятельностью в рамках международных транспортных коридоров» и «Автоматизированная система сопровождения автогрузовых перевозок в рамках мультимодального сообщения».

Дальнейшее развитие созданных программных решений заключается в переносе апробированного функционала в систему интерактивных сервисов (Android, Apple). Такой подход позволит расширить целевую аудиторию, упростить систему пользования программным решением и снизить затраты на реализацию программно-технических составляющих путем использования мощностей мобильных устройств и созданных каналов связи, уделив больше внимания безопасности передаваемых и обрабатываемых данных.

Список литературы

1. *Нырков А. П.* Методы повышения эффективности работы портов в рамках международных транспортных коридоров / А. П. Нырков, Т. В. Дмитриева, С. С. Соколов // Речной транспорт (XXI век). — 2009. — Т. 1, № 42-1.
2. Алгоритмы автоматизированного управления технологическими процессами мультимодальных перевозок / А. П. Нырков [и др.] // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 4.
3. *Соколов С. С.* Математическое и алгоритмическое обеспечение оперативного управления транспортно-логистическими комплексами: дис. ... канд. техн. наук / С. С. Соколов. — СПб.: СПГУВК, 2011.
4. *Вихров Н. М.* Модели технологических процессов на транспорте / Н. М. Вихров, А. П. Нырков; под ред. Д. В. Гаскарова. — СПб.: Судостроение, 2002. — 422 с.: ил.
5. *Нырков А. П.* Математическая модель резервирующей системы и оптимизация ее работы / А. П. Нырков, Т. В. Дмитриева // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — Вып. 2.

6. Соколов С. С. Четырехмерная модель комплектровки груза на судне / С. С. Соколов // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — Вып. 3.

7. Соколов С. С. Математическая модель рационального размещения груза в трюмах судна / С. С. Соколов // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 7.

8. Соколов С. С. Экономико-математическая модель повышения прибыльности грузоперевозок / С. С. Соколов, А. П. Нырков // Региональная информатика (РИ-2010): материалы XII Междунар. конф. — СПб.: СПГУВК.

9. Соколов С. С. Экономико-математические модели перегрузочных процессов на транспорте / С. С. Соколов, А. П. Нырков // Водный транспорт России: инновационный путь развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 6–7 октября 2010 г. — СПб.: СПГУВК, 2011. — Т. 3.

10. Соколов С. С. Эффективные информационные модели транспортных процессов / С. С. Соколов [и др.] // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. тр. SWorld. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. — Вып. 4, т. 13.

УДК 004.7:656.078

Н. Ю. Вайгандт,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

MODERN INFORMATION TECHNOLOGYS IN AUTOMATED CONTROL OF TRANSPORT SYSTEMS

В статье рассматривается структура информационного обеспечения транспортно-логистических систем. Описываются компоненты, входящие в информационное пространство обеспечения деятельности логистического предприятия.

The article tells about the structure of the information providing transport and logistics systems. Describes the components included in the information space of the logistics software company.

Ключевые слова: логистика, информационное пространство, транспортный мониторинг, информационный менеджмент.

Key words: logistics, information space, transport monitoring, information management.

СОВРЕМЕННОЕ программное обеспечение, а также использование специализированной компьютерной техники позволяют значительно увеличить скорость и повысить качество управленческих решений. Логистика в ее современном состоянии и развитии уже не может существовать без информационных технологий. Большинство логистических концепций (SDP, JIT, DDT) невозможны без вычислительных сетей, телекоммуникационных систем и информационно-программного обеспечения [1; 2].

Важнейшим условием функционирования предприятия является наличие такой системы информации, которая позволила бы соединить всю деятельность организации (снабжение, производство, транспорт, складское хозяйство, распределение и т. д.) и обеспечить управление

ею, исходя из принципов единого целого. К такой системе можно предъявить следующие требования:

- быстрота и надежность. Сбор информации и данных о транспортных средствах и средствах производства должен быть автоматизированным [3, с. 215–216; 4, с. 74–78; 5, с. 43–53];
- структурированность информации. Необходима поддержка актуальной информации о ходе производственных процессов по каждому участку предприятия [3; 4];
- безопасность информации. Необходимо обеспечивать разграничение доступа к различным видам информации, циркулирующей в информационной системе, в соответствии с политикой информационной безопасности организации; создание защиты от несанкционированного доступа. Соответственно должны быть защищены системы и сети передачи информации [6, с. 58–61; 7, с. 5–8; 8, с. 78–82].

Современное информационное обеспечение логистических систем содержит ряд информационно независимых компонент (рис. 1). Рассмотрим их более детально.

Информационные источники. К ним стоит отнести такие информационные ресурсы, как книги, периодические издания, форумы, сайты различных логистических организаций. В свете развития технологий часть изданий (книги, периодика) распространяется в виде электронных книг и платных электронных ресурсов. Основной целью информационных источников является поддержание актуальности знаний сотрудников компании.

Таможня и право. Сюда входят информационно-правовые системы (ИПС), информационные системы управления таможенной деятельностью (ТИС), а также ряд справочных систем по вопросам страхования и аренды. Эти виды информационных продуктов выполняют консультационную функцию. Они необходимы для поддержания работы юридических, бухгалтерских и других подразделений компании, чья деятельность не связана непосредственно с логистикой.



Рис. 1. Информационное обеспечение логистики

Интернет-технологии. Для реализации возможности работы компании в регионах используются удаленные технологии сети Интернет. Они обеспечивают возможность централизованной работы операторов. К интернет-технологиям логистики относят:

- Application Service Providing (ASP) — технология, подразумевающая удаленную аренду информационных систем (ресурсов) у сторонних организаций;

— электронная коммерция (e-Commerce) — реализует технологии продаж услуг компании через Интернет. Современные системы позволяют осуществлять оплату (фрахтование) удаленно посредством интернет-банкинга;

— справочная телефония (Call Center) — система, базирующаяся на IP-телефонии компании и осуществляющая голосовую связь как с внутренними абонентами, так и с клиентами организации;

— облачные хранилища данных (Data Center) — обеспечивают хранение и структуризацию данных логистического оператора.

Телематика. Связь и навигация. С целью повышения актуальности данных, необходимых для деятельности компании, последние несколько лет стали активно использоваться телематические системы. Они позволяют мгновенно обмениваться информацией между сотрудниками (как внутри офиса, так и в региональных отделениях), а также получать сведения о перемещениях грузов клиентов. Среди телематических технологий стоит выделить:

— Global Positioning System (GPS) — система глобального позиционирования. Она позволяет в любом месте Земли определить местоположение и скорость объектов. В логистике ее применение в основном фокусируется на отслеживании перемещений груза и получении сведений о местонахождении перевозчика в режиме реального времени [9, с. 54–61];

— Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС, GLONASS) — российский аналог GPS;

— Radio Frequency Identification (RFID) — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках. Технология используется на складах и позволяет значительно сократить время на поиск, оптимизацию и инвентаризацию складских помещений;

— Fuel Monitoring System (FMS) — система, которая позволяет регистрировать и контролировать основные параметры использования транспортного средства. Система FMS предоставляет реальную информацию о фактическом расходе топлива, режиме движения и пробеге автомобиля, фиксирует время и объемы заправок и сливов топлива, производит косвенный контроль технических неисправностей и комплексный анализ работы техники в зависимости от условий эксплуатации и нагрузки транспорта.

Средства телематики взаимодействуют друг с другом в основном при помощи беспроводных наземных систем связи GSM, WAP. Также возможна передача данных в офис компании при помощи спутниковых каналов данных (СВЧ-диапазон).

Бизнес ПО. С целью экономической выгоды компании — логистические операторы используют специальное программное обеспечение (ПО). Оно позволяет налаживать обмен данными внутри компании, формировать отчетность, наглядно визуализировать ресурсы организации. Также такое ПО обеспечивает различные логистические расчеты: маршруты, затраты, конкурентоспособность. Пожалуй, самыми интересными направлениями в развитии таких программных продуктов являются:

— Корпоративная информационная система (КИС) — включает в себя информационные центры, базы данных, системы связи и совместной работы;

— Географическая информационная система (ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информацией о необходимых объектах;

— Система управления цепями поставок (SCM) — предназначенные для автоматизации и управления всеми этапами снабжения предприятия и для контроля всего товародвижения;

— Система управления взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management, CRM) — программное обеспечение для организаций, предназначенное для автоматизации страте-

гий взаимодействия с заказчиками (клиентами), повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов;

— Warehouse Management System (WMS) — аппаратно-программный комплекс, позволяющий эффективно управлять размещением и перемещением товаров на складе;

— Enterprise Resource Planning (ERP) — организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности.

Отдельный интерес среди отраслей информационной логистики представляет *информационный менеджмент*, а также аналитические инструменты (системы) и технологии. Они базируются на математических и алгоритмических моделях, являясь мощным средством имитации транспортных, логистических и стратегических моделей. Также они позволяют создавать сценарии путем моделирования изменений и соответствующих уровней обслуживания, строить убедительные экономические модели (подкрепленные надежными показателями и финансовыми данными), изучать цепочку поставок и уточнять производственные моменты, добиваться достоверности посредством иллюстрации проблем и показателей [10, с. 38–42].

Становится актуальным вопрос о создании интегрированных информационных систем, способных выполнять активную управленческую роль, анализируя все задачи, стоящие в очереди на выполнение, оптимизируя маршруты движения погрузочно-транспортного обслуживания и выдавая сигнал персоналу о необходимости выполнить наиболее приоритетную задачу.

Список литературы

1. Алесинская Т. В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления / Т. В. Алесинская. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. — 121 с.
2. Губин С. В. Информационные технологии в логистике: курс лекций для высших технических учебных заведений / С. В. Губин, А. В. Боярчук. — Киев: Миллениум, 2009. — 60 с.
3. Нырков А. П. Автоматизация управления транспортным комплексом / А. П. Нырков, С. С. Соколов // Региональная информатика–2010 (РИ–2010): материалы XII Междунар. конф. — СПб.: СПОИСУ, 2010.
4. Нырков А. П. Автоматизация управления мультимодальными перевозками / А. П. Нырков [и др.] // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2013. — Вып. 2 (18).
5. Нырков А. П. Алгоритмы автоматизированного управления технологическими процессами мультимодальных перевозок / А. П. Нырков [и др.] // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2010. — Вып. 4 (8).
6. Нырков А. П. Методика проектирования безопасных информационных систем на транспорте / А. П. Нырков, А. В. Башмаков, С. С. Соколов // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2010. — № 3.
7. Нырков А. П. Помехозащищенность как фактор обеспечения стабильной работы сети передачи данных на транспорте / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Современные направления теоретических и прикладных исследований–2013: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. тр. Sworld. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. — Вып. 1, т. 8.

8. *Нырков А. П.* Безопасность информационных потоков в АСУДС / А. П. Нырков, П. В. Викулин // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2010. — № 4.

9. *Нырков А. П.* Контроль целостности данных при мониторинге транспортных средств / А. П. Нырков, Н. Ю. Вайгандт // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2013. — Вып. 1 (17).

10. *Нырков А.П.* Эффективные информационные модели транспортных процессов / А. П. Нырков [и др.] // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании—2012: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. тр. Sworld. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. — Вып. 4, т. 13.

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.052.484

С. Н. Некрасов,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. В. Капустин,
канд. техн. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

М. С. Старов,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МАКРОКОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУДОВОЖДЕНИЯ

MACRO COGNITIVE MODELING OF NAVIGATIONAL PROCESSES

В работе рассмотрено применение макрокогнитивного моделирования к процессам судовождения, показаны способы разрешения системных противоречий современного судовождения. Также описаны этапы реализации технологии подобного моделирования.

In the paper the use of macro cognitive modeling in adaptation to navigational processes is considered, the solutions for system conflicts in the modern system of navigation are shown. Also the stages of the implementation of such technology are described.

Ключевые слова: безопасность плавания, когнитивное моделирование, процессы судовождения, методика анализа.

Key words: safety of navigation, cognitive modeling, navigational processes, method of analysis.



АНАЛИЗ современного состояния развития средств и методов кораблевождения позволяет выявить ряд особенностей и противоречий, которые необходимо учитывать при разработке современных методов судовождения в интересах безусловного и высококачественного решения общих и специальных задач судовождения, среди которых важнейшую роль играют задачи обеспечения безопасности плавания.

Среди значительных противоречий, которые, на наш взгляд, наиболее ярко проявляются в настоящее время, следует отметить следующие. Современный уровень развития технических средств кораблевождения в первую очередь спутниковых навигационных систем, радиолокационных систем и тому подобного, позволил значительно повысить полноту, точность и достоверность освещения текущей надводной обстановки. Однако методы комплексного анализа и прогноза развития обстановки нуждаются в совершенствовании путем идентификации моделей динамики развития ситуаций, перерастания их в опасные и критические ситуации.

Отставание в развитии методов судовождения сказывается на навигационной безопасности плавания, аварийности на море и на качестве подготовки судоводителей, вахтенных офицеров, штурманов. Виртуальные модели существующих технических средств судовождения, внедренные в современные тренажеры с применением современных компьютерных технологий, позволяют создать адекватные модели средств судовождения. При этом отсутствие проблемно-ориентированных методов разрешения опасных навигационных ситуаций не позволяет организовывать

сценарные подходы к формированию навыков и умений современных судоводителей с использованием современных тренажеров.

Современный период характеризуется еще и тем, что появилась необходимость разработки новых подходов к идентификации моделей судовождения, объективными составляющими которых являются оператор (субъект управления), корабль — объект управления и совокупность внешних плохо формализуемых факторов, что порождает трудности формализации целостной системы, которые не могут быть разрешены методами теории эргатических систем, теории искусственного интеллекта и другими известными аналитическими методами [1, с. 104–160].

Кроме указанного выше, следует отметить и тот факт, что в деятельностной модели судовождения, помимо точности и надежности координатно-временного обеспечения, стали все больше проявляться факторы среды, психофизиологические факторы субъекта управления. Причем их многообразие, взаимная связность, трудности измерения и учета в повседневной деятельности приводят к появлению слабоструктурированных факторов. Следовательно, возникает необходимость разработки новых теоретических подходов и методов, способных уменьшить существующие противоречия развития теории, свойственные системе судовождения.

Одними из таких новых подходов являются методология когнитивного моделирования.

Когнитивное моделирование в задачах анализа и управления слабоструктурированными организационно-техническими системами (СС ОТС), к которым можно отнести систему судовождения, позволяет исследовать функционирование и развитие СС ОТС путем построения модели слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт. Основным элементом когнитивной карты являются базисные факторы, влияющие на поведение системы, и причинно-следственные связи между ними [2, с. 82–95].

Содержательно, базисные факторы — это факторы, которые определяют и ограничивают наблюдаемые явления и процессы в СС ОТС кораблевождения, с одной стороны, а с другой стороны, интерпретируются субъектом управления как существенные, ключевые параметры и признаки этих явлений и процессов.

При становлении когнитивного подхода формальное представление когнитивной карты было принято в виде знакового графа, вершинами которого являются факторы, а ребрами — знаки. В последнее время все чаще когнитивные карты представляются в виде взвешенного графа, в котором вершинам сопоставляются факторы, а ребрам — веса в той или иной шкале.

В настоящее время бывают различные интерпретации вершин, ребер и весов на ребрах, а также различные функции, определяющие влияние связей на факторы, что приводит к различным модификациям когнитивных карт, средствам и способам их исследований. При этом интерпретации могут различаться как в содержательном плане, так и в математическом.

В настоящее время принято различать следующие типы когнитивных карт:

- концепт-карты, фокусирующие внимание ассоциации и важность понятий;
- карты, показывающие размерность категорий и когнитивных таксономий;
- карты, представляющие влияние, причинность и системную динамику (каузальные когнитивные карты);
- карты, отражающие структуру аргументов и заключений;
- карты, иллюстрирующие фреймы и коды восприятия и т. п.

В наибольшей степени пока в когнитивном моделировании СС ОТС судовождения можно использовать каузальные карты. Эти карты строятся с применением графа специального вида, вершинами которого являются значимые вероятностные события, отражающие суть процесса кораблевождения и фиксирующие влияние частных вершин графа на головные события, отражающие вектор целей функционирования СС ОТС кораблевождения.

Применение когнитивного моделирования СС ОТС судовождения позволяет решить много новых прикладных задач, которые ранее решались интуитивно и приближенно. К таким задачам следует отнести оценку и влияние различных факторов в целостной системе судовождения на эффективность решения задач судовождения, выявить структуру проблем (ситуаций) во всем

их многообразии, определить наиболее значимые в системном смысле факторы (концепты и т. п.) [3].

Если в когнитивной карте выделены целевые и входные концепты, на которые можно воздействовать путем использования ресурсов (материальных, информационных, алгоритмических и т. п.), то круг решаемых задач расширяется и может включать оценку степени достижимости цели СС ОТС, разработку сценариев стратегий управления, поиск рациональных решений задач управления и т. п.

В настоящее время разрабатываются подходы к формализации первичных представлений о слабоструктурированных системах, о проблемах и ситуациях в виде обобщенных когнитивных карт для согласования различных представлений носителей проблем (экспертов по НГО и ГМО флота, экспертов по морскому праву, экспертов УМО, капитанов-наставников, ученых и т. п.). Решение этой задачи опирается на методы концептуальной структуризации и частные технологии формирования и согласования коллективных понятий.

Общая методика макрокогнитивного анализа СС ОТС кораблевождения заключается в следующем:

- 1) необходимо сформулировать цели и задачи исследования;
- 2) следует изучить сущность процесса кораблевождения с позиций поставленных целей исследования;
- 3) необходимо провести сбор, обработку и систематизацию существующей количественной и качественной информации по частным задачам кораблевождения, например по задачам обеспечения навигационной безопасности плавания, маневрирования при поиске и спасении на море, прокладке кабелей, трубопроводов и т. п.;
- 4) необходимо выделить основные характерные признаки изучаемого процесса и взаимосвязи факторов, определяющих структуру процесса, выявить действие основных законов, закономерностей, положений хорошей морской практики, требования основных международных, федеральных и местных руководящих документов и т. п., что позволяет выделить объективные зависимости, тенденции и особенности в процессах, сопутствующих решению главной задачи;
- 5) определить систему требований, условий и ограничений, присущую исследуемой слабоструктурированной навигационной ситуации;
- 6) из совокупностей всех объектов и субъектов, связанных с ситуацией, определить их возможности, ресурсы, способствующие развитию ситуации, что позволяет выделить значимые факторы и доступные ресурсы, на которые реально могут влиять субъекты сложной ситуации с целью ее разрешения;
- 7) определить пути реализации интересов и механизмы действия субъектов управления, что позволяет определить черты их поведения и повлиять на предотвращение нежелательных последствий развития ситуации.

Из общих положений макрокогнитивного моделирования вытекают основные этапы технологии анализа и моделирования сценариев развития ситуаций в судовождении, которые можно представить следующим образом:

Этап 1. Когнитивная структуризация знаний по СС ОТС судовождения и внешней среды на основании системного подхода:

- анализ исходной ситуации, отображающей состояние СС ОТС, с выделением базисных факторов, которые характеризуют информационные, эксплуатационные, гидрометеорологические и другие процессы, которые протекают в самой системе кораблевождения и его макрочужении;
- определение факторов (признаки), которыми характеризуются сильные и слабые стороны СС ОТС судовождения;
- определение факторов, которые характеризуют возможности угрозы функционирования СС ОТС со стороны внешней среды;
- выявление проблематики текущего функционирования СС ОТС судовождения.

Этап 2. Построение имитационной модели развития СС ОТС судовождения:

- определение и обоснование наиболее значимых факторов;
- установление и обоснование взаимосвязей между факторами;
- представление графовой модели.

Этап 3. Структурно-целевой анализ поведения СС ОТС судовождения:

- анализ непротиворечивости в векторе целей СС ОТС судовождения;
- анализ непротиворечивости вектора целей и вектора управления;
- анализ влияния вектора управления на достижимость вектора целей.

Этап 4. Сценарийное исследование тенденций развития СС ОТС судовождения:

- задание сценариев исследования на основе результатов структурно-целевого анализа;
- выявление тенденций изменения качества поведения СС ОТС судовождения с учетом макроокружения и управления;
 - моделирование развития ситуации в СС ОТС судовождения на основе экстраполяции начального состояния ситуации;
 - моделирование управляемого развития ситуации на основе использования методов прогноза и рационального использования ресурсов;
 - интерпретация результатов сценарийного исследования.

Таким образом, рассмотрены основы метода макрокогнитивного моделирования процессов судовождения, показаны способы разрешения системных противоречий современного судовождения с применением макрокогнитивного моделирования. Приведена последовательность и этапы реализации технологии макрокогнитивного моделирования качественно сложных процессов судовождения.

Список литературы

1. Коврига С. В. Когнитивная технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде / С. В. Коврига, В. И. Максимов // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: материалы I Междунар. конф., октябрь 2001 г. — М.: ИПУ РАН, 2001.
2. Корноушенко Е. К. Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды / Е. К. Корноушенко // Тр. Ин-та проблем управления. — 1999. — Т. 2.
3. Максимов В. И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений / В. И. Максимов, Е. К. Корноушенко, С. В. Качаев — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗОН ДЕЙСТВИЯ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС/GPS, УСТАНОВЛЕННЫХ НА РЕКЕ ОБЬ

MODELING OF THE TOPOLOGICAL STRUCTURE OF THE ZONES OF ACTION OF THE CONTROL-CORRECTING STATIONS DIFFERENTIAL SYSTEM GLONASS/GPS INSTALLED ON THE RIVER OB

В статье рассматриваются вопросы определения периметров зон действия контрольно-корректирующих станций дифференциальной системы ГЛОНАСС/GPS на р. Обь.

In article questions of definition of perimeters of operative ranges of control-corrective stations differential system GLONASS/GPS on the river Ob.

Ключевые слова: контрольно-корректирующая станция, дифференциальное поле, подстилающая поверхность, зона действия.

Key words: control-corrective stations, differential field, underlying surface, coverage.

В НАСТОЯЩЕЕ время на внутренних водных путях России для осуществления высокоточного позиционирования активно используются локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС) ГНСС ГЛОНАСС/GPS. В таких системах, как правило, корректирующая информация передается пользователем в диапазоне средних волн в полосе частот 283.5–325.0 кГц (рис. 1) [1; 2, с. 34–35].

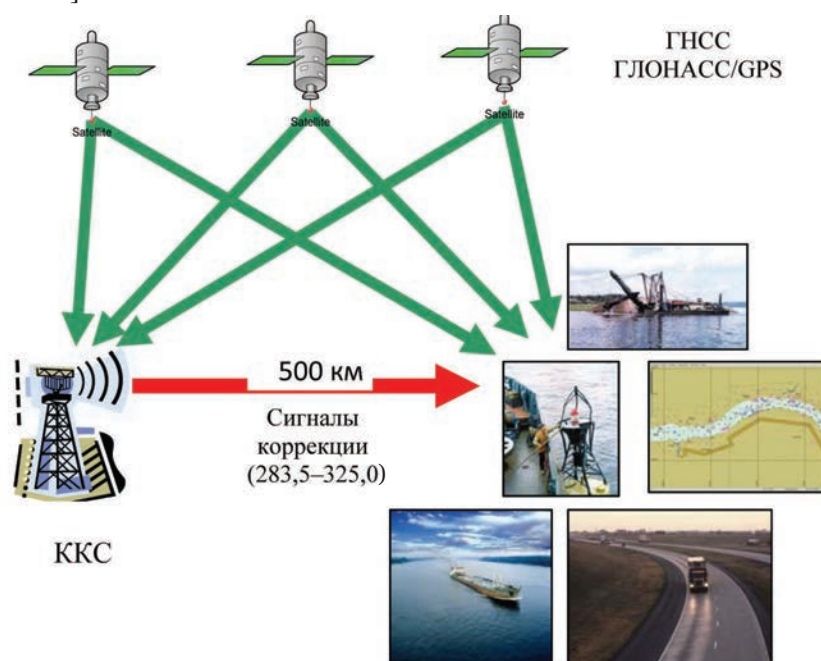


Рис. 1. Принципиальная схема построения локальных дифференциальных подсистем

У специалистов внутреннего водного транспорта особый интерес вызывают вопросы аналитического определения форм периметров зон действия ЛДПС, работающих в СВ-диапазоне, когда передача дифференциальной поправки осуществляется поверхностной волной. Для решения такой задачи достаточно успешно может быть использована аппроксимационная модель, описанная в [3], базирующаяся на сегментационной теореме $N = \alpha n + \beta m$. В качестве одного из преимуществ указанной теоремы стоит отметить возможность аппроксимации практически любой поликомпонентной подстилающей поверхности, состоящей более чем из одного однородного участка.

Методика аппроксимации поликомпонентной подстилающей поверхности показана на рис. 2 на примере шестикомпонентной подстилающей поверхности с учетом алгоритма преимущественных двоек.

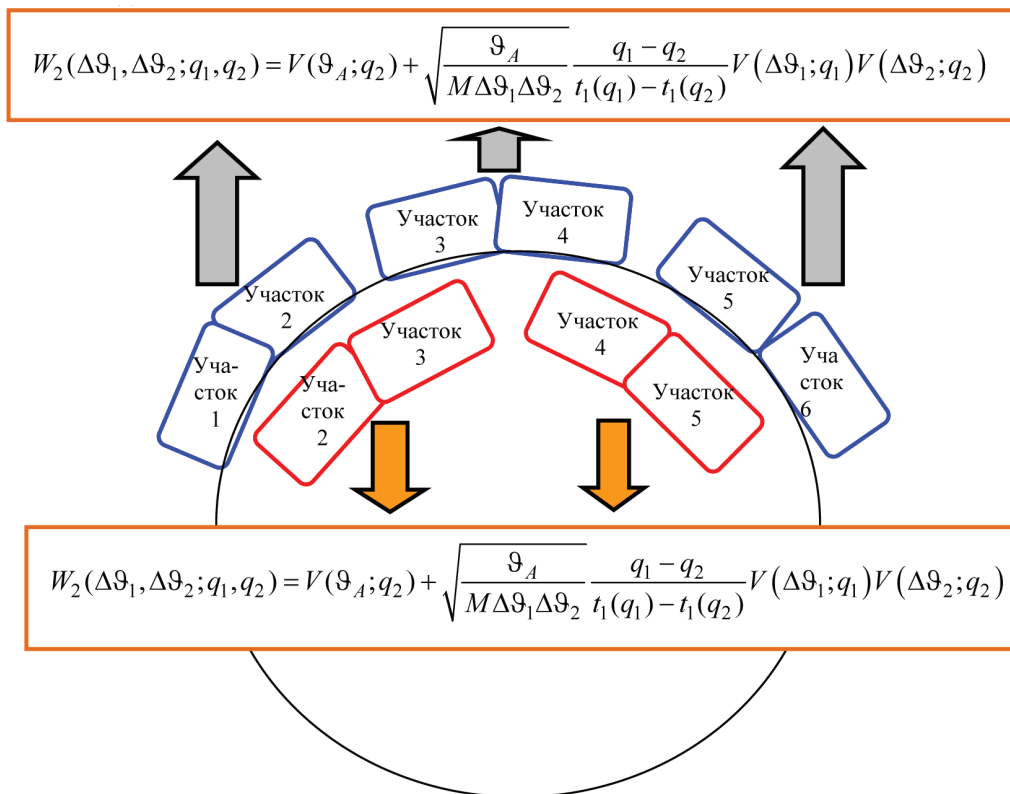


Рис. 2. Аппроксимация шестикомпонентной подстилающей поверхности

Как видно из рис. 2, на основе использования алгоритмов сегментации и сшивки можно аппроксимировать подстилающие поверхности, состоящие из произвольного количества однородных сегментов. Здесь стоит отметить, что использование подобных алгоритмов особенно эффективно при компьютерном моделировании форм периметров зон действия контрольно-корректирующих станций (ККС), работающих в СВ-диапазоне.

Для наглядности предложенных методик рассмотрим пример аналитического определения формы периметра зоны действия цепи ККС, расположенной в зоне ответственности ФБУ «Обское ГБУ». В данном случае для выбора опорного пункта установки ККС необходимо учитывать наличие необходимой инфраструктуры, что приводит к тому, что в районах Сибири и Дальнего Востока ККС устанавливаются, как правило, на максимальном плече, что, в свою очередь, в отдельных случаях может приводить к образованию локальных разрывов дифференциального поля при определенных условиях. На данном участке предполагается использование пяти ККС, а именно ККС Салехард, ККС Ханты-Мансийск, ККС Сургут, ККС Тобольск, ККС Омск. При определении рабочих зон действия этих ККС цепи учитывалась подстилающая поверхность и загоризонтная рефракция при мощности передатчика 400 Вт и чувствительности приемника 5 мкВ [3].

Таблица 1

Периметры зон действия ККС в зоне ответственности ФБУ «Обское ГБУ»

Название ККС	С, км	СВ, км	В, км	ЮВ, км	Ю, км	ЮЗ, км	З, км	СЗ, км
Салехард	500,0	461,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0
Ханты-Мансийск	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0
Сургут	371,7	371,7	288,0	288,0	288,0	288,0	288	371,7
Тобольск	470,0	288,0	288,0	288,0	203,7	288,0	288,0	288,0
Омск	288,0	288,0	203,7	203,7	288,0	288,0	203,7	288,0

Результаты математического моделирования сведены в табл. 1 и систематизированы по направлениям. После нанесения полученных результатов на реальную карту (рис. 3) видно, что поле дифференциальной поправки покрывает практически всю акваторию рассматриваемого района, однако имеет место область недостаточного перекрытия рабочих зон

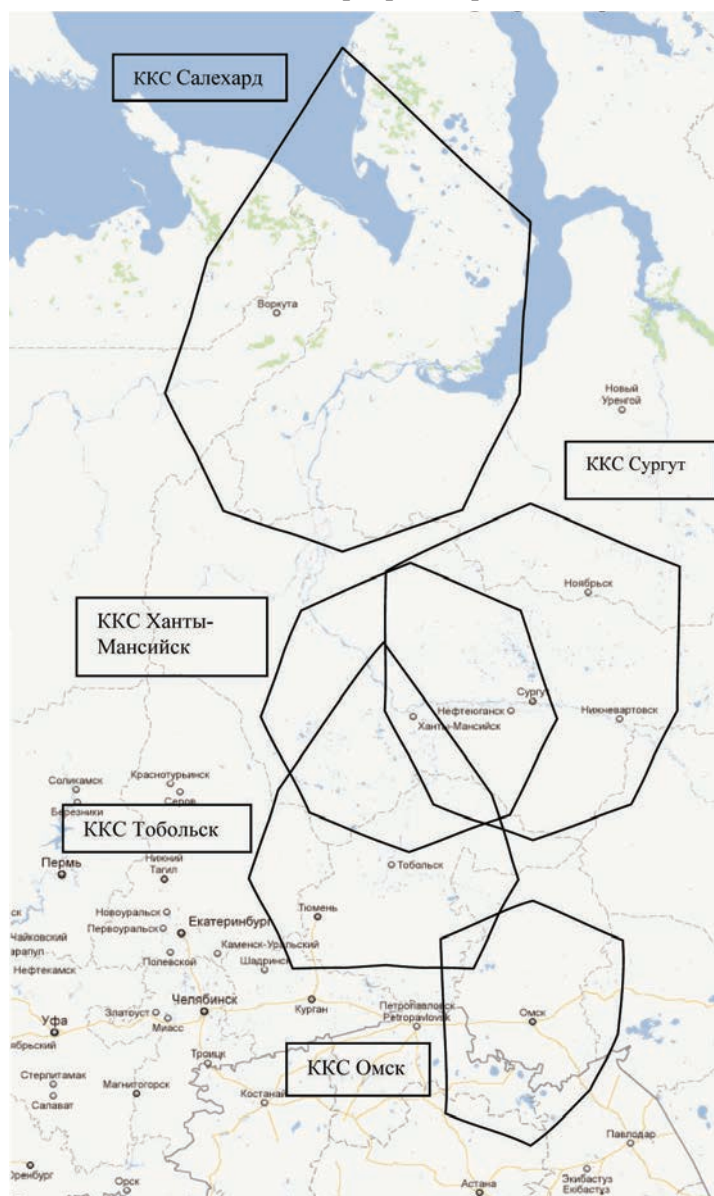


Рис. 3. Периметры зон действия ККС в зоне ответственности ФБУ «Обское ГБУ»

ККС Салехард и ККС Ханты-Мансийск в северном направлении по предварительной оценке, сделанной на основании математического моделирования форм периметров зон действия указанных ККС, разрыв составляет 30 км, в остальных случаях имеет место надежное перекрытие зон действия ККС. Здесь также стоит отметить, что имеет место несколько избыточное перекрытие зона действия ККС Ханты-Мансийск, ККС Сургут и ККС Тобольск, так как эта зона составляет более 280 км, что сопоставимо с радиусом зоны действия ККС Ханты-Мансийск. Однако при смещении ККС Ханты-Мансийск в северо-западном направлении по предварительным расчетам на 100 км можно добиться покрытия практически всей акватории рассматриваемого района.

Список литературы

1. Каретников В. В. Автоматизация судовождения / В. В. Каретников, В. Д. Ракитин, А. А. Сикарев. — СПб.: СПГУВК, 2007. — 265 с.
2. Андрюшечкин Ю. Н. / Ю. Н. Андрюшечкин, В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Морская радиоэлектроника. — № 3 (37). — СПб., 2011.
3. Андрюшечкин Ю. Н. Повышение эффективности информационного обеспечения речной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS для мониторинга и управления движением судов: дис. / Ю. Н. Андрюшечкин. — СПб., 2012. — 150 с.

УДК 656.61.052

В. А. Логиновский,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. А. Струков,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ПОСАДКИ СУДНА НА ГРУНТ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ

MODELING OF THE PROBABILITY ASSESSMENT OF GROUNDING THE VESSEL BY FUZZY NUMBERS

В статье описана методика анализа деревьев отказов как одного из методов моделирования опасных ситуаций и аварий в мореплавании. Методика позволяет получить количественную оценку вероятности (частоты) нежелательного события (потенциальной аварии) в условиях нечеткого задания исходных данных. Неопределенность исходных данных может иметь эпистемологический характер, источником которого являются экспертные оценки. Для описания вероятностей исходных событий предлагается использовать нечеткие числа. Количественные характеристики функций принадлежности определяются выбранной шкалой квантификаторов. Приводится пример реализации способа уровней множеств для решения задачи вероятностной оценки риска посадки судна на мель при прохождении узкости.

The article contains the description of Fault Tree Analysis as one of the methods of modeling the accidents and near misses in navigation. This method results in a quantitative evaluation of probability (frequency) of the potential hazardous event in fuzzy environment. Uncertainty of the initial data may be epistemic, i.e. caused by expert judgment. It is proposed in the article to use the fuzzy numbers to describe the probabilities of the initial events of the accident scenario. The quantitative characteristics of the membership functions are determined by particular quantifier scale. The example of using the level sets method for evaluation the probability of grounding the ship in the shallow waters is given.

Ключевые слова: ПДНВ, риск, вероятность, посадка на мель, нечеткие числа, дерево отказов.
Key words: STCW, risk, probability, grounding, fuzzy numbers, fault tree.

Введение

Безопасность мореплавания является одним из самых важных вопросов в судоходной индустрии. Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения (МКУБ) и Система управления безопасностью (СУБ), построенная на его основе, регулируют деятельность судоходных компаний и экипажей судов в этой сфере деятельности.

В соответствии с Манильскими поправками к Конвенции и Кодекса ПДНВ 78 командный состав транспортных судов должен уметь оценивать риск в различных видах деятельности экипажа на борту судна, а судоходные компании обязаны оценить все выявленные риски для ее судов, персонала и окружающей среды и обеспечить соответствующую защиту [8].

Согласно циркуляру ИМО [7] термин «риск» определяется как комбинация вероятности и тяжести последствий нежелательных событий. Важным вопросом для оценки риска является разработка методов оценки вероятности нежелательного события. Для оценки вероятности циркуляр рекомендует использовать такие логические методы, как дерево событий и дерево отказов, а также их комбинацию [7].

При недостатке статистических данных для оценки вероятности нежелательного события согласно п. 3.2.1 циркуляра [7] предлагается использовать экспертные оценки, а также физические, аналитические модели и имитационное моделирование.

1. Способы задания экспертных оценок в виде нечетких чисел

Нечетким подмножеством A во множестве U называется совокупность пар вида $(u, \mu_A(u))$, где $\mu_A(u)$ — функция принадлежности (ФП) нечеткого подмножества. Нормированная ФП принимает значение в диапазоне $[0,1]$;

U называется универсальным множеством и состоит из элементов u , что записывается в виде $u \in U$ (то есть элемент u принадлежит множеству U).

ФП $\mu_A(u)$ определяет степень принадлежности любого элемента подмножества A множеству U .

Нечеткие числа — это нечеткие переменные, определенные на оси действительных чисел R .

Нечеткое число определяется как нечеткое подмножество A на множестве R с ФП $\mu_A(u) \in [0,1]$ и $u \in R$ [2].

Например, некоторое число u может быть задано в виде: $\{0/0,1; 0,5/0,2; 1/0,3; 0,25/0,4; 0/0,5\}$, где знаменатель означает степень принадлежности числа u некоторому элементу оси R .

График будет выглядеть следующим образом:

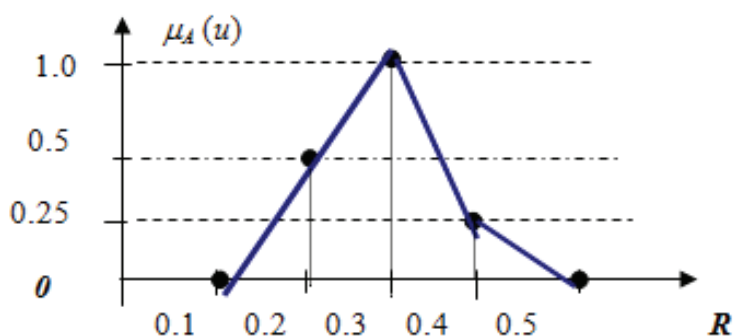


Рис. 1. Графическое изображение нечеткого числа u

В зависимости от источника возникновения неопределенность делится на два типа: случайная и эпистемологическая.

Случайная или статистическая неопределенность возникает из-за естественной, непредсказуемой изменчивости в поведении изучаемой системы. Знания экспертов не могут быть использованы для уменьшения данной неопределенности, но могут служить для получения ее количественной оценки. Например, неоднократное прохождение судна по одному и тому же фарватеру не дает абсолютно идентичных траекторий его движения вследствие влияния на него различных и не всегда предсказуемых возмущающих воздействий.

Эпистемологическая или систематическая неопределенность возникает вследствие отсутствия у эксперта практического знания о поведении системы, и эта неопределенность принципиально разрешима. С психологической точки зрения она показывает возможность существования ошибок в знаниях эксперта. Например, эксперт утверждает, что вероятность отказа электронного прибора ниже, чем механического, но не совсем в этом уверен.

Исходя из вышесказанного, источниками случайной неопределенности могут служить ошибки в измерениях или эмпирические данные, а эпистемологической — мнение экспертов и прогнозы на будущее.

Для количественного оценивания частоты (вероятности) события за определенный временной интервал в случае экспертных оценок применяют методику шкалирования квантификаторов, пример использования которой приведен в табл. 1 [3].

Таблица 1

Шкалирование квантификаторов

Разряд шкалы	Шкала квантификатора	Частота
1	Почти никогда	$< 0,1$
2	Очень редко	$0,1 < f < 0,3$
3	Редко	$0,3 < f < 0,45$
4	Ни часто, ни редко	$0,45 < f < 0,55$
5	Часто	$0,55 < f < 0,8$
6	Очень часто	$0,8 < f < 0,95$
7	Почти всегда	$> 0,95$

Для каждого разряда шкалы возможно введение следующих качественных понятий, относящихся к степени уверенности экспертов при формировании суждения о частоте (вероятности) реализации события и определяющих тип функции принадлежности (рис. 2). На рис. 2 по горизонтальной оси отложена P -вероятность (частота) нежелательного события, выраженная нечетким

числом вида $\{a/\mu; b/\mu; c/\mu; d/\mu\}$, а по вертикальной оси μ — степень уверенности эксперта в утверждении о вероятности события.

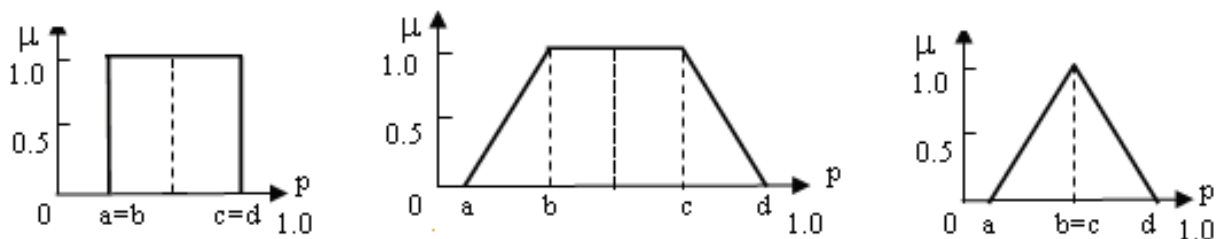


Рис. 2. Типы ФП в зависимости от степени уверенности эксперта.

Интервальная оценка среднего (тип ФП — прямоугольник),
неуверенная оценка среднего в виде интервала и граничных значений (типа ФП — трапеция),
уверенная оценка среднего в виде точечной оценки и граничных значений (тип ФП — треугольник)

Таким образом, используя некоторую шкалу квантификаторов, применяя различные формы функций принадлежности, возможно формирование моделей неопределенности экспертных оценок широкого класса.

2. Пример реализации метода уровневых множеств

Методы анализа деревьев отказов (ДО) и деревьев событий (ДС) включают в себя разработку методик выполнения операций над нечеткими числами. Дерево отказов — организованное графическое представление условий или других факторов, вызывающих нежелательное событие, называемое вершиной событий [1]. Под ДО в данной статье понимается логико-вероятностная модель, элементами которой являются вероятности нежелательных событий, связанных с безопасностью мореплавания.

Для реализации методик выполнения монотонных (возрастающих или убывающих) операций над нечеткими числами формируются уровневые множества. Суть способа, который является дальнейшим развитием принципа обобщения, состоит в представлении нечеткого числа в виде набора выпуклых нечетких подмножеств функций принадлежности, являющихся либо строго возрастающими, либо строго убывающими, либо постоянными.

Если непрерывное нечеткое число может быть дискретизировано по конечному числу уровней, то операции над нечеткими числами сводятся к выполнению операций над участками одинаковой монотонности отдельно. Операции выполняются над абсциссами точек, расположенных на одном уровне и участках одинаковой монотонности соответствующих функций принадлежности. Конечный результат получается объединением соответствующих функций принадлежности.

Рассмотрим пример реализации метода уровневых множеств в задаче оценки вероятности произведения двух событий, функции принадлежности которых имеют вид трапеции (рис. 3).

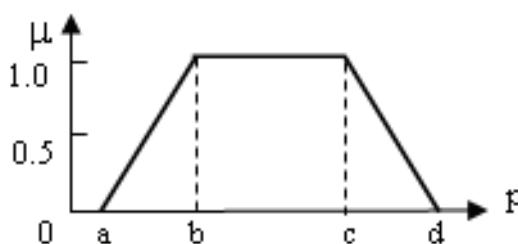


Рис. 3. Функция принадлежности вероятности события

Функция принадлежности в виде трапеции может быть интерпретирована как результат опроса экспертов, которые сформулировали свои суждения о прогнозе вероятностей следующим

образом: вероятность событий 1 и 2 находится в интервале $[a, d]$, но уверенная оценка вероятности лежит в интервале $[b, c]$. В табл. 2 приведены численные значения параметров построения a , b , c , d функции принадлежности для каждого события.

Таблица 2

Значения параметров функции принадлежности

Параметры	a	b	c	d
Событие 1	0,2	0,3	0,4	0,5
Событие 2	0,6	0,7	0,8	0,9

Для удобства анализа результатов вычислений примем число уровней дискретизации $k = 4$. Графическое пояснение дискретизации функции принадлежности приведено на рис. 4 и в табл. 2.

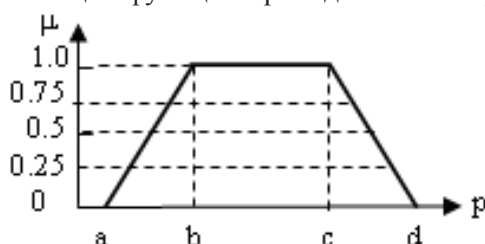


Рис. 4. Дискретизация функции принадлежности по числу уровней $k = 4$

В табл. 3 приведены примеры расчета вероятностей вершинного события в случае, когда два инициирующих события случаются одновременно (логическая операция «И» или умножение) и когда случается одно из инициирующих событий (логическая операция «ИЛИ», сложение). По таким же расчетам будет производиться вычисление вероятности вершинного события в дереве отказов, приведенном далее в работе.

В столбце «Монотонность» в табл. 3 условно обозначен характер монотонности функций принадлежности: «+» — возрастающий, «-» — убывающий и «=» — постоянный. Так как число уровней дискретизации для значений вероятностей событий 1 и 2 одинаково, то результаты действий над нечеткими числами также будут иметь выбранное число уровней дискретизации (в нашем случае — 4). Значения функций принадлежности для каждого уровня дискретизации приведены в столбце $\mu(p_i)$. Значения аргументов (вероятностей) для каждого элемента приведены в столбцах P_1 и P_2 .

Таблица 3

Исходные данные и результаты операций логического умножения («И») и сложения («ИЛИ») над нечеткими числами

Монотонность	$\mu(p_i)$	P_1	P_2	«И» (конъюнкция)	«ИЛИ» (дизъюнкция)
+	0	0,2	0,6	0,120	0,680
+	0,25	0,225	0,625	0,141	0,709
+	0,5	0,25	0,65	0,163	0,737
+	0,75	0,275	0,675	0,186	0,764
+	1	0,3	0,7	0,210	0,790
=	1	0,325	0,725	0,236	0,814
=	1	0,35	0,75	0,263	0,838
=	1	0,375	0,775	0,291	0,859
=	1	0,4	0,8	0,320	0,880
-	0,75	0,425	0,825	0,351	0,899
-	0,5	0,45	0,85	0,383	0,918
-	0,25	0,475	0,875	0,416	0,934
-	0	0,5	0,9	0,450	0,950

В результате вычислений получаем оценки вероятностей вершинных событий, описываемые нечеткими числами в зависимости от сценария «ИЛИ» (рис. 5), «И» (рис. 6).

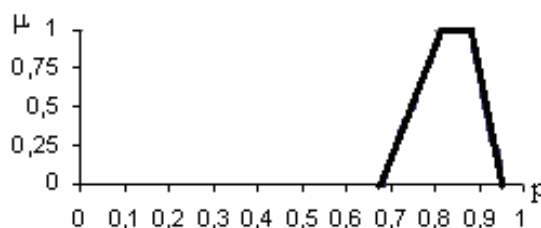


Рис. 5. Результат вычисления оценки вероятности вершинного события при применении операции «ИЛИ» (дизъюнкции)

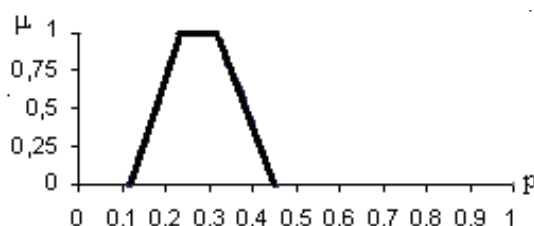


Рис. 6. Результат вычисления оценки вероятности вершинного события при применении операции «И» (конъюнкции)

3. Пример оценки вероятности посадки судна на грунт на основе построения и анализа дерева отказов

Рассмотрим возможность использования методики уровнейных множеств для анализа дерева отказов «Оценка вероятности посадки судна на грунт», представленного на рис. 7.

На рис. 7 использованы следующие обозначения иницирующих и вершинного событий:

X_1 — принятие ошибочного плана прохождения узкости; X_2 — ошибка в принятом плане не найдена; A_1 — выбранный путь является опасным; X_4 — координаты судна определены неточно; X_5 — неверные координаты нанесены на карту; A_3 — дана неверная команда рулевому; X_3 — отклонение от безопасного курса не обнаружено; A_2 — курс изменен в сторону опасности; T — посадка судна на грунт.

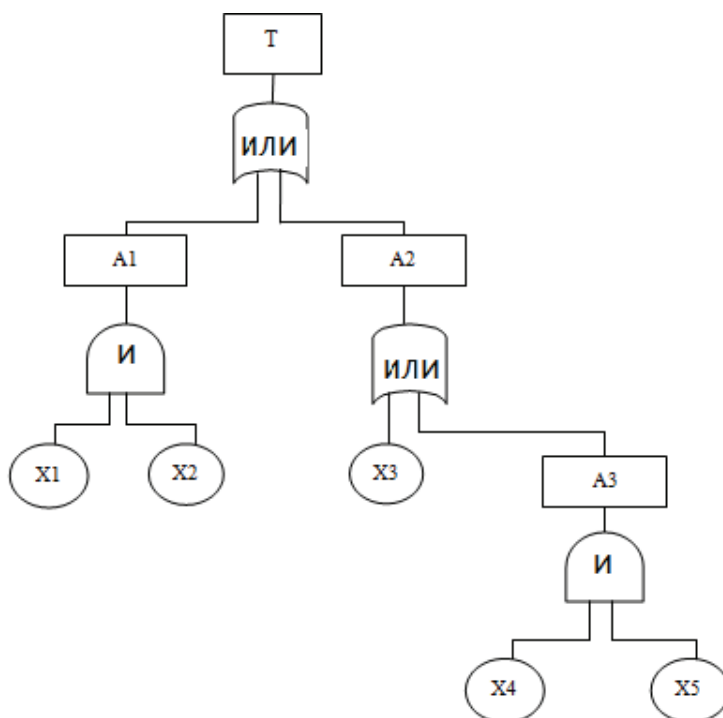


Рис. 7. Дерево отказов «Вероятностный анализ риска посадки судна на мель»

Полагаем, что исходная информация о вероятности инициирующих событий $X_1 \div X_5$ получена в результате анализа экспертных оценок и возможность реализации события определяется как нечеткое множество в виде нечеткого числа в диапазоне $[0,1]$ [5].

Таблица 4

Оценки вероятностей инициирующих событий $X_1 \div X_5$ экспертами в виде нечетких чисел

$\mu(p_i)$	P_{x1}	P_{x2}	P_{x3}	P_{x4}	P_{x5}
0	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0
1	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$2,15 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0
1	$7,0 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$2,45 \cdot 10^{-3}$	$2,45 \cdot 10^{-3}$	$2,45 \cdot 10^{-3}$
0	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,45 \cdot 10^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-3}$

Если заданы вероятности P_i событий X_i , то вероятность вершинного события («Посадка на грунт») T равна [4]:

$$P_T(P_1, \dots, P_5) = P_1 P_2 + (1 - P_1 P_2) (P_3 + (1 - P_3) P_4 P_5). \quad (1)$$

Задача оценки возможности реализации вершинного события эквивалентна определению следующей функции:

$$\tilde{P}_T(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2, \dots, \tilde{P}_5) = \tilde{P}_1 \tilde{P}_2 + (1 - \tilde{P}_1 \tilde{P}_2) (\tilde{P}_3 + (1 - \tilde{P}_3) \tilde{P}_4 \tilde{P}_5), \quad (2)$$

где $\tilde{P}_i$ — нечеткое число, определяющее вероятность нежелательных событий.

Примем количество уровней дискретизации $k = 10$. Совершая операции над нечеткими числами, аналогичные приведенным в п. 2 данной статьи, мы получаем ответ в виде нечеткого числа, функция принадлежности которого при используемых исходных данных будет представлена в виде трапеции (рис. 8).

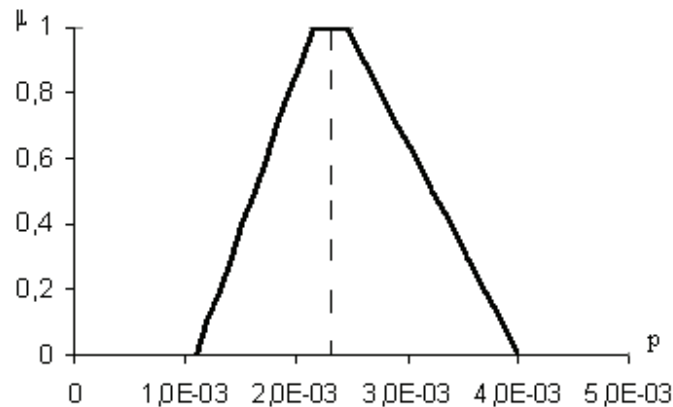


Рис. 8. Оценка вероятности посадки судна на грунт

Функция принадлежности для оценки вероятности посадки судна на грунт имеет трапецевидную форму с параметрами $a = 1,1 \cdot 10^{-3}$, $b = 2,15 \cdot 10^{-3}$, $c = 2,46 \cdot 10^{-3}$, $d = 4,01 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, носителем нечеткого множества полученной оценки, то есть пессимистической оценкой значения вероятности (по принципу «считай себя ближе к опасности»), является интервал значений $[a, d] = [1,1 \cdot 10^{-3}; 4,01 \cdot 10^{-3}]$.

Ядром нечеткого множества полученной оценки, то есть уверенной оценкой значения вероятности, является интервал $[b, c] = [2,15 \cdot 10^{-3}; 2,46 \cdot 10^{-3}]$.

На практике часто применяется переход от нечеткой формы функции принадлежности к четкой (интервальной) форме, используя в качестве интервалов значения переменной на уровне $\mu = 0,5$.

В этом случае интервал значений оценки вероятности посадки судна на грунт имеет значения $[1,625 \cdot 10^{-3}; 3,231 \cdot 10^{-3}]$.

Выбор конкретного значения вероятности посадки судна на грунт зависит от характера решаемых задач.

Выводы

Метод уровневых множеств является удобным и наглядным инженерным инструментом для оценки и анализа показателей риска при использовании метода деревьев отказов. Задание различных форм функций принадлежности при оценке экспертами вероятности (частоты) событий в сочетании со шкалированием квантификаторов позволяет рассмотреть весьма широкий класс представления экспертных оценок в виде нечетких чисел и уменьшить рассогласование между формальной оценкой вероятности нежелательных событий и ее оценкой на основе здравого смысла, что приведет к большей степени правдоподобности оценки риска в мореплавании.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. — М.: Стандартинформ, 2005.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. — М.: Радио и связь, 1976.
3. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Д. А. Поспелов. — М.: Энергоиздат, 1981.
4. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007.
5. Amrozowicz M. A Probabilistic Analysis of Tanker Groundings / M. Amrozowicz, A. J. Brown, M. Golay // 7th International Offshore and Polar Engineering Conference. May, 1997. — Honolulu, Hawaii, 1997.
6. Tanaka H. Fault-Tree Analysis by Fuzzy Probability / H. Tanaka [et al.] // IEEE Trans. Reliability. — 1983. — Vol. R-32, № 5.
7. International Maritime Organization (IMO). Maritime Safety Committee // Formal Safety Assessment, Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process / MSC/Circ. 1023–MEPC/Circ. 392. May 2007.
8. International Maritime Organization (IMO). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 2011. — L., 2011.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502.1/2:656

А. Е. Пластинин,
канд. техн. наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОГО УЩЕРБА ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТИ

ASSESSMENT OF EXPECTED DAMAGE TO WATER OBJECTS IN EVENT OF OIL SPILLS

Предложена оригинальная методика оценки риска разливов нефти на внутренних водных путях и приведен пример ее использования.

The original technique of an assessment of risk of oil spills on internal waterways is offered and the example of its use is given.

Ключевые слова: риск, ожидаемый ущерб, разливы нефти, классификация.
Key words: risk, expected damage, oil spill, classification.



При разливах нефти (РН) ущерб наносится важнейшим компонентам природной среды (поверхностным водным объектам, почве, атмосферному воздуху, биоресурсам), что обуславливается физико-химическими свойствами нефти и параметрами окружающей среды (ОС) [1, с. 152–157].

Данная работа посвящена вопросу оценки ожидаемого ущерба поверхностным водным объектам при РН с судов — одного из ключевых показателей риска последствий РН на море и внутренних водных путях (ВВП).

Риск последствий (ожидаемый ущерб) при РН на ВВП Российской Федерации целесообразно представить как сумму рисков в границах отдельных администраций бассейнов ВВП (АБ):

$$R_{\text{ПРН}}^{\text{РФ}} = \sum_{i=1}^{14} R_{\text{ПРН}i}^{\text{АБ}}, \quad (1)$$

где i — номер АБ; $R_{\text{ПРН}i}^{\text{АБ}}$ — ожидаемый ущерб от РН в границах i -й АБ, млн руб./год.

Для решения задач по предупреждению и снижению тяжести последствий РН необходимо разложить $R_{\text{ПРН}i}^{\text{АБ}}$ на две компоненты:

1) риск последствий РН, сконцентрированный на участках аварийности (УА). Сосредоточение риска обуславливается действием двух групп факторов: а) условия ОС (затрудненные для судоходства участки); б) факторы интенсивности судоходства и транспортных операций — порты, нефтепричалы, рейды, значительный судопоток и пр.

2) риск последствий РН, рассеянный по бассейну вне УА и связанный преимущественно с действием человеческого фактора, а также со случайными и редкими событиями (технические неисправности судна, стихийные бедствия, резкое падение и подъем уровня воды, внезапный ветровой шквал, террористический акт и пр. [2]).

Основными иницирующими событиями (причинами), формирующими уровни рассматриваемых видов риска, являются: невыполнение командным составом, судовладельцем и береговыми работниками требований, установленных в нормативных документах по безопасности судоходства; нарушение командным составом трудовой дисциплины; выбор неудачного маневра, отсутствие учета действия внешних факторов, влияющих на управляемость и др. [2].

Таким образом, выражение для оценки $R_{\text{ПРН}i}^{\text{АБ}}$ следует записать в следующем виде:

$$R_{\text{ПРН}i}^{\text{АБ}} = \sum_{j=1}^L R_{\text{ПРН}j}^{\text{УА}} + R_{\text{ПРН}i}^{\text{ВУА}}, \quad (2)$$

где $R_{\text{ПРН}j}^{\text{УА}}$ — ожидаемый ущерб от РН, сконцентрированный на j -м УА в границах i -й АБ, млн руб./год; $R_{\text{ПРН}i}^{\text{ВУА}}$ — ожидаемый ущерб от РН вне УА (рассеянный по бассейну) в границах i -й АБ, млн руб./год; L — количество УА в границах i -й АБ, для Волжского бассейна $L = 103$.

В данной работе выполняется оценка ожидаемого ущерба от РН, сконцентрированного на УА.

Вероятность и тяжесть последствий РН зависят от вида флота, поэтому выражение для определения $R_{\text{ПРН}j}^{\text{УА}}$ следует записать в следующем виде:

$$R_{\text{ПРН}j}^{\text{УА}} = \sum_{k=1}^F R_{\text{ПРН}jk}^{\text{УА}}, \quad (3)$$

где $R_{\text{ПРН}jk}^{\text{УА}}$ — ожидаемый ущерб от РН с судов, относящихся к k -му виду флота, сконцентрированный на j -м УА в границах i -й АБ, млн руб./год; F — количество видов флота, работающих на j -м УА в границах i -й АБ.

$$R_{\text{ПРН}jk}^{\text{УА}} = P_{\text{РН}jk}^{\text{УА}} \cdot R_{\text{УСЛРН}jk}^{\text{УА}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{РН}jk}^{\text{УА}}$ — вероятность РН на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота, в границах i -й АБ, 1/год; $R_{\text{УСЛРН}jk}^{\text{УА}}$ — условный ожидаемый ущерб от РН на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота, в границах i -й АБ, млн руб.

РН на УА транспортных судов может произойти при условии реализации следующей последовательности событий: возникновение транспортного происшествия (ТП), участие в ТП судна определенного вида флота и собственно возникновение РН при ТП.

Согласно теореме умножения вероятностей [3] формула для расчета вероятности РН на j -м УА будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{РН}jk}^{\text{УА}} = P_{\text{ТП}j}^{\text{УА}} \cdot P_{\text{ТП}jk}^{\text{УА}} \cdot P_{\text{ТП}jk}^{\text{УА}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{ТП}j}^{\text{УА}}$ — вероятность возникновения ТП на j -м УА; $P_{\text{ТП}jk}^{\text{УА}}$ — вероятность того, что в ТП на j -м УА участвует судно, относящееся к k -му виду флота; $P_{\text{ТП}jk}^{\text{УА}}$ — вероятность возникновения РН при ТП на j -м УА с участием судна, относящегося к k -му виду флота.

ТП являются событиями, которые происходят в случайные моменты времени. Такие события образуют последовательность, называемую потоком событий [3]. В рассматриваемых условиях поток событий обладает свойствами отсутствия последовательности, стационарности и ординарности, то есть является пуассоновским потоком [3]. Проведенная оценка степени расхождения теоретических и эмпирических частот с помощью критерия хи-квадрат свидетельствует о достаточном соответствии эмпирического распределения распределению Пуассона, поэтому

$$P_{\text{ТП}j}^{\text{УА}} = \frac{(\lambda_j T)^m}{m!} e^{-\lambda_j T}, \quad (6)$$

где T — период, за который необходимо рассчитать вероятность возникновения ТП, принимаем 1 год; m — количество событий за данный интервал времени T , так как возникновение ТП на участке ВВП событие маловероятное, то принимаем $m = 1$; λ_j — средняя интенсивность потока аварий на выбранном участке ВВП, которую легко вычислить, для некоторой совокупности объектов, если известна статистика ТП за достаточно длительный промежуток времени, используя формулу

$$\lambda_j = \frac{n_j}{t}, \quad (7)$$

где t — период рассмотрения, $t = 33$ года; n_j — число ТП на УА за период рассмотрения.

Для оценки вероятностей $P_{\text{ТП ВФ } jk}^{\text{УА}}$ и $P_{\text{ТП ВФ РН } jk}^{\text{УА}}$ используются статистические данные по аварийности транспортных судов:

$$P_{\text{ТП ВФ } jk}^{\text{УА}} = \frac{n_{\text{ТП ВФ РН } jk}}{N_j}, \quad (8)$$

где $n_{\text{ВФ } jk}$ — количество ТП на j -м УА с участием судов, относящихся к k -му виду флота; N_j — общее количество ТП на j -м УА.

$$P_{\text{ТП ВФ РН } jk}^{\text{УА}} = \frac{n_{\text{ВФ РН } jk}}{N_{jk}}, \quad (9)$$

где $n_{\text{ВФ РН } jk}$ — количество ТП с РН на j -м участке аварийности с участием судов, относящихся к k -му виду флота; N_{jk} — количество ТП на j -м участке аварийности с участием судов, относящихся к k -му виду флота.

Условный ожидаемый ущерб от РН (определенный при условии «РН произошел») зависит от времени года появления события «РН» (весна, лето и осень) и массы разлива:

$$R_{\text{УСЛРНВФ } jk}^{\text{УА}} = \sum_{z=1}^3 \sum_{d=1}^W P_{\text{ВГ } jkz}^{\text{УА}} \cdot P_{\text{МР } jkd}^{\text{УА}} \cdot V_{zd}, \quad (10)$$

где $P_{\text{ВГ } jkz}^{\text{УА}}$ — вероятность появления РН на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота в z -е время года; $P_{\text{МР } jkd}^{\text{УА}}$ — вероятность появления РН массой, входящей в интервал d на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота; V_{zd} — размер вреда, причиненный водному объекту (в данной работе в качестве примера приведены результаты расчета вреда водному объекту) РН массой, входящей в интервал d на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота в z -е время года, млн руб.; W — количество интервалов масс РН, определяется в соответствии с [4] с учетом статистических данных по массам разливов; z — время года, принимает три значения: весна, лето, осень.

Для оценки вероятностей $P_{\text{ВГ } jkz}^{\text{УА}}$ и $P_{\text{МР } jkd}^{\text{УА}}$ используются статистические данные по аварийности транспортных судов.

$$P_{\text{ВГ } jkz}^{\text{УА}} = \frac{n_{\text{ВГ } jkz}}{N_{jk}}, \quad (11)$$

где $n_{\text{ВГ } jkz}$ — количество ТП на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота в z -е время года; N_{jk} — количество ТП на j -м УА с участием судов, относящихся к k -му виду флота.

$$P_{\text{МР } jkd}^{\text{УА}} = \frac{n_{\text{МР } jkd}}{N_{jk}}, \quad (12)$$

где $n_{\text{МР } jkd}$ — количество ТП с РН массой, входящей в интервал d на j -м УА с судов, относящихся к k -му виду флота; $N_{\text{РН } jk}$ — количество ТП с РН на j -м УА с участием судов, относящихся к k -му виду флота.

V_{zd} рассчитывается в соответствии с методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (утв. приказом МПР РФ от 13 апреля 2009 г. № 87) [4].

$$V_{zd} = K_{\text{ВГ } z} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{ИН}} \cdot K_{\text{ДЛ}} \cdot H_d, \quad (13)$$

где $K_{\text{ВГ } z}$ — коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от z -го времени года, $K_{\text{ВГ } z}$ (весна) = 1,25 (март, апрель, май), $K_{\text{ВГ } z}$ (лето) = 1,10 (июнь, июль, август), $K_{\text{ВГ } z}$

(осень) = 1,15 (сентябрь, октябрь, ноябрь); K_B — коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), $K_B = 1,41$ (Волга); $K_{ин}$ — коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, принимается на уровне интегрального индекса-дефлятора по отношению к 2007 г., который на соответствующий год определяется как произведение индексов-дефляторов по годам, устанавливаемых решением органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации по строке «инвестиции (капитальные вложения) за счет всех источников финансирования», $K_{ин}(2012) = 1,45$; $K_{дл}$ — коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия нефтепродукта на водный объект при непринятии мер по его ликвидации; $K_{дл} = 1,1$ (до 6 ч включительно); H_d — такса для исчисления размера вреда от сброса нефтепродуктов массой, входящей в интервал d .

В соответствии с этим предлагается следующая последовательность оценки риска последствий РН: 1) создание базы данных по ТП; 2) определение границ УА; 3) оценка сконцентрированного на УА риска последствий РН; 4) оценка рассеянного риска последствий РН; 5) оценка и картирование риска последствий РН.

В Волжской государственной академии водного транспорта (ВГАВТ) для этих целей была создана и обновляется база данных (БД), содержащая информацию по ТП Волжско-Камского, Северо-Западного, Азово-Донского, Печорского, Обского, Обь-Иртышского и Ленского бассейнов (далее — БДТП) [5, с. 92–97]. При заполнении БДТП использовались статистические данные по ТП Федеральной службы по надзору в сфере транспорта за временной интервал 33 года (с 1980 по 2012 г.). БД включает: место ТП, дата аварии, описание ТП, причина ТП, наличие повреждений корпуса судна, вид флота, номер проекта судов, грузоподъемность судна, виды перевозимых грузов, наличие затопления, объем разлива, тип нефтепродукта, запас топлива, ссылка на справочник по серийным транспортным судам, определенные в результате статистического анализа с 95 %-ной вероятностью границы УА, чувствительные к нефтяному загрязнению районы (водозаборы, особо охраняемые природные территории).

БДТП содержит данные по 2423 ТП и структурно реализована в ПАК PISCES II «Система моделирования и анализа аварий, связанных с загрязнением окружающей среды», установленного в Учебно-тренажерном центре по управлению кризисными ситуациями природного и техногенного характера ФБОУ ВПО «ВГАВТ».

В данной работе в качестве примера выполнена оценка риска последствий РН в Волжско-Камском бассейне, сконцентрированного на УА.

Оценки вероятности РН на УА с судов, относящихся к различным видам флота, в границах администрации Волжского бассейна ВВП $P_{РН\ вф,jk}^{УА}$ приведены в табл. 1.

Наибольшая вероятность РН на УА наблюдается у сухогрузных судов. В зависимости от УА эта вероятность варьируется от 0 до 0,035215, а в целом по бассейну составляет 1,145762 (см. табл. 1).

На втором месте по вероятности РН на УА находятся нефтеналивные суда. В зависимости от УА эта вероятность изменяется от 0 до 0,01631, а в целом по бассейну составляет 0,573062.

Третье место по вероятности РН на УА занимают пассажирские суда. В зависимости от УА эта вероятность варьируется от 0 до 0,012232, а в целом по бассейну составляет 0,29765.

На последнем месте по вероятности РН на УА находятся буксирные суда. В зависимости от УА эта вероятность варьируется от 0 до 0,010074, а в целом по бассейну составляет 0,260895.

Оценки ожидаемого ущерба от РН на УА в границах администрации Волжского бассейна ВВП $P_{ПРН,j}^{УА}$ (млн руб./год), а также итоги ранжирования УА по величине ожидаемого ущерба представлены в табл. 2.

Таблица 1

Оценки вероятности РН на УА с судов, относящихся к различным видам флота $P_{РН}^{УА} \text{ в } \text{в}_{jk}$

№	Источник РН, км	Вид флота			
		сухогрузные	нефтеналивные	буксирные	пассажирские
1	509,9	0,006573	0,013146	0	0,004382
2	528,2	0,007645	0,015289	0	0,005096
3	597,7	0,008181	0	0	0
...	...	...	...	...	...
50	1472,2	0	0,00337	0,00337	0
51	1485,5	0	0,001355	0,001355	0
52	1502,1	0	0,00279	0,00279	0
53	1528,7	0	0,005723	0,005723	0
...	...	...	...	...	...
101	3038,7	0,017258	0,011094	0,003698	0,003698
102	3046,7	0,018825	0,012102	0,004034	0,004034
103	3054,8	0,013565	0,00872	0,002907	0,002907
В целом по бассейну		1,145762	0,573062	0,260895	0,29765

Таблица 2

Оценки ожидаемого ущерба от РН на УА $P_{ПРНj}^{УА}$ (млн руб./год)

№	Источник РН, км	$P_{ПРНj}^{УА}$	Класс опасности по величине ожидаемого ущерба от РН при ТП
1	509,9	1,41501	2
2	528,2	1,64577	1
3	597,7	0,04011	7
...	...	...	...
50	1472,2	0,365483	6
51	1485,5	0,146952	7
52	1502,1	0,302598	6
53	1528,7	0,620697	5
...	...	...	...
101	3038,7	1,269749	2
102	3046,7	1,385077	2
103	3054,8	0,99813	3
В целом по бассейну		67,69923	5-й класс 0,657274

На основании полученной таблицы можно предложить следующий порядок ранжирования УА в пределах Волжско-Камского бассейна с точки зрения ожидаемого ущерба от РН при ТП:

1) УА первого класса опасности (**чрезвычайно опасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 1,422154 до 1,888864 млн руб./год.

К УА относятся 1192,4 км; 2553,3 км; 1738,1 км; 1856,3 км; 528,2 км; 1402,8 км; 1892,2 км; 1172,7 км; 1923,7 км (всего 9 УА).

2) УА второго класса опасности (**особо опасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 1,188799 до 1,422154 млн руб./год.

Таковыми УА являются 509,9 км; 911,9 км; 3046,7 км; 1278,5 км; 1381,5 км; 985,4 км; 2800,6 км; 939,2 км; 3038,7 км; 1235,3 км (всего 10 УА).

3) УА третьего класса опасности (**высоко опасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 0,955445 до 1,188799 млн руб./год.

Это такие УА, как 2678,8 км; 2573,9 км; 1914 км; 2579,9 км; 1076,8 км; 1069,5 км; 3054,8 км (всего 7 УА).

4) УА четвертого класса опасности (**умеренно опасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 0,72209 до 0,955445 млн руб./год.

К таким УА относятся 1245,8 км; 1442,6 км; 2650,8 км; 866,4 км; 874,1 км; 2722,7 км; 857,6 км; 1622,2 км; 1290,2 км; 893,1 км; 900,6 км (всего 11 УА).

5) УА пятого класса опасности (**опасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 0,488735 до 0,72209 млн руб./год.

Таковыми УА являются 1150,5 км; 2779,8 км; 960 км; 1064,9 км; 2013,3 км; 1643,8 км; 1667,5 км; 1712,8 км; 1775,5 км; 2326,5 км; 2255,8 км; 812,5 км; км; 1313,1 км; 1472,2 км; 1449,8 км; 2194,3 км; 2233,7 км; 952,5 км; 999 км; 1038,8 км; 1053,8 км; 1999,4 км; 2260,6 км; 1502,1 км (всего 24 УА).

6) УА шестого класса опасности (**малоопасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 0,255381 до 0,488735 млн руб./год.

Это такие УА, как 1150,5 км; 2779,8 км; 960 км; 1064,9 км; 2013,3 км; 1643,8 км; 1667,5 км; 1712,8 км; 1775,5 км; 2326,5 км; 2255,8 км; 812,5 км; 1313,1 км; 1472,2 км; 1449,8 км; 2194,3 км; 2233,7 км; 952,5 км; 999 км; 1038,8 км; 1053,8 км; 1999,4 км; 2260,6 км; 1502,1 км (всего 24 УА).

7) УА седьмого класса опасности (**практически неопасные**) — УА, для которых ожидаемый ущерб от РН при ТП находится в диапазоне от 0,022026 до 0,255381 млн руб./год.

К таким УА относятся 1502,1 км; 1126,3 км; 2125,3 км; 2149,8 км; 2289 км; 2050,7 км; 694,7 км; 2185,5 км; 1485,5 км; 1595,8 км; 1114,4 км; 707,8 км; 1941,2 км; 1955,5 км; 1961,5 км; 2270,8 км; 681,7 км; 755 км; 738 км; 1104,8 км; 1141,3 км; 687,8 км; 597,7 км; 638,5 км (всего 24 УА).

В целом по бассейну ожидаемый ущерб от РН при ТП составляет 67,69923 млн руб./год, что соответствует ежегодным официальным данным по оценке размеров вреда, причиненного водным объектам в результате нарушения водного законодательства (РН при ТП) в Волжско-Камском бассейне и подтверждает адекватность разработанной статистической модели реализации последствий РН.

Выборочная средняя для ожидаемого ущерба от РН при ТП на УА в Волжско-Камском бассейне равна 0,657274 млн руб./год, таким образом, усредненный УА может быть отнесен к группе «опасные УА» по предложенной классификации. При этом доля УА 1–3 классов опасности составила 25,0 % от общего количества УА.

Число групп, на которое были разбиты диапазоны изменения каждой характеристики УА (признака классификации), было определено по формуле Стерджесса. Малочисленные группы ($n < 5$) были объединены в соответствии с рекомендациями Йейтса [6].

На рис. 2 в качестве примера приведены результаты картирования ожидаемого ущерба в районе порта г. Ярославль (510–540 км р. Волги).

Таким образом, предложенный подход обеспечивает проведение процедуры оценки и картирования риска последствий РН на основе статистических данных достаточного периода и объема наблюдения, что является необходимым условием для разработки эффективных мероприятий по предупреждению и снижению тяжести последствий РН.

В целом разработанная БДТП является современным технологическим продуктом, обеспечивающим решение следующих задач:

— информационное обеспечение функциональных и территориальных подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС);

— разработка и отработка бассейновых планов локализации и ликвидации разливов нефти (ЛРН) в рамках РСЧС;

- поддержка принятия управленческих решений в случае реальных чрезвычайных ситуаций от локального до федерального значения и при всех уровнях реагирования аварийно-спасательных формирований (объектовом, региональном, федеральном);
- проведение экспертизы планов ЛРН;
- минимизация финансовых затрат на проведение регулярных учений персонала предприятий и организаций водного транспорта и соответствующих государственных служб;
- проведение тренингов по организации работ по ЛРН на предприятиях водного транспорта и отработка взаимодействия со службами МЧС РФ и природоохранными органами.

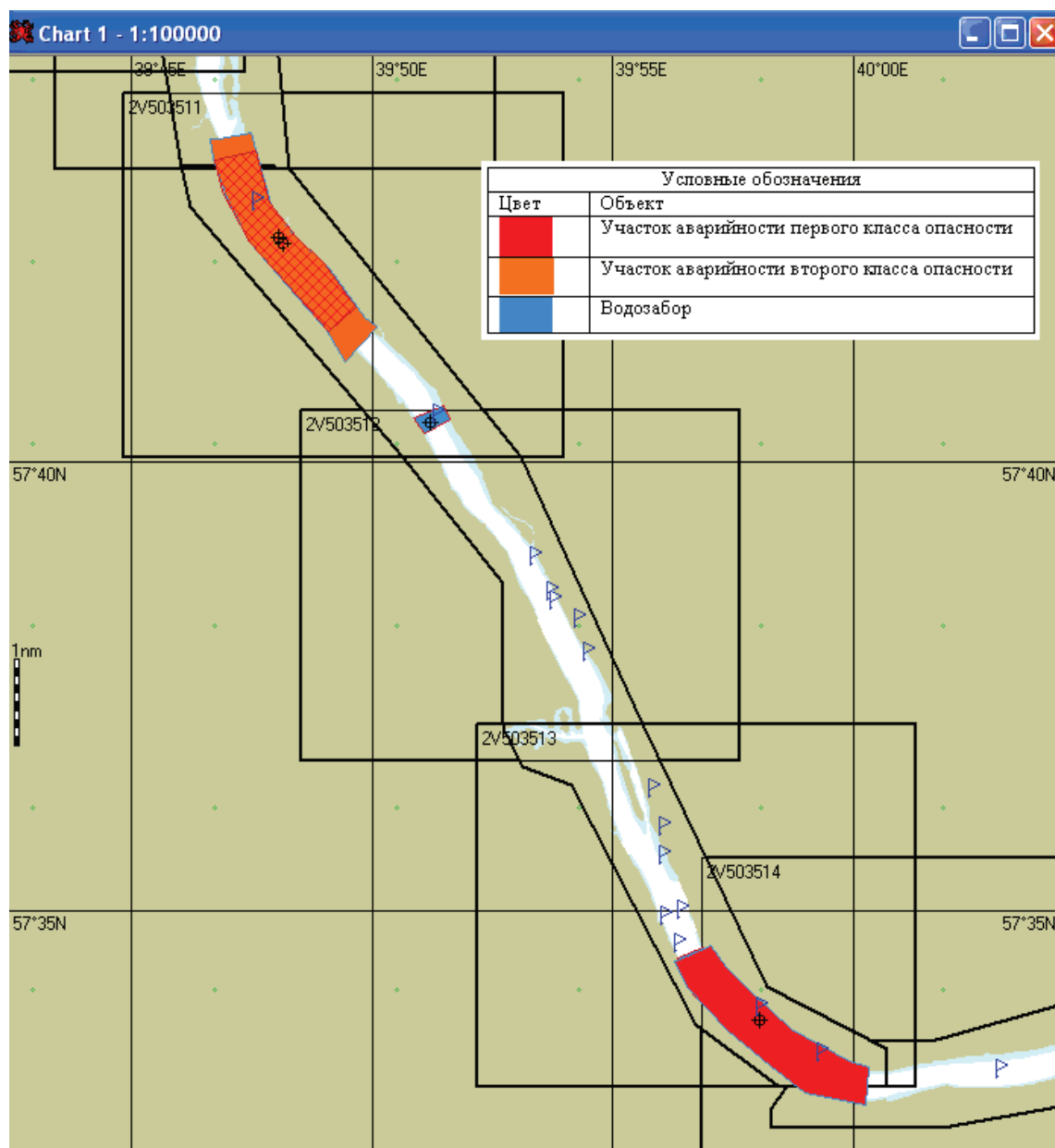


Рис. 1. Картирование ожидаемого ущерба в районе порта г. Ярославль

Список литературы

1. Наумов В. С. Оценка ущерба при разливах нефти на объектах транспортного комплекса / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 5 (1).

2. Об утверждении Положения по расследованию, классификации и учету транспортных происшествий на внутренних водных путях Российской Федерации: Приказ Минтранса Рос. Федерации от 29 декабря 2003 г. № 221: зарег. в Минюсте РФ 29 января 2004 г. № 5493 (ред. от 27 декабря 2010 г.) — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=113659> — Загл. с экрана.

3. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Пугачев. — М.: Наука, 1979. — 476 с.

4. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: утв. приказом МПР Рос. Федерации от 13 апреля 2009 г. № 87 — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=88197> — Загл. с экрана.

5. Наумов В. С. Организация контроля потенциально-опасных объектов судоходства / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 8 (4).

6. Елисеева И. И. Общая теория статистики / И. И. Елисеева. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 475 с.

УДК 502.7:627.215.2

Е. Г. Трунин,
канд. экон. наук,
ФАУ «Российский речной регистр»

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ В РЕЧНЫХ ПОРТАХ

ECOLOGICAL-ECONOMIC APPROACH TO THE DETERMINATION OF TARGETS ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN RIVER PORTS

В статье рассматривается проблема управления природопользованием в речных портах. Обосновывается эколого-экономический подход к определению целевых показателей локальных систем управления природопользованием речных портов.

In article the problem of environmental management in the river ports is considered. The ecological-economic approach to the definition of targets for local systems of environmental management of river ports is substantiated.

Ключевые слова: управление природопользованием, речной порт, целевые показатели управления.
Key words: environmental management, river port, targets of management.



ЭФФЕКТИВНОЕ решение проблем защиты окружающей среды (ОС) в условиях интенсивного роста современного производства при ограниченности природных ресурсов и финансовых возможностей речных портов связано с оптимальным сочетанием технико-экономических и экологических показателей. Адаптивное управление этими показателями возможно лишь на базе новых подходов, связанных с внедрением в хозяйственную деятельность речных портов локальных систем управления природопользованием [1, с. 18–19]. При построении подобных систем одним из важнейших вопросов является определение целевых показателей управления природопользованием.

Основной целью природопользования при осуществлении любой хозяйственной деятельности, в том числе в речных портах, является обеспечение производственных процессов материальными и энергетическими ресурсами. Вместе с тем достижение этой цели не должно наносить вреда ОС, что достигается управлением процессами природопользования. При этом основной целью такого управления является достижение требуемого качества ОС, уровень которого задается государством в соответствующих нормативно-правовых документах. В настоящее время основными показателями качества ОС являются санитарно-гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в основных компонентах природной среды (атмосфера, гидросфера, литосфера). Исходя из этого понятия «загрязнение» и «загрязняющее вещество» определяются по отношению к факту превышения установленных норм ПДК [2]. Для соблюдения норм ПДК предприятиям устанавливаются нормативы допустимого воздействия на ОС в виде предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферный воздух, предельно допустимых сбросов (ПДС) в водные объекты и лимитов на размещение отходов. Следует отметить, что нормативы ПДК установлены с момента их введения в действие в 1970-х гг. и с тех пор не пересматривались. Это привело к тому, что эти нормативы стали существенно более жесткими относительно европейских, а их соблюдение требует от предприятий больших финансовых затрат. На несовершенство действующей системы нормирования воздействия на ОС указывает и тот факт, что большинство отраслей народного хозяйства нашей страны работает в режиме превышения нормативов [3].

Применительно к хозяйственной деятельности речных портов выполнение нормативов ПДК практически невозможно из-за финансовых ограничений, поэтому этот вид нормативов нецелесообразно использовать в качестве целевых показателей управления природопользованием. Для определения этих показателей требуется комплексный подход, при котором учитываются не только экологические требования, но и экономические аспекты, связанные с выполнением этих требований.

В данной работе предлагается использовать в качестве целевого показателя управления природопользованием «экономически обоснованный уровень загрязнения ОС» (ЭОУЗ), основанный на минимизации совокупных затрат, связанных с природоохранной деятельностью.

Эти затраты можно представить в виде следующей суммы:

$$I = P + U, \quad (1)$$

где I — совокупные затраты на природоохранную деятельность; P — затраты на предотвращение загрязнения ОС; U — затраты на компенсации ущерба от загрязнения ОС.

Особенностью этих двух видов затрат является их постоянное взаимодействие. Увеличивая затраты на предотвращение загрязнения, мы тем самым снижаем величину ущерба ОС, соответственно снижая затраты на компенсацию, и наоборот, при снижении P происходит увеличение U . Поэтому необходимо оптимальное соотношение этих двух видов затрат для выполнения условия

$$\{P + U\} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для определения условий достижения минимальных совокупных затрат необходимо рассмотреть их зависимость от уровня загрязнения ОС, то есть функциональную зависимость $I = f(C)$. В данном случае под уровнем загрязнения ОС понимается концентрация соответствующих загрязняющих веществ C в выбросах порта в различных компонентах природной среды (атмосферный воздух, гидросфера, литосфера). С учетом выражения (1) качественный вид функциональных зависимостей $I = f(C)$, $P = f(C)$, $U = f(C)$ показан на рисунке.

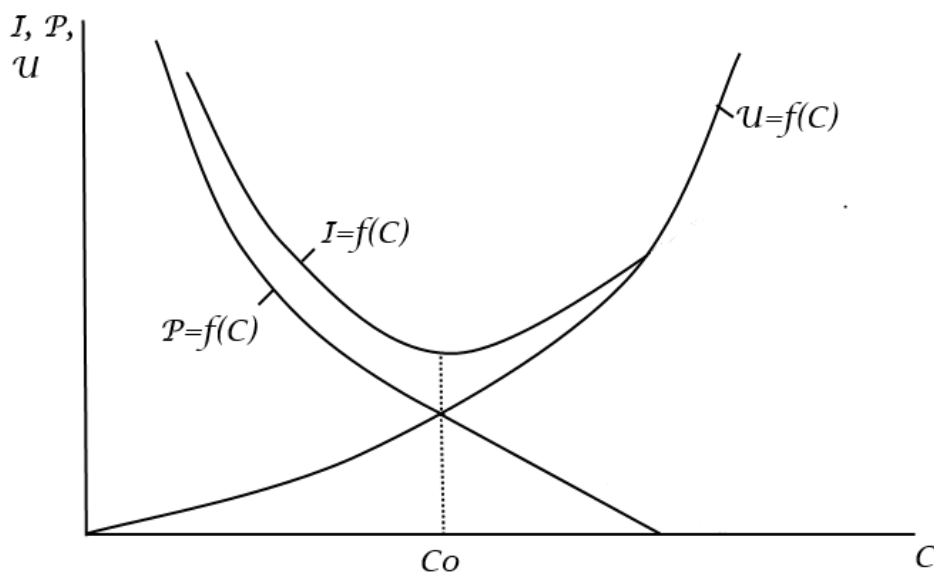


Рис. 1. Функциональные зависимости затрат на природоохранную деятельность

Экономически обоснованный уровень загрязнения C_0 , соответствующий условию (2), находится с учетом выражения

$$\frac{dI}{dC} = \frac{dP}{dC} + \frac{dU}{dC} = 0. \quad (3)$$

Из выражения (3) определяем

$$\frac{dP}{dC} = -\frac{dU}{dC}, \quad (4)$$

и, переходя к приращениям, получаем следующее условие достижения минимальных совокупных затрат на природоохранную деятельность:

$$\Delta P = -\Delta U. \quad (5)$$

Полученное выражение (5) показывает что дополнительные затраты на предотвращение загрязнения ОС ΔP должны равняться предотвращенному ущербу ОС от реализации этого природоохранного мероприятия ΔU .

Для дальнейшей количественной оценки C_0 будем считать, что затраты на предотвращение загрязнения обратно пропорциональны, а затраты на компенсацию ущерба ОС прямо пропорциональны уровню загрязнения ОС:

$$P = \frac{k_1}{C}; \quad (6)$$

$$U = k_2 \cdot C, \quad (7)$$

где C — уровень загрязнения ОС; k_1 ; k_2 — коэффициенты пропорциональности.

Соответственно, переходя к приращениям, получим

$$\Delta P = \frac{k_1}{C_U - C_0}; \quad C_U > C_0, \quad (8)$$

$$\Delta U = k_2(C_U - C_0); \quad C_U > C_0, \quad (9)$$

где C_U — исходный уровень загрязнения ОС (до выполнения природоохранного мероприятия).

Подставляя выражения (8), (9) в соотношение (5), получаем формулу для определения экономически обоснованного уровня загрязнения ОС:

$$C_o = C_u - \sqrt{\frac{k_1}{k_2}}. \quad (10)$$

Таким образом, при создании локальных систем управления природопользованием речных портов в качестве целевых показателей необходимо использовать для соответствующих загрязняющих веществ экономически обоснованные уровни загрязнения ОС этими веществами, количественную оценку которых можно выполнить по формуле (10).

Список литературы

1. Трунин Е. Г. Экологизация хозяйственной деятельности речных портов / Е. Г. Трунин // Транспортное дело России. — М., 2012. — № 5.
2. Об охране окружающей среды: федеральный закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.
3. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году: Государственный доклад. Официальный сайт Минприроды РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1392>

УДК 629.5.01

А. С. Курников,
д-р техн. наук, профессор,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»;

Е. А. Черепкова,
аспирант,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАСЕЙНОВ НА СУДАХ

BASIC PRINCIPLES OF DESIGN OF THE SHIP'S SWIMMING POOLS

Рассматривается вопрос проектирования судовых плавательных бассейнов. Представлены возможные варианты размещения ванны бассейна. Произведены расчеты остойчивости и качки при размещении на борту различных вариантов размерного ряда ванн. Рекомендованы максимальные и минимальные параметры судовых плавательных бассейнов.

The question of the ship's swimming pools design is considered. Options for the placement of swimming bath are presented. Calculations of stability and pitching when placing on the board of various size range variants of swimming baths are made. Maximum and minimum parameters the ship's swimming pools are recommended.

Ключевые слова: купальный бассейн, ванна, проект 301, остойчивость, качка.

Key words: the swimming pool, bath, project 301, stability, pitching.

ОДНИМ из главных вопросов проектирования судов является компоновка помещений. Данный вид работ не вызывает затруднений при создании нового судна, в отличие от его модернизации. В большей степени усовершенствования туристических теплоходов направлены на повышение комфортабельности кают, ресторанов и салонов, забывая о размещении плавательных бассейнов. В словаре морских терминов определение «плавательный бассейн судовой» на пассажирских судах звучит следующим образом: «Бассейн служит для отдыха пассажиров, является показателем комфортабельности судна»; «Купание в плавательном бассейне предотвращает перегрев организма» [1].

Российские речные туристические суда постройки 1950–1980-х гг. являются 2–3-звездочными по уровню комфортабельности, в отличие от современных европейских судов, имеющих 4 звезды и выше [2; 3]. В настоящее время эксплуатируются только два теплохода проекта Q-056 («Антон Чехов» и «Лев Толстой»), на шлюпочной палубе в кормовой оконечности которых размещены ванны бассейна с наибольшими размерами (5×7,5) м и глубиной 1,4 м [2]. Общая площадь ванны составляет 33 м². Согласно ГОСТ Р 53491.1–2009 [4] данный бассейн можно отнести к классу купальных. Исходя из параметра площади «зеркала» воды на человека, равного 2,7 м², данный купальный бассейн рассчитан для одновременного пребывания в ванне не более 12 человек. Пассажировместимость судов данного проекта составляет 250 человек, то есть одновременно принимать водные процедуры могут 4,8 % пассажиров.

В 1980-х гг. руководителями Ленинградского ЦТКБ МРФ Ю. Горбачевым и А. Теракоповым была предложена новая концепция речного теплохода пр. 2163 с условным названием проекта «60 лет СССР». Кроме принципиально новых конструктивных решений, проектанты был размещен купальный бассейн на солнечной палубе размером 4×7 м с одновременным плаванием пассажиров до 3,6 % [5]. Но данный проект так и не был реализован.

Анализ судов [2;3] показал, что все бассейны можно отнести к виду плавательных и купальных по параметру глубины воды по ГОСТ Р 53491.1–2009 [4]. Кроме этого, большинство из них размещены на солнечной палубе, что естественно. Процент одновременного плавания пассажиров для купальных бассейнов составляет (5,1–14,1) %, а для плавательных данный показатель варьируется в пределах (3,0–9,0) %.

В условиях модернизации пассажирских судов остро встает вопрос о максимально возможном увеличении одновременного плавания пассажиров, в связи с этим принимаем вид бассейна — купальный с глубиной воды в ванне 1,4 м и площадью «зеркала» воды на человека не менее 2,7 м² по ГОСТ Р 53491.1–2009 [4]. Расположение ванны бассейна оставляем также на солнечной палубе.

В качестве примера установки купального бассейна выбираем пассажирское судно туристического назначения пр. 301 как самого многочисленного из эксплуатирующихся в России. Согласно конструкторской документации для теплохода пр. 301 наиболее приемлемым является кормовое размещение ванны бассейна на солнечной палубе. Общие размеры для размещения плавательного бассейна в кормовой части судна составляют: площадь длиной $l_0 = 20,5$ м и шириной $b_0 = 11,0$ м.

При проектировании ванны необходимо учитывать размеры для свободного прохода пассажиров по солнечной палубе при учете размещения шезлонгов, в связи с этим принимаем значение ширины прогулочных дорожек в кормовой части, равной размеру между надстройкой и линией борта, то есть $b_{дор} = 2,5$ м. Согласно СанПиН 2.5.2-703–98.2.5.2 [7] в пассажирских салонах расстояние между рядами кресел должно составлять не менее 450 мм, а проход — не менее 600 мм, проход к трапу — не менее 800 мм. Проведенный анализ показал, что среднее значение длины шезлонга составляет 1,9 м. В результате максимальная площадь ванны бассейна составляет 93 м² с размерами: ширина $b_{ван} = 6,0$ м и длина $l_{ван} = 15,5$ м (см. рис. 1).

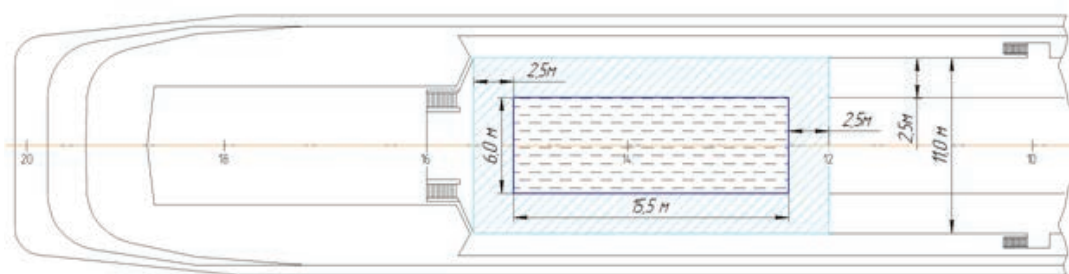


Рис. 1. Схема размещения ванны купального бассейна с наибольшими размерами для пассажирского судна пр. 301

Наименьшее значение свободной поверхности ванны определяется в зависимости от минимального значения процента одновременного купания — 5,1 %, а максимальное значение площади ванны — 93 м² с учетом площади «зеркала» воды на человека не менее 2,7 м². Используя эти ограничения, определим в табл. 1 значения минимально и максимально возможных размеров купальных бассейнов и процент одновременно купающихся применительно к пр. 301.

Таблица 1

Размеры ванны купальных бассейнов на судах пр. 301

№	Название пассажирского судна (старое название)	Пассажировместимость, чел	Объем ванны бассейна, м ³ *	%**	Размеры ванны, $b_{\text{ван}} \times l_{\text{ван}} \times h_{\text{ван}}$, м	
					при $b_{\text{ван}} = \text{const}$	при $l_{\text{ван}} = \text{const}$
1	«Андрей Рублев» («Николай Добролюбов»)	310	43,2/93,0	5,1/11,0	6×7,2×1,4/ 6×15,5×1,4	3,0×15,5×1,4/ 6×15,5×1,4
2	«Владимир Маяковский»	316	43,2/93,0	5,1/10,8	6×7,2×1,4/ 6×15,5×1,4	
3	«Константин Коротков» («Советская Украина»)	288	40,5/93,0	5,2/11,8	6×6,8×1,4/ 6×15,5×1,4	
4	«Михаил Булгаков» («В. И. Ленин», «Максим Рыльский»)	310	43,2/93,0	5,1/11,0	6×7,2×1,4/ 6×15,5×1,4	
5	«Николай Карамзин» («Советская Конституция»)	309	43,2/93,0	5,2/11,0	6×7,2×1,4/ 6×15,5×1,4	
6	«Федор Достоевский»	301	40,5/93,0	5,0/11,3	6×6,8×1,4/ 6×15,5×1,4	
7	«Тихий Дон»	216	29,7/93,0	5,1/15,7	6×5,0×1,4/ 6×15,5×1,4	
8	«Нижний Новгород»	226	32,4/93,0	5,3/15,0	6×5,4×1,4/ 6×15,5×1,4	

* Значение в числителе соответствует минимально возможному объему ванны, в знаменателе — максимально возможному объему ванны.

** Показатель процента одновременно купающихся пассажиров, %. Значение в числителе соответствует минимальному проценту одновременно купающихся, в знаменателе — максимальному проценту одновременно купающихся пассажиров.

При размещении купального бассейна с наибольшими размерами необходимо предусмотреть количество шезлонгов, равное значению количества одновременно купающихся пассажиров, то есть не менее 34 шт. Исходя из вышеуказанных параметров, принимаем ширину шезлонга не

более 0,9 м для возможности размещения необходимого их количества. По ГОСТ Р 53491.1–2009 и СанПиН 2.1.2.1188–03 перед принятием водных процедур пловцу необходимо принять душ, в связи с этим на солнечной палубе необходимо предусмотреть душевые кабины и раздевалки [4; 6].

В СанПиН 2.5.2-703–98.2.5.2 [7] приведены нормы для проектирования ширины и длины данных помещений:

- для душевой кабины — не менее (900×900) мм;
- для раздевалки — не менее (500×900) мм.

В итоге схема размещения бассейна с шезлонгами, душевыми кабинами и раздевалками будет иметь вид (см. рис. 2).

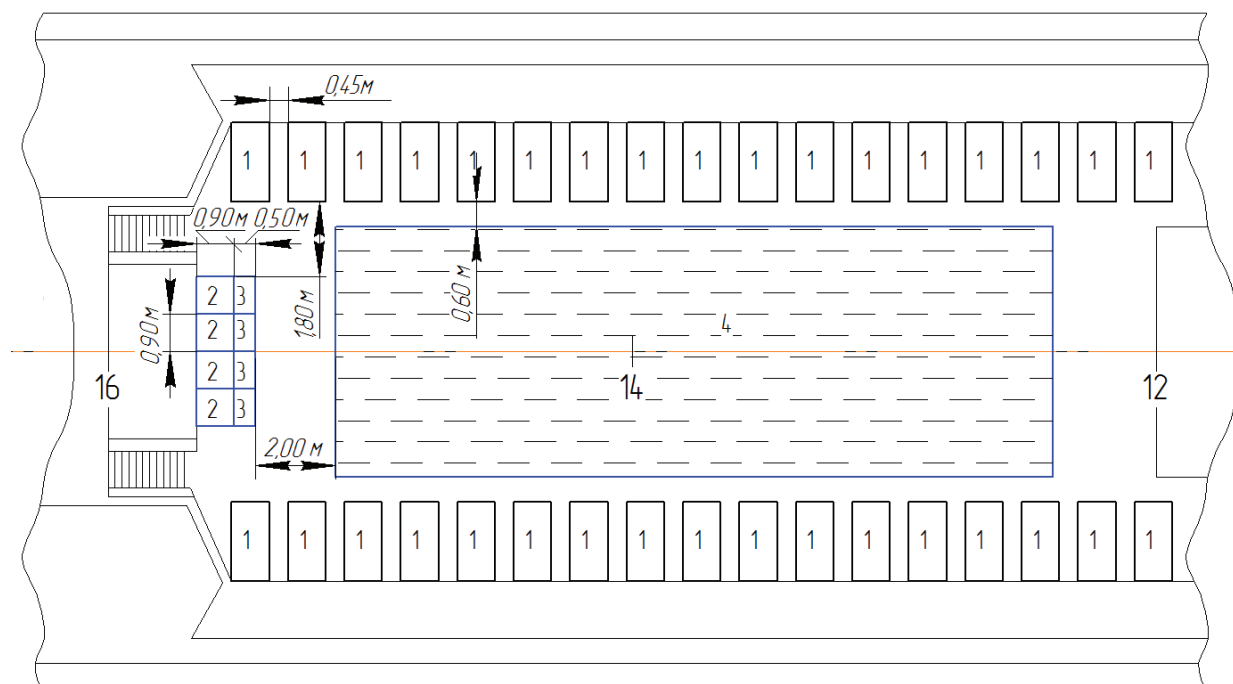


Рис. 2. Схема размещения ванны бассейна, шезлонгов, душевых кабин и раздевалок для пассажиров:

1 — одноместный шезлонг; 2 — душевая кабина; 3 — раздевалка; 4 — ванна;

12–16 — номера теоретических шпаций

При проектировании бассейнов необходимо учитывать возможное пребывание на борту судна детей, в связи с этим производим корректировку глубины купального бассейна. В СанПиН 2.1.2.1188–03 [6] рекомендованная глубина ванны для детей до 7 лет должна составлять не более 0,6 м.

По глубине можно разделить ванны с постоянной и переменной глубинами. Существует возможность совмещения в одной ванне зоны для детей и взрослых. Кроме этого, в СанПиН 2.1.2.1188–03 [6] приведены значения времени полного водообмена в зависимости от назначения бассейна: для взрослых 6 ч, в то время как для детских данный параметр должен быть не более 2 ч. В связи с вышеизложенным совместное купание детей и взрослых пассажиров невозможно в одной ванне. Поэтому ванну бассейна надо разделить на две части: детскую с глубиной 0,6 м, водообменом 2 ч, температурой воды 30 °С и взрослую с глубиной 1,4 м, водообменом 6 ч, температурой воды 27 °С. По данным туристических агентств, количество детей от числа отдыхающих составляет (10–20) %. Для определения общей площади ванны для купания детей воспользуемся этими данными (20 %).

Окончательно вариант размещения ванны для детей и взрослых указан на рис. 3.

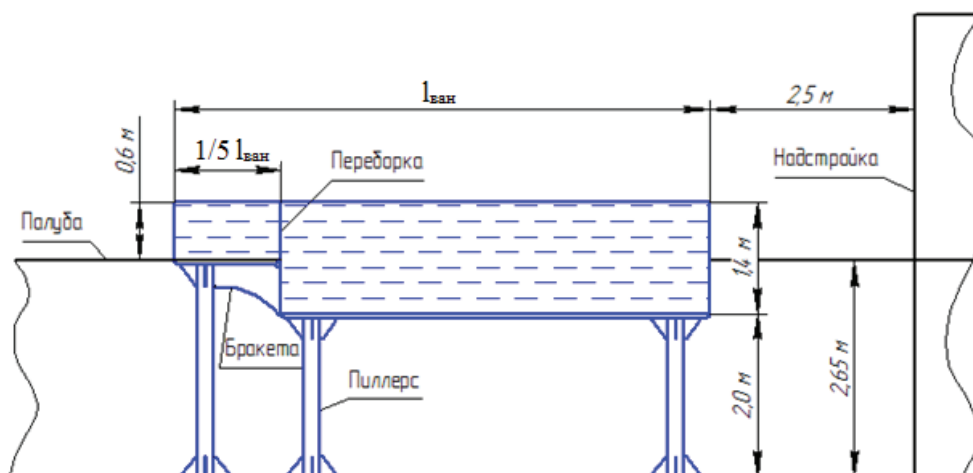


Рис. 3. Вариант размещения ванны купального бассейна для детей и взрослых

Для полной оценки возможного размещения купального бассейна на борту судна и для установления зависимости при варьировании параметров чаши произведем расчет остойчивости. Расчет элементов теоретического чертежа, кривых элементов плавучести и начальной остойчивости выполняется с помощью программы PIRS-STATIC. Для сравнения изменения показателей остойчивости на начальном этапе произведем расчет по основным и дополнительным требованиям, который производится по методике ПРРР [8]. Погрешность между проектными и полученными с помощью программы значениями составляет менее 5 %, поэтому принимаем результаты последующих расчетов по программе PIRS-STATIC верными. Расчет остойчивости с размещенным на борту судна бассейном производился при следующих значениях: длины взрослой ванны: 9,6 м, 10,4 м, 11,2 м и 12,4 м (при $b_{\text{ван}} = 6,0$ м), ее ширины: 3,0 м, 4,0 м, 5,0 м и 6,0 м (при $l_{\text{ван}} = 12,4$ м) и значения детской ванны: длины 2,4 м, 2,6 м, 2,8 м и 3,1 м (при $b_{\text{ван}} = 6,0$ м), ее ширины 3,0 м, 4,0 м, 5,0 м и 6,0 м (при $l_{\text{ван}} = 3,1$ м) соответственно. При размещении купального бассейна с взрослой и детской ваннами наибольших размеров масса воды составляет 115,32 т. При проведении расчетов необходимо учитывать уменьшение водоизмещения судна за счет полупогруженной схемы размещения ванны (отсутствие палубы в районе ванны), а также увеличение — за счет металлической обшивки ванны с продольными и поперечными ребрами жесткости.

Согласно расчетам остойчивости при размещении наибольшего купального бассейна размерами ванны (6×12,4×1,4) м совместно с детской (6×3,1×0,6) м судно по основному критерию получило увеличение кренящего момента от динамического действия ветра ($M_{\text{кр}}^{\text{ван}^1} = 2770,56$ кНм) относительно момента кренящего судна пр. 301 ($M_{\text{кр}} = 2707,99$ кНм) на 2,31 % и предельно допустимого момента по углу заливания ($M_{\text{доп}2}$) на 5,92 %, а также уменьшения предельно допустимого момента по углу опрокидывания ($M_{\text{доп}1}$) на 7,81 %. По результатам расчетов судно с размещенным на борту ванной глубиной 1,4 м, шириной 6 м и длиной 12,4 м и детской — глубиной 0,6 м, шириной 6 м и длиной 3,1 м считается остойчивым по основному критерию:

$$M_{\text{кр}}^{\text{ван}^1} = 2770,56 \text{ кНм} < \begin{cases} M_{\text{доп}1} = 16670,95 \text{ кНм} \\ M_{\text{доп}2} = 9576,93 \text{ кНм} \end{cases} \text{ — выполняется.}$$

Проведенные расчеты по дополнительным требованиям к пассажирским судам установили, что при размещении на борту максимальных размеров ванны купального бассейна (6×12,4×1,4) м и детской ванной (6×3,1×0,6) м приводит к уменьшению предельно допустимого момента при статических наклонениях судна ($M'_{\text{доп}}^{\text{ван}^1} = 9576,93$ кНм) и предельно допустимого момента при циркуляционном наклонении судна ($M''_{\text{доп}}^{\text{ван}^1} = 24119,68$ кНм) относительно предельно допустимых

¹ Значения соответствуют при размещении ванны бассейна максимальных размеров (6×12,4×1,4) м совместно с детской (6×3,1×0,6) м.

моментов судна пр. 301 ($M'_{доп} = 10780,70 \text{ кНм}$ и $M''_{доп} = 25734,57 \text{ кНм}$) на 11,17 и 6,28 % соответственно, а также к увеличению динамически приложенного кренящего момента, действующего на судно в эволюционный период циркуляции ($M_{ц}$) и совместном действии момента от скопления пассажиров у одного борта и момента от статического действия ветра ($M_{в} + M_{п}$) на 1,58 и 1,10 % соответственно. Согласно проверке остойчивости судна с размещенной на борту ванной глубиной 1,4 м, шириной 6 м и длиной 12,4 м и детской — глубиной 0,6 м, шириной 6 м и длиной 3,1 м считается остойчивым по дополнительным требованиям пассажирских судов:

$$M_{п} = 348,73 \text{ кНм} < M'_{доп} = 9576,93 \text{ кНм} \text{ — выполняется,}$$

$$M_{ц} = 4874,69 \text{ кНм} < M''_{доп} = 24119,68 \text{ кНм} \text{ — выполняется,}$$

$$(M_{в} + M_{п}) = 3164,99 \text{ кНм} < M'_{доп} = 9576,93 \text{ кНм} \text{ — выполняется.}$$

Согласно требованиям к начальной остойчивости начальная метацентрическая высота судна должна быть не менее 0,2 м. Для судна пр. 301 данный показатель равен 5,17 м, а при размещении на борту бассейна с максимальными размерами (6×12,4×1,4) м и детской ванной (6×3,1×0,6) м составляет 4,67 м, то есть происходит уменьшение на 9,67 %.

В ходе проведенных расчетов установлены следующие зависимости: увеличение длины ванны при постоянной ее ширине, равной 6 м, размещенного на борту судна пр. 301 купального бассейна приводит к увеличению водоизмещения судна, изменения предельно допустимых моментов $M_{доп1}$ и $M_{доп2}$, предельно допустимого момента при циркуляционном наклонении судна и момента при совместном действии момента от скопления пассажиров у одного борта и момента от статического действия ветра, но одновременно приводит к уменьшению метацентрической высоты и предельно допустимого момента при статических наклонениях судна.

В свою очередь увеличение ширины ванны при постоянной ее длине, равной 15,5 м, размещенного на борту судна пр. 301 купального бассейна приводит к увеличению водоизмещения, предельно допустимого момента при циркуляционном наклонении судна и момента при совместном действии момента от скопления пассажиров у одного борта, предельно допустимого момента при циркуляционном наклонении судна и момента от статического действия ветра, но одновременно приводит к уменьшению метацентрической высоты, изменения предельно допустимых моментов $M_{доп1}$ и $M_{доп2}$ и предельно допустимого момента при статических наклонениях судна.

В вопросе размещения купального бассейна на судне также необходимо произвести обоснование высоты ванны ($h_{ван}$) для предотвращения выливания воды при бортовой качке судна. Определение амплитуды качки проводится по программе, базирующейся на методике, разработанной под руководством В. А. Мореншильдт [9]. Программа позволяет определить значения амплитуды качки: средние (46,5 %), (0,5; 1; 3; 14) %-ной обеспеченностей. При расчетах наибольшее значение имеет амплитуда 0,5 %-ной обеспеченности ($\theta_{0,5\%}$). Так как данная обеспеченность является наиболее негативной, поэтому для обоснования высоты ванны бассейна принимаем значения амплитуды бортовой качки при 0,5 %-ной обеспеченности.

Согласно исследованиям Э. Комсток [10], были разработаны нормативы «значительных» характеристик качки, выше которых работоспособность экипажа снижается: амплитуда бортовой качки — 8°; амплитуда килевой качки — 3°.

Произведем расчет бортовой качки при высотах волны (0,5–2,5) м с интервалом 0,5 м. Относительно полученных значений амплитуд бортовой качки определяем графическим способом максимально возможные высоты ванны при глубине воды в бассейне 1,4 м. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Рекомендации высоты ванны (без учета детской ванны) купального бассейна
при глубине воды 1,4 м относительно бортовой качки судна**

Высота волны, м	Корпус	Корпус + бассейн 3×15,5 м		Корпус + бассейн 4×15,5 м		Корпус + бассейн 5×15,5 м		Корпус + бассейн 6×15,5 м	
	$\theta_{0,5\%}$, град	$\theta_{0,5\%}$, град	$h_{\text{ван}}$, м	$\theta_{0,5\%}$, град	$h_{\text{ван}}$, м	$\theta_{0,5\%}$, град	$h_{\text{ван}}$, м	$\theta_{0,5\%}$, град	$h_{\text{ван}}$, м
0,5	0,5	0,47	1,41	0,46	1,42	0,46	1,42	0,46	1,42
1,0	1,42	1,29	1,43	1,27	1,44	1,26	1,46	1,26	1,47
1,5	2,82	2,54	1,47	2,48	1,49	2,46	1,51	2,46	1,53
2,0	4,91	4,37	1,51	4,25	1,55	4,18	1,58	4,17	1,62
2,5	7,91	6,98	1,58	6,74	1,64	6,60	1,69	6,54	1,74

Приведенное выше значение амплитуды бортовой качки является больше расчетного для пр. 301 (см. табл. 2), поэтому амплитуду килевой качки принимаем граничной и равной 3° (см. табл. 3).

Таблица 3

**Рекомендации высоты ванны (без учета детской ванны) купального бассейна
при глубине воды 1,4 м относительно килевой качки судна**

Амплитуда килевой качки, град	Корпус + бассейн 3×15,5 м	Корпус + бассейн 4×15,5 м	Корпус + бассейн 5×15,5 м	Корпус + бассейн 6×15,5 м
	$h_{\text{ван}}$, м	$h_{\text{ван}}$, м	$h_{\text{ван}}$, м	$h_{\text{ван}}$, м
1	1,48	1,49	1,50	1,51
2	1,57	1,58	1,60	1,62
3	1,65	1,67	1,69	1,73

Согласно расчетам, проведенным в табл. 2 и 3, наибольшее значение высоты ванны, при которой отсутствует перелив воды при граничных условиях (высота волны 2,5 м и амплитуда килевой качки 3°), будет равно 1,74 м (рис. 4).

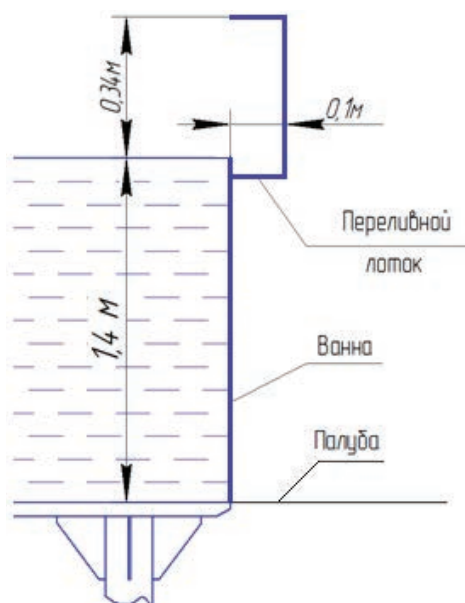


Рис. 4. Конструкция ванны с максимально необходимой высотой ванны бассейна

Предложенная конструктивная схема бассейна с учетом переливных лотков, размещенных вдоль всей длины ванны (см. рис. 4), приведет к уменьшению ширины ванны на 0,2 м, поэтому окончательно максимально возможную ширину ванны купального бассейна принимаем равной 5,8 м. Установка переливных лотков по длине ванны не предусматривается. Исходя из вышеуказанных изменений параметров бассейна, выполним уточняющий расчет количества минимально и максимально возможных купающихся пассажиров (см. табл. 4).

Рассмотренные вопросы по размещению плавательных бассейнов на пассажирских теплоходах доказали возможность установки плавательных бассейнов с целью повышения комфортабельности туристических судов, что повышает привлекательность отдыха на борту судна.

Таблица 4

Размеры ванн купальных бассейнов на суда пр. 301

№	Название пас- сажирского судна (старое название)	Пасса- жиро- мести- мость, чел.	Размеры взрослой ванны, $b_{\text{ван}} \times l_{\text{ван}} \times h_{\text{ван}}$, м		%*	Размеры детской ванны, $b_{\text{ван}}^{\text{д}} \times l_{\text{ван}}^{\text{д}} \times h_{\text{ван}}^{\text{д}}$, м		%**
			при $b_{\text{ван}} =$ = const	при $l_{\text{ван}} =$ = const		при $b_{\text{ван}}^{\text{д}} =$ = const	при $l_{\text{ван}}^{\text{д}} =$ = const	
1	«Андрей Рублев» («Николай Добролюбов»)	310	5,8×5,8×1,4/ 5,8×12,4×1,4	3,0×12,4×1,4/ 5,8×12,4×1,4	4,2/8,7	5,8×1,4×0,6/ 5,8×3,1×0,6	3,0×3,1×0,6/ 5,8×3,1×0,6	1,0/1,9
2	«Владимир Маяковский»	316			4,1/8,5			0,9/1,9
3	«Константин Коротков» («Советская Украина»)	288	5,8×5,4×1,4/ 5,8×12,4×1,4		4,2/9,4			1,0/2,1
4	«Михаил Булгаков» («В. И. Ленин», «Максим Рыльский»)	310	5,8×5,8×1,4/ 5,8×12,4×1,4		3,9/8,7			1,0/1,9
5	«Николай Карамзин» («Советская Конституция»)	309			3,9/8,7			1,0/1,9
6	«Федор Достоевский»	301			4,0/9,0			1,0/2,0
7	«Тихий Дон»	216	5,8×4,0×1,4/ 5,8×12,4×1,4		4,2/12,5	5,8×1,0×0,6/ 5,8×3,1×0,6	0,9/2,8	
8	«Нижний Новгород»	226	5,8×4,3×1,4/ 5,8×12,4×1,4		4,0/12,0	5,8×1,1×0,6/ 5,8×3,1×0,6	0,9/2,6	

* Показатель одновременного купания пассажиров в взрослой ванне, %. Значение в числителе соответствует минимальному проценту одновременно купающихся, в знаменателе — максимальному проценту одновременно купающихся пассажиров.

** Показатель одновременного купания детей, %. Значение в числителе соответствует минимальному проценту одновременно купающихся, в знаменателе — максимальному проценту одновременно купающихся детей.

Список литературы

1. Словарь морских терминов. Информационная поисковая система Корабел.ру — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.korabel.ru>
2. Корабельный портал. Информационная поисковая система korabley.net — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://korabley.net/news/kruiznii_rechnoi_parohod_american_queen
3. Viking River Cruises. Информационная поисковая система Vikingrivercruises.com — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.vikingrivercruises.com/cruiseships/index.aspx>
4. ГОСТ Р 53491.1–2009. Бассейны. Подготовка воды. — М.: Стандартинформ, 2010. — Ч. 1: Общие требования. DIN 19643-1:1997 (NEQ).
5. Вся информация о круизах. Информационная поисковая система Cruiz.info — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.cruiz.info>
6. СанПиН 2.1.2.1188–03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 30 января 2003 г. № 4; зарег. в Минюсте Рос. Федерации 14 февраля 2003 г. № 4219. — М.: Минздрав России, 2003.
7. СанПиН 2.5.2-703–98.2.5.2. Водный транспорт. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 30 апреля 1998 г. № 16. — СПб.: Стандартинформ, 1998.
8. Правила Российского речного регистра. — М., 2002. — Т. 2: Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания (ПСВП).
9. *Благовещенский С. Н.* Справочник по статике и динамике корабля / С. Н. Благовещенский, А. Н. Холодилин — Л.: Судостроение, 1976.
10. *Сизов В. Г.* Теория Корабля: учеб. пособие / В. Г. Сизов // Одесская национальная морская академия. — Одесса: ФЕНЖС, 2003 — 284 с.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 338.2:658.1

А. В. Уторов,

аспирант,

ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ

CERTAIN ASPECTS OF MULTIPLIER USAGE FOR ECONOMIC GROWTH MODELLING OF TRANSPORT COMPANIES

В статье рассматриваются теоретические вопросы использования при финансовом моделировании основных экономических мультипликаторов чистой прибыли, объема продаж, капитала, прироста собственного капитала. Также в данной статье автор исследует их сущностные признаки, фундаментальные преимущества и недостатки, формулирует особенности использования мультипликаторов и рассчитывает количественные характеристики исследованных параметров в компаниях водного транспорта.

This article describes the theoretical issues of using main economic multipliers in financial modeling such as multipliers of net profit, sales, capital (assets), and increment of equity. Also in this article author investigates their essential characteristics, fundamental advantages and disadvantages, formulates methods for using multipliers, and calculates quantitative characteristics for the examined parameters of water transport companies.

Ключевые слова: экономические мультипликаторы, моделирование экономического роста, рентабельность продаж, рентабельность собственного капитала, рентабельность активов, оборачиваемость активов, мультипликатор капитала, коэффициент капитализации чистой прибыли, водный транспорт.

Key words: economic multipliers, modeling of economic growth, return on sales, return on equity, return on assets, assets turnover, capital multiplier, net profit capitalization ratio, water transport.

РАЗВИТИЕ транспортной отрасли критически важно для поступательного движения экономики России. Транспорт является инфраструктурной отраслью, обеспечивающей не только взаимодействие между остальными областями экономики, но и формирующей общее экономическое пространство. В последние годы экономика России развивается стабильными темпами, переходя из стадии восстановления к стадии инвестиционного роста. Однако положительные изменения на транспорте замедляются наряду с другими причинами — отсутствием внятной политики и инструментов управления экономическим ростом компаний.

Актуальность управления экономическим ростом компаний водного транспорта и, как следствие, оценки эффективности их деятельности определяется прежде всего ролью поступательного развития в повышении результативности принимаемых экономических, технических и социальных решений, как для текущего, так и для перспективного развития отрасли.

Примерами финансовых схем, используемых для моделирования экономического роста на водном транспорте, являются модели обеспечения достижимого и устойчивого роста компании Дж. К. ван Хорна [1], многофакторная модель взаимосвязи абсолютных финансово-экономических показателей и рентабельности собственного капитала (модель Дюпона) [2], модель финансового планирования Уоррена и Шелтона [3].

Исследование автором статьи проблем моделирования роста компаний на водном транспорте позволило установить фундаментальные преимущества и недостатки, а также сильные и слабые свойства экономических мультипликаторов при формировании названных и других финансовых моделей. Введенное в экономическую теорию в 1931 г. английским экономистом Р. Каном поня-

тие «мультипликатор» означает коэффициент, показывающий меру умножающего воздействия исследуемых факторов на анализируемый параметр. В роли переменных величин в моделях экономического роста традиционно используются простые мультипликаторы, то есть индикаторы, представляющие собой очевидные соотношения между такими основными показателями операционной деятельности, как прибыль, выручка, активы.

К простым мультипликаторам экономического роста автор относит показатели рентабельности (продаж, собственного капитала, активов), оборачиваемости активов, мультипликатор капитала, коэффициент капитализации чистой прибыли.

Изучение особенностей водного транспорта позволило автору сделать предположение, что при моделировании экономического роста транспортных компаний отдельные характеристики отрасли иногда мало влияют на те или иные экономические мультипликаторы, а в других случаях, наоборот, требуют дополнительного внимания. В совокупности это усложняет расчет и использование мультипликаторов в моделировании экономического роста компаний водного транспорта, а также повышает риск прогнозирования на основе финансовых моделей.

К особенностям работы компаний водного транспорта, влияющим на формирование и использование мультипликаторов при моделировании экономического роста, автор относит:

— сезонность предложения услуг компаний внутреннего водного транспорта по перемещению грузов и пассажиров. В зимние месяцы в большинстве речных бассейнов России суда вынуждены простаивать, что отрицательно сказывается на ценах и объемах продаж обслуживаемых организаций, а также снижает эффективность использования ресурсов транспортных компаний. В то же время в ряде прибрежных бассейнов суда смешанного плавания выходят на рынок морских грузоперевозок, что значительно увеличивает предложение услуг речного транспорта, повышает степень использования флота, обеспечивает приток валюты в страну, рост доходов и прибыли судоходных компаний;

— высокая доля госзаказа в структуре закупок и продаж, а также государственное регулирование тарифов на услуги инфраструктурных объектов внутреннего водного транспорта усложняют оценку эффективности работы объектов инфраструктуры на водном транспорте;

— высокая капиталоемкость водного транспорта определяет большую долю государственного финансирования в структуре капитала организаций путевого хозяйства, а также необходимость привлечения значительных заемных средств судоходными компаниями для постоянного пополнения и обновления транспортного флота. Это влияет на уровень отдельных показателей, а также предъявляет дополнительные требования к формированию экономических мультипликаторов, используемых при моделировании экономического роста транспортных компаний различных видов деятельности.

Далее в статье автор рассматривает и анализирует основные мультипликаторы, раскрывает особенности их применения при финансовом моделировании в условиях водного транспорта.

1. Мультипликаторы чистой прибыли (показатели рентабельности)

Показатели рентабельности, используемые при моделировании экономического роста, характеризуют эффективность деятельности компании и оцениваются путем сравнения чистой прибыли с затраченными ресурсами. Чистая прибыль является одним из важнейших источников развития бизнеса, важной составляющей свободного денежного потока, на основании которого принято рассчитывать стоимость компании. Показатели рентабельности используются в экономическом моделировании, поскольку они позволяют в лаконичной форме оценить успешность работы компании и сравнить ее достижения с результатами других компаний отрасли.

Показатели рентабельности обладают рядом преимуществ, определяющих их широкое применение в моделировании экономического роста на водном транспорте: в интегральном виде отражают экономические процессы в организации, ее способность генерировать прибыль; представляют собой наиболее общую характеристику использования различных видов ресурсов транс-

портных компаний; применяются для оценки влияния на прибыль интенсивности использования ресурсов компании.

При наличии таких существенных достоинств показатели рентабельности, тем не менее, обладают и рядом не менее значительных недостатков:

— величина чистой прибыли даже устойчивых компаний водного транспорта изменчива во времени из-за резких колебаний конъюнктуры транспортного рынка, влияния фактора сезонности, изменения курсов валют. Существенная волатильность и недостаточная устойчивость показателей рентабельности усложняют их прогнозирование и требуют учета фактора риска;

— на уровень показателей рентабельности компаний водного транспорта значительно влияет большая фондоемкость транспортных услуг.

Конкретные показатели рентабельности, рассчитываемые по чистой прибыли, и особенности их применения на водном транспорте рассмотрены ниже. Автором также были выполнены расчеты и анализ всех мультипликаторов по данным бухгалтерской отчетности компаний водного транспорта России, представленной на сайте Федеральной службы статистики РФ [4]. Краткие аналитические выводы представлены ниже по каждому показателю.

1.1. Рентабельность продаж. По умолчанию показатель рентабельности продаж представляет собой отношение операционной прибыли (прибыли от продаж) к выручке за период, показывает долю прибыли в выручке от продаж и считается наиболее адекватной мерой операционной эффективности, поскольку разница, вызванная способами финансирования конкретной компании, не влияет на его величину.

В финансовых моделях экономического роста компании используется показатель рентабельности продаж, рассчитываемый по чистой прибыли. Он позволяет оценить долю себестоимости в продажах, а также прибыльность транспортных услуг, то есть сумму чистой прибыли, получаемой транспортной компанией с каждого рубля доходов от выполненных услуг. Показатель рентабельности продаж по чистой прибыли элиминирует влияние налога на прибыль. Это позволяет прогнозировать величину чистой прибыли компании при изменении объема транспортной работы и соответственно возможность использования прибыли как собственного источника финансирования. Рентабельность продаж по чистой прибыли представляет *мультипликатор чистой прибыли*, который показывает степень увеличения чистой прибыли с ростом выручки компании.

Показатель рентабельности продаж по чистой прибыли (P_{π}) рассчитывают как отношение чистой прибыли (ЧП) к выручке от объема продаж компании (В):

$$P_{\pi} = \text{ЧП} / \text{В}. \quad (1)$$

Среднее значение рентабельности продаж различается по видам деятельности и отраслям экономики. Деятельность внутреннего водного транспорта характеризуется низкой и за ряд лет отрицательной рентабельностью продаж из-за отсутствия чистой прибыли. Уровень исследуемого мультипликатора на морском транспорте достаточно высокий в 2005 г. снизился до отрицательной величины к 2011 г. Значительное влияние на экономическое состояние компаний отрасли и на показатель рентабельности продаж оказал мировой кризис.

1.2. Рентабельность собственного капитала. Это также *мультипликатор чистой прибыли*, характеризующий степень увеличения чистой прибыли в зависимости от роста собственного капитала транспортной компании.

Этот индикатор характеризует, насколько эффективно используется собственный капитал. Рассматриваемый показатель имеет особое значение для акционеров, так как отражает степень эффективности их инвестиций. Высокое значение рентабельности собственного капитала свидетельствует об успешной работе судоходных компаний, что ведет к повышению рыночного курса их акций и способствует привлечению новых капиталов для развития. Стабильный рост рассматриваемого показателя характеризует эффективность управления всеми видами ресурсов и затрат компании. В то же время его значительное отклонение от среднеотраслевого значения может свидетельствовать о чрезмерном уровне долга в структуре капитала и повышенном финансовом риске.

Рентабельность собственного капитала широко используется при моделировании экономического роста транспортных компаний. Особенности работы компаний водного транспорта предъявляют дополнительные требования к формированию экономических мультипликаторов, используемых при моделировании в компаниях различных видов деятельности. Так, по мнению автора, при моделировании экономического роста организаций путевого хозяйства необходимо учитывать большую долю государственного финансирования в структуре их капитала, а при разработке финансовых моделей судоходных компаний следует учитывать серьезное влияние доли заемного капитала на величину рентабельности собственного капитала.

Коэффициент рентабельности собственного капитала определяется как отношение чистой прибыли к средней величине собственного капитала транспортной компании за период:

$$P_{ск} = ЧП/СК. \quad (2)$$

Динамика этого показателя на внутреннем водном транспорте разнонаправлена по годам. Величина показателя рентабельности собственного капитала на морском транспорте к концу рассматриваемого периода значительно ниже предкризисных максимумов.

1.3. Рентабельность активов. Рентабельность активов является одним из интегральных индикаторов экономической деятельности транспортной компании, характеризует способность активов компании генерировать чистую прибыль и представляет собой *мультипликатор чистой прибыли*, показывающий степень увеличения чистой прибыли в зависимости от роста совокупных активов транспортной компании. Показатель рентабельности активов (P_a) рассчитывают как отношение чистой прибыли к среднегодовой стоимости активов компании (A):

$$P_a = ЧП/A. \quad (3)$$

Транспорт в целом и внутренний водный транспорт в частности относится к фондоемким отраслям экономики. Это определяет низкий уровень рентабельности активов транспортных компаний. Высокая и продолжающаяся повышаться фондоемкость водного транспорта в настоящее время определяет отрицательную динамику показателя рентабельности активов. Это критично сказывается на темпах экономического роста транспортных компаний, поскольку показатель рентабельности активов играет существенную роль в индикаторных моделях устойчивого роста. Так как рентабельность активов можно представить в виде произведения рентабельности продаж по чистой прибыли и коэффициента оборачиваемости активов, то, по мнению автора, внимание экономистов организаций водного транспорта должно быть акцентировано на поиске альтернативных путей повышения рентабельности активов — росте объема транспортной работы, доходов и резкого повышения оборачиваемости активов транспортных компаний.

2. Мультипликатор объема продаж (показатель оборачиваемости активов)

Оборачиваемость активов отражает эффективность использования транспортной компанией своих и привлеченных ресурсов, показывает деловую активность компании и представляет собой экономический *мультипликатор объема продаж*, характеризующий степень изменения выручки в зависимости от динамики величины активов. Этот показатель отражает не только уровень, но и эффективность управления всеми активами компании, что позволяет выявлять «проблемные зоны», характерные для деятельности конкретной компании, замедляющие темпы роста объемов продаж и снижающие показатели рентабельности.

Показатель оборачиваемости активов рассчитывается по следующей формуле:

$$O_a = B/A. \quad (4)$$

Транспорт в целом и водный транспорт в частности относится к отраслям с низким показателем оборачиваемости активов. Основную роль в этом играет преобладание в структуре активов основных средств, высокая стоимость основных фондов транспортных компаний. Динамика этого показателя для морского транспорта в целом до 2010 г. была слабо отрицательная, и рост показате-

ля был отмечен только в 2011 г. На внутреннем водном транспорте величина показателя несколько выше, чем на морском, и достаточно стабильна.

Показатель оборачиваемости активов или обратный ему показатель капиталоемкости активов является определяющим при моделировании экономического роста транспортной компании. К достоинствам использования рассматриваемого показателя при моделировании относится то, что он отражает важнейшие взаимосвязи в функционировании компании: иллюстрирует способность ее активов генерировать выручку. Увеличение оборачиваемости всех активов компании снижает потребность компании в новых активах по мере роста продаж и, следовательно, увеличивает коэффициент устойчивого роста. Увеличение оборачиваемости активов эквивалентно снижению капиталоемкости совокупных активов.

Поскольку коэффициент оборачиваемости относится к простым аналитическим индикаторам, его динамика существенно зависит от амплитуды и направления колебаний двух абсолютных показателей — выручки и активов компании. Поэтому на водном транспорте к прогнозированию этих параметров, во многом определяющих темпы экономического роста, должны предъявляться повышенные требования.

В инфраструктурных хозяйствующих объектах водного транспорта, например путевом хозяйстве, где значительная доля финансирования затрат и инвестиций принадлежит государству, неравномерность роста активов и сложность прогнозирования их уровня в значительной мере определяются таким внешним фактором, как величина бюджетного финансирования.

3. Мультипликатор капитала

Мультипликатор капитала отражает соотношение между совокупным и собственным капиталом компании. При увеличении мультипликатора возрастает доходность собственного капитала при условии, что рентабельность активов выше стоимости заемных средств, однако увеличивается степень финансового риска компании (снижаются коэффициенты автономии и ликвидности). Этот показатель имеет обратную зависимость от коэффициента финансовой автономии, характеризующего долю собственного капитала в совокупном капитале компании.

Величина мультипликатора капитала (МК) рассчитывается по формуле

$$МК = \frac{К}{СК} = \frac{СК + ЗК}{СК} = 1 + \frac{ЗК}{СК}, \quad (5)$$

где К — совокупный капитал компании; ЗК и СК — соответственно заемный и собственный капитал компании.

Важной составляющей рассматриваемого мультипликатора является плечо финансового рычага (ПФР), или коэффициент финансовой активности, — соотношение между заемными и собственными средствами компании. Показатель отражает структуру совокупного капитала, сложившуюся в транспортной компании, и исчисляется как отношение совокупных обязательств к собственному капиталу:

$$ПФР = ЗК / СК. \quad (6)$$

Теоретически нормальным считается соотношение 1:2, при котором 33 % общего финансирования осуществляется за счет заемных средств. На практике оптимальное соотношение во многом зависит как от вида бизнеса, так и от финансовой политики компании. Если плечо финансового рычага значительно превышает нормальное значение, в компании наблюдается слишком сильная зависимость от кредитных капиталов, одномоментный отток которых повышает риск банкротства. Наоборот, если плечо финансового рычага ниже нормального значения, то компания может испытывать недостаток средств для решения многих задач, и особенно инвестиционных.

Высокий уровень долга в структуре капитала компаний внутреннего водного транспорта существенно превышал до 2011 г. аналогичные индикаторы организаций морского транспорта. Привлечение значительных заемных средств на внутренний водный транспорт, с одной стороны,

способствует обновлению и развитию флота, а с другой стороны, ведет к снижению кредитоспособности и финансовой устойчивости в будущем.

В финансовой модели устойчивого экономического роста мультипликатор капитала играет существенную роль для транспортных компаний. При невысоком уровне и отрицательной динамике таких индикаторов, как рентабельность продаж по чистой прибыли и оборачиваемость активов, темпы экономического роста компаний могут стабилизироваться и даже возрастать в результате дополнительного привлечения заемного капитала и увеличения финансового рычага.

Специфика финансирования отдельных инфраструктурных объектов водного транспорта накладывает ограничения на использование этого показателя при моделировании экономического роста организаций, в составе капитала которых высока доля государственных средств. Так, доля бюджетных ассигнований в капитальных вложениях, необходимых для ресурсного обеспечения реализации Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., составляет на морском транспорте 18,7 %, внутреннем водном транспорте — 62 %. Для сравнения — на железнодорожном транспорте доля таких ассигнований прогнозируется в размере всего 11,5 % [5].

4. Мультипликатор прироста собственного капитала (коэффициент капитализации чистой прибыли)

Устойчивое развитие бизнеса количественно оценивается с помощью показателя темпа прироста ($T_{ур}$) собственного капитала, равного произведению рентабельности собственного капитала на коэффициент капитализации чистой прибыли ($K_{кап}$). Последний определяется по формуле

$$K_{кап} = (ЧП - ЧП_{див}) / ЧП, \quad (7)$$

где $ЧП_{див}$ — чистая прибыль, направляемая на выплату дивидендов.

Капитализация прибыли означает использование чистой прибыли на производственное развитие компании, реинвестирование чистого денежного потока инвестиций, осуществление дивидендных выплат в форме новых акций. Коэффициент капитализации чистой прибыли представляет собой *мультипликатор прироста собственного капитала*, характеризующий увеличение собственного капитала за счет чистой прибыли в зависимости от ее капитализируемой доли.

Показатель устойчивого прироста собственного капитала показывает, какими темпами в среднем увеличивается собственный капитал компании только за счет реинвестирования прибыли, то есть без привлечения заемных средств, при условии, что в компании не происходит резких изменений в структуре источников финансирования, дивидендной политике, уровне рентабельности. Этот показатель важен для моделирования экономического роста, так как он позволяет рассчитывать долю чистой прибыли компании, направляемую на увеличение собственного капитала.

Для удобства представления все рассмотренные мультипликаторы сведены в табл. 1.

Выполненное автором исследование вопросов об использовании простых мультипликаторов при моделировании экономического роста позволило сделать следующие выводы.

Простые мультипликаторы обладают большой амплитудой и направлением колебания во времени, что уменьшает точность создаваемых на их основе моделей, определяет повышенные требования к прогнозированию абсолютных показателей компании водного транспорта, учета фактора риска. Применение только простых мультипликаторов накладывает на модели роста компаний водного транспорта дополнительные ограничения, вызванные отраслевыми особенностями.

По мнению автора, использование при моделировании экономического роста *совокупности* простых мультипликаторов позволяет уменьшить влияние их недостатков путем мультипликативного или аддитивного использования взаимодополняющих индикаторов. Другим решением проблемы может стать применение одновременно *простых* и *сложных* мультипликаторов, таких как эффекты производственного и финансового рычагов. Сложные мультипликаторы, которые отражают внутренние характеристики организации и в меньшей степени зависят от внешних переменных, должны стать серьезным противовесом и дополнением к простым мультипликаторам в моделях экономического роста. Это позволит снизить неустойчивость модели и повысить ее точность.

Таблица 1

Экономические мультипликаторы, используемые при моделировании экономического роста компаний водного транспорта

Тип мультипликатора	Наименование показателя	Сильные свойства мультипликатора	Слабые стороны мультипликатора	Отраслевые особенности
Мультипликатор чистой прибыли (в зависимости от изменения выручки)	Рентабельность продаж	— отражает способность организации к генерированию прибыли;	— не отражает структуру затрат, капитала и его источников, долю компании на рынке транспортных услуг	— существенная волатильность и недостаточная устойчивость из-за резких колебаний конъюнктуры транспортного рынка, влияния фактора сезонности, изменения курсов валют усложняют прогнозирование показателей рентабельности и требуют учета фактора риска;
Мультипликатор чистой прибыли (в зависимости от изменения собственного капитала)	Рентабельность собственного капитала	— оценивает влияние интенсивности использования всех видов ресурсов на прибыль компании		— существенное влияние на уровень показателей рентабельности компаний водного транспорта высокой фондоемкости транспортных услуг
Мультипликатор чистой прибыли (в зависимости от изменения активов)	Рентабельность активов			
Мультипликатор объема продаж (в зависимости от изменения величины активов)	Оборачиваемость активов	— иллюстрирует способность активов компании генерировать выручку; — увеличение оборачиваемости активов эквивалентно снижению их капиталоемкости; — повышение оборачиваемости активов может обеспечить рост чистой прибыли без увеличения ресурсов компании и даже при снижении рентабельности продаж	— большая зависимость от амплитуды и направления колебания выручки и активов компании, что определяет повышенные требования к прогнозированию этих показателей	— неравномерность роста активов и сложность прогнозирования их уровня в хозяйствующих объектах путевого хозяйства, что определяется таким внешним фактором, как величина бюджетного финансирования
Мультипликатор капитала компании	Коэффициент соотношения совокупного и собственного капитала компании	— отражает структуру капитала компании; — влияет на изменение доходности собственного капитала в результате использования заемного капитала; — при невысоком уровне и отрицательной динамике других мультипликаторов темпы экономического роста компании могут стабилизироваться в результате дополнительного привлечения заемного капитала	— с ростом мультипликатора увеличивается степень финансового риска компании (снижаются коэффициенты автономии и ликвидности)	— накладывает ограничения на использование этого показателя при моделировании экономического роста организаций, в составе капитала которых высока доля государственных средств
Мультипликатор прироста собственного капитала	Коэффициент капитализации чистой прибыли	— позволяет прогнозировать часть чистой прибыли, предназначенную для инвестирования в бизнес; — определяет привлекательность компании для инвесторов, заинтересованных в получении дивидендного дохода		— не может быть использован крупными и средними компаниями внутреннего водного транспорта, которые относятся либо к убыточным, либо к неустойчивым по прибыльности компаниям; — не используется малыми предприятиями и предпринимателями без образования юридического лица

Список литературы:

1. Хорн Дж. К. ван. Основы управления финансами: пер. с англ. / Дж. К. ван Хорн; гл. ред. сер. Я. В. Соколов. — М.: Финансы и статистика, 2003.
2. Bodie Z. Essentials of Investments / Z. Bodie, A. Kane, A. J. Marcus. — 5th ed. — Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2004.
3. Ченг Ф. Ли. Финансы корпораций: теория, методы и практика / Ф. Ли Ченг, Д. Финнерти. — М.: ИНФРА-М, 2000.
4. Центральная база статистических данных сайта Федеральной службы государственной статистики РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi#1> (дата обращения: 11.01.13).
5. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.: утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.

УДК 336

П. М. Лысенков,
д-р техн. наук,
АО «Сигма»;

С. Г. Чулкин,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ИННОВАЦИИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

INNOVATIONS INVESTMENTS EFFICIENCY IN WATER TRANSPORT

Проведен анализ инвестирования средств в судостроительную промышленность на примере модернизации судовых энергетических установок (СЭУ). Рассмотрены характеристики шести поколений СЭУ, используемых в той или иной мере на флоте России. Приведены выводы по возможности повышения эффективности инновационного процесса путем создания нового — седьмого — поколения СЭУ.

The analysis of investments in shipbuilding on an example of the modernizations of the ship energy installations (SEI) is carried out. The features of six generations of SEI used in a varying degree in the fleet of Russia are considered. The conclusions are made on the possibility of increasing the efficiency of the innovation process by creation a new, seventh generation of SEI.

Ключевые слова: эффективность, инвестиция, инновация, водный транспорт.
Key words: efficiency, investment, innovation, water transport.

ИНВЕСТИЦИИ в медицину, образование, науку, промышленность, транспорт, в финансовую сферу преследуют разные цели. Тем не менее всегда имеется в виду, что они должны быть эффективными, то есть средства должны быть потрачены на заявленные цели и эти цели, полностью или частично, должны быть достигнуты [1]. Из всего многообразия инвестиций остановимся на инвестициях в промышленность, которая за годы реформ превратилась в отсталую отрасль народного хозяйства. Понимая это, политическое руководство страны взяло курс на модернизацию экономики России, в первую очередь промышленности. При этом упор делается на инновационное развитие обрабатывающих отраслей промышленности.

Если упрощенно рассматривать инновационный процесс как некую совокупность мероприятий по исследованию и разработке новых продуктов с более привлекательными для потребителя свойствами, их эксплуатационную проверку и коммерциализацию, а также по поддержанию жизненного цикла, то эффективность этой деятельности с точки зрения инвестиций может быть оценена следующим уравнением [2]:

$$З = С + E_H \cdot И, \quad (1)$$

где $З$ — затраты на производство нового продукта; $С$ — себестоимость нового продукта; $И$ — инвестиции в создание нового продукта; E_H — коэффициент окупаемости инвестиций.

Если считать допустимой окупаемость инвестиций в течение 3,5 лет, тогда коэффициент E_H будет равен 0,3.

Обычно инвестиции расходуются на то, чтобы создать продукт с более высокими потребительскими свойствами, и на то, чтобы технология изготовления продукта требовала минимальных расходов в сфере производства, эксплуатации и ремонта [3]. Если предположить, что себестоимость продукта снижается при увеличении инвестиций и предположительно обратно пропорциональна сумме инвестиций в создание нового продукта $[1:И]$, то уравнение (1) может быть представлено графически, как показано на рис. 1.

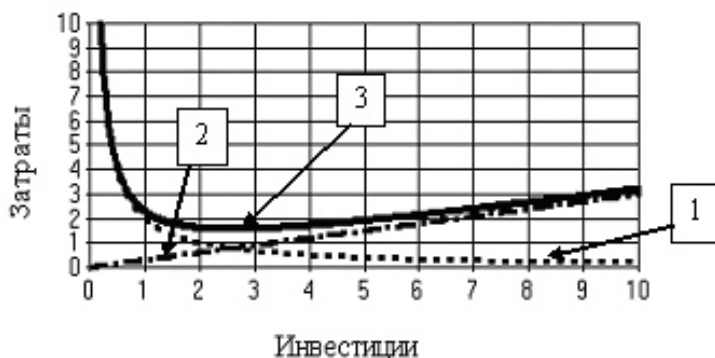


Рис. 1. Зависимость затрат на производство от инвестиций:
1 — себестоимость продукта; 2 — инвестиции; 3 — суммарные затраты

Анализ процесса инвестирования средств в промышленность (см. рис. 1) позволяет утверждать следующее. На начальной стадии инвестирования средств в создание продукта затраты на его производство максимальны. Затем по мере освоения технологии, совершенствования конструкции и приемов эксплуатации себестоимость продукта монотонно снижается. Но иначе обстоит дело с суммарными затратами. График зависимости затрат от суммы инвестиций имеет экстремальную форму с отчетливо выраженным минимумом. Это значит, что совершенствование технического решения продукта путем инвестирования средств за пределами минимума не имеет смысла и экономически неоправданно. Нельзя бесконечно долго «улучшать» продукт. Эффективнее создавать новое техническое решение, инвестировать средства в новый продукт [4].

Процесс инвестирования средств в модернизацию конкретной продукции наглядно иллюстрируется на примере судовых энергетических установок (СЭУ), предназначенных для обеспечения главного движения и маневрирования водного транспортного средства [3; 5].

Первое поколение СЭУ состояло из человека и ручных технических средств, таких как весла, шесты и рулевые пластины. Они используются до настоящего времени, несмотря на их несовершенство. Снижение веса шестов и весел, улучшение гидродинамических характеристик весел сначала давало значительный эффект, но быстро исчерпало свои возможности. Остро потребовалось новое техническое решение.

Второе поколение СЭУ представляло собой большой шаг вперед. Оно состояло из системы парусов, что позволило резко увеличить размеры судов, их скорость, расширить район плавания,

сократить численность команды. Появились суда для кругосветного плавания. Однако в XIX в. потребовалось новое техническое решение, вызванное техническое революцией.

Третье поколение СЭУ связано с использованием большого количества сложных устройств, а именно паровых машин, гребных винтов, валопроводов, дейдвудных подшипников и уплотнений, а суда стали именовать пароходами. В качестве топлива использовали каменный уголь, позже мазут. Однако недостаточная эффективность, экологические проблемы, в частности загрязнение дна рек и морей угольным шлаком, потребовали создания и использования следующего поколения СЭУ.

Четвертое поколение СЭУ предполагает использование дизельного двигателя внутреннего сгорания вместо паровой машины, а суда получили название «теплоход». В качестве топлива используется жидкое углеводородное топливо, а именно дизельное топливо. Это техническое решение по сравнению с пароходами оказалось экономически эффективным и экологичным, и широко используется до настоящего времени. Тем не менее и это техническое решение не лишено недостатков. Судовладельцы указывают на большой расход дефицитного топлива, на экологические проблемы, связанные с загрязнением воздушного пространства, на проблемы маневрирования судов и т. п.

Пятое поколение СЭУ используется на судах, получивших название «атомоход». Имеется в виду использование атомных паропроизводящих установок вместо традиционных котлов. Однако высокая стоимость, проблемы экологии и безопасности ограничили использование атомоходов судами специального назначения, такими как ледоколы и лихтеровозы для работы в условиях Крайнего Севера.

Неудовлетворенность судовладельцев описанными техническими решениями судовой энергетики стимулировала промышленность на поиски и создание новых СЭУ. В результате начало XXI в. ознаменовалось выходом на рынок судовой машиностроительной продукции, так называемых систем автоматизированного управления судами (САУС по классификации Российского морского регистра судоходства). Иногда эти устройства по-простому называют винторулевыми колонками. Их можно считать шестым поколением СЭУ. В настоящее время это техническое решение стало модным в судостроении благодаря своим преимуществам в части удобного маневрирования судном, несмотря на крайне высокую стоимость и недостаточную надежность.

Все известные варианты СЭУ в той или иной мере в настоящее время используются на флоте. Единого монопольного технического решения нет. Поэтому поиски нового решения СЭУ продолжаются. В процессе инновационного развития СЭУ участвует большое количество известных зарубежных фирм.

Процесс совершенствования СЭУ продемонстрирован на рис. 2.

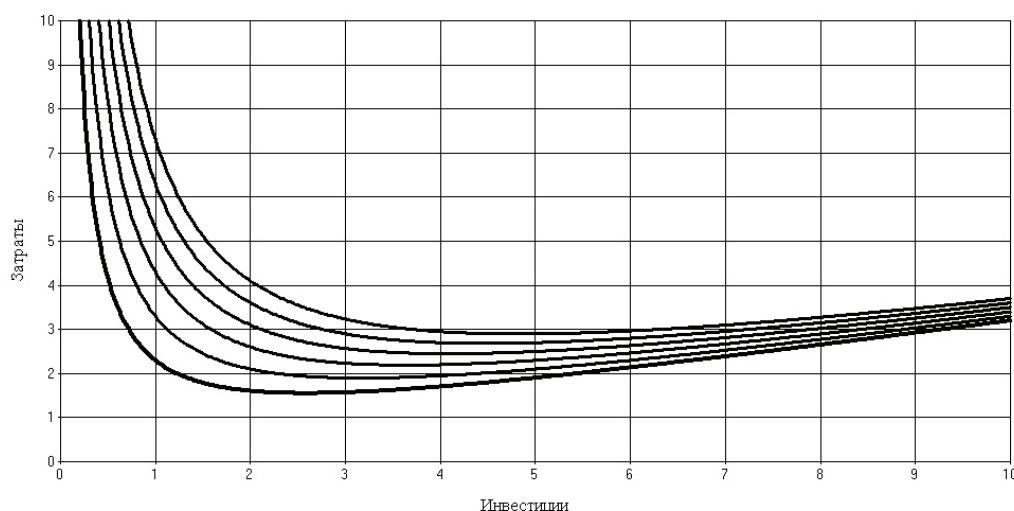


Рис. 2. Схема развития судовых энергетических установок:

1 — гребные суда; 2 — парусные суда; 3 — пароходы; 4 — теплоходы; 5 — атомоходы; 6 — суда с САУС

Схема, показанная на рис. 2, и уравнение (1) не предназначены для расчетов. Они носят иллюстрационный характер, указывая на то, что создание нового технического решения является автономным и не является модернизацией предыдущих продуктов, а процесс развития идет скачкообразно. Обычно новое решение требует увеличенных сумм инвестиций, однако всегда имеется минимум суммарных затрат, который означает, что дальнейшие инвестиции в развитие продукта бессмысленны с точки зрения экономики.

Схемы, представленные на рис. 1 и 2, показывают, что процесс инновационного развития технических средств нуждается в двух основных компонентах: плодотворных научно-технических идеях и финансовых средствах. Главным здесь является наличие идей, а наличие финансов вторично. Попытки решить любую техническую проблему методом «забросаем деньгами» всегда оказываются бесперспективными.

Постоянная неудовлетворенность техническими решениями СЭУ со стороны судовладельцев, пристальное внимание бизнеса к этому продукту на мировом рынке, острая конкурентная борьба в этом сегменте мирового рынка указывают на то, что очевидна необходимость в продукте нового поколения. Седьмое поколение СЭУ должно:

- быть экономичным с точки зрения расхода топлива;
- быть экологичным с минимальными вредными выбросами с борта судна в атмосферу;
- обеспечивать маневренность судна по направлению главного движения судна, по развороту, по причаливанию и отчаливанию от причальной стенки;
- быть минимально требовательным к сорту топлива;
- иметь минимальную стоимость;
- уменьшать себестоимость судна;
- обеспечивать повышенную надежность СЭУ по параметрам безотказности и ремонтнопригодности.

Ни одно из существующих решений в полной мере этим требованиям не соответствует. В то же время в Санкт-Петербурге начинаются работы по созданию 7-го поколения СЭУ, получившего название СЭУ-СУПЕР. Планируется, что такое устройство будет в максимальной степени соответствовать указанным выше технико-экономическим характеристикам. Кроме того, есть информация, что инвестиции в проект окажутся минимальными, а сроки его реализации — сжатыми.

Выводы

1. Магистральным направлением модернизации промышленности России является вложение финансовых средств в инновации, в создание новых продуктов мирового уровня по потребительским качествам.

2. Осуществление инновационных проектов возможно при наличии двух компонентов, а именно плодотворных научно-технических идей и финансовых средств.

3. Наличие идей является приоритетным условием реализации инновационных проектов.

4. Каждое инновационное решение требует минимальных инвестиций для своего воплощения, после которого инвестиции в совершенствование продукта экономически бесперспективны.

5. Инновационный процесс носит скачкообразный, а не эволюционный характер. Для этого нужны прорывные идеи.

6. Очевидна потребность коммерческого флота в новом поколении судовых энергетических установок главного движения и маневрирования судна.

7. Имеется прорывная научно-техническая идея для создания 7-го поколения СЭУ на базе инвестиционного проекта СЭУ-СУПЕР.

Список литературы

1. Оптимальные технологии повышения эксплуатационных качеств судов / И. М. Абачараев [и др.]; под общ. ред. С. Г. Чулкина. — СПб.: Изд-во СПбГПТУ, 2011.
2. Лысенков П. М. Эффективность использования разработок, направленных на экономию материальных и трудовых ресурсов / П. М. Лысенков // Вопросы судостроения: сб. Сер. «Судоверфь». — 1985. — № 5.
3. Лысенков П. М. Технология судового машиностроения. Введение в специальность: учеб. пособие / П. М. Лысенков, В. И. Черненко. — СПб.: ЛОМО-Инфраспек, 2010.
4. Триботехника на водном транспорте // Транстрибо-2001: тр. I Междунар. симпоз. по транспортной триботехнике / под общ. ред. С. Г. Чулкина, П. М. Лысенкова. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001.
5. Чулкин С. Г. Эффективность техногенных трибосопряжений: учеб. пособие / С. Г. Чулкин, Р. Качиньски, М. П. Лысенков. — СПб.: Изд-во СПбГПТУ, 2010.

УДК 338.47:656.615.073

М. Б. Иванова,

канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная
академия имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ ЧАСТНЫХ СТРАТЕГИЙ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКИХ КОМПАНИЙ

METHODICAL BASE OF CHOICE OF PARTICULAR STRATEGIES OF COMPETITIVE ABILITY INCREASING OF FORWARDING COMPANIES

Стратегическое планирование — неотъемлемая часть деятельности транспортно-экспедиторских компаний. В данной статье мы анализировали частные стратегии экспедиторских предприятий. В работе представлены критерии выбора оптимальной частной стратегии.

Мы предложили два метода выбора стратегии для использования в деятельности транспортно-экспедиторских компаний. Первый метод базируется на оценке уровня риска. Второй метод основывается на условии неопределенности рыночной ситуации. Также в работе приведены примеры использования этих методов в практике экспедирования.

Strategic planning is necessary part of forwarding companies work. We have analysed particular strategies of forwarding companies development in this article. Criteria of optimal strategy choice were presented in this work.

We have offered two methods of strategy choice to use in transport company activity. The first method is based on estimation of the risk level. The second method is based on unknown marketing situation. We introduce examples of using of these methods in forwarding practice.

Ключевые слова: транспортно-экспедиторские услуги, частная стратегия развития, методы выбора оптимальной стратегии, конкурентоспособность, критерии выбора оптимальной стратегии.

Key words: forwarding services, particular strategy of development, methods of optimal strategy choice, competitive ability, criteria of optimal strategy choice.

В СОВРЕМЕННОМ мире при постоянно меняющихся условиях окружающей среды невозможно обойтись без методов стратегического менеджмента, если компания хочет укрепить и развить свои позиции на рынке. Стратегический менеджмент основывается на формировании общей стратегии фирмы, которая впоследствии представляется в виде частных стратегий развития компании. Такие стратегии содержат комплекс конкретных мер и действий по достижению целей предприятия.

Целью данной статьи является предложение критериев и метода отбора частных стратегий в рамках определенной генеральной стратегии развития организации.

Для этого в данной статье были решены следующие задачи:

- кратко рассмотреть метод определения генеральных стратегий транспортно-экспедиторских компаний;
- сформулировать комплекс возможных частных стратегий транспортно-экспедиторских компаний;
- сформировать критерии (показатели) оценки эффективности частных стратегий;
- предложить методику для осуществления выбора оптимальных частных стратегий.

Прежде всего необходимо дать определение генеральным и частным стратегиям. Генеральная стратегия — направление развития компании в каждой стратегической зоне хозяйствования. Частная стратегия — алгоритм действий, состоящий из конкретных мер по достижению желаемого состояния организации.

В данной статье речь идет о частных стратегиях, но для того чтобы их рассмотреть, необходимо кратко остановиться на методе определения генеральных стратегий. Генеральные стратегии были разделены на три группы:

- стратегии роста: увеличение доли компании на освоенных секторах рынка, выход на национальный и международных рынки, освоение нового сектора рынка по другому роду груза, прямая диверсификация по расширению спектра оказываемых услуг;
- стратегия стабилизации: сохранение доли рынка в определенной стратегической зоне хозяйствования;
- стратегия сокращения: сокращение или закрытие одной или нескольких стратегических зон хозяйствования.

В нашей предыдущей работе предлагалось для выбора оптимальной генеральной стратегии развития транспортно-экспедиторской компании использовать модифицированную матрицу Шелла. При этом по оси *X* отражается показатель степени привлекательности сектора транспортно-экспедиторского рынка. При этом рынок был поделен на сектора в зависимости от рода груза (навалочный, наливной и генеральный) и от спектра услуг, предоставляемых компанией (местное, частичное и полное обслуживание). По оси *Y* отражается показатель конкурентоспособности предприятия, составляющими которого были: уровень конкурентоспособности услуг, уровень рентабельности услуг, уровень производительности труда, финансовая устойчивость и уровень платежеспособности компании. Также была предложена формула для расчета уровня конкурентоспособности услуг. Она состоит из единичных показателей конкурентоспособности, таких как уровень надежности обслуживания, относительный уровень времени обслуживания, мера полноты спектра оказываемых услуг и относительный показатель цены [6, с. 70–79]. Для каждого показателя разработана формула расчета.

В данной статье мы предлагаем дополнить характеристики конкурентоспособности транспортно-экспедиторских предприятий.

1. Имидж компании. При этом составляющими имиджа выступают возраст компании, степень известности (реклама компании), репутация предприятия (отзывы о компании на транспортных форумах, общественное мнение). Показатель имиджа компании рассчитывается как среднее арифметическое от единичных показателей.

2. Степень взаимодействия с другими транспортными компаниями и грузовладельцами. Здесь имеются в виду следующие формы взаимодействия:

2.1. Независимые экспедиторские компании, которые оказывают услуги только по экспедированию и не входят в группу компаний.

2.2. Компании, оказывающие комплексную услугу: экспедирование, агентирование, услуги таможенного брокера.

2.3. Компания, входящая в транспортный холдинг.

Данные характеристики предлагается оценивать экспертам.

Таблица 1

Балловая шкала для экспертной оценки дополнительных характеристик конкурентоспособности

Характеристика	Измеритель	0 баллов*	5 баллов	10 баллов
1. Имидж компании				
1.1. Возраст компании	Количество лет	Новая компания	До 10 лет	Более 10 лет
1.2. Степень известности	Количество отзывов о компании на транспортных форумах в сети Интернет	Наличие отрицательных отзывов	От 1 до 8 положительных отзывов	Более 8 положительных отзывов
1.3. Реклама компании	Интенсивность рекламной кампании	Отсутствие рекламы	Наличие заметной рекламы	Активная рекламная кампания
2. Степень взаимодействия с другими транспортными компаниями и степень комплексности услуги	Форма взаимодействия	Независимые компании	Комплексная услуга (экспедирование, агентирование, услуги таможенного, фрахового брокера)	Компания, входящая в холдинг транспортных компаний

* По усмотрению эксперта могут быть предложены промежуточные значения данных характеристик.

Далее перейдем к рассмотрению частных стратегий. На практике частная стратегия будет представлять собой проект или комплекс проектов, реализация которых приведет к улучшению деятельности предприятия, к достижению целей.

Предлагается классифицировать частные стратегии следующим образом:

— по целям — увеличение объема продукции и услуг, повышение качества, конкурентоспособности, решение экологических и социальных приоритетных задач;

— по срокам реализации — краткосрочные проекты для транспортно-экспедиторской отрасли принимаются в интервале до 1 года, среднесрочные — от 1 до 3 лет и долгосрочные — свыше 3 лет;

— по объему финансовых источников — небольшие проекты до 300 тыс. руб., средние от 300 до 1 млн руб., крупные — более 1 млн руб.

Далее на основе анализа деятельности транспортно-экспедиторских предприятий, работающих в Новороссийском транспортном узле, были выделены частные стратегии развития компаний, которые позволят повысить уровень конкурентоспособности (табл. 2).

Таблица 2

Возможные частные стратегии развития компании для повышения конкурентоспособности

Показатель конкурентоспособности	Частные стратегии развития конкурентоспособности компании
Уровень надежности обслуживания	— информационная система слежения за прохождением товара; — повышение квалификации работы персонала; — внедрение системы качества с соответствия с современными стандартами
Относительный уровень времени обслуживания	— налаживание хороших взаимоотношений с администрацией оператора портового терминала, таможней, сертификационными органами для более быстрого прохождения груза через транспортный узел; — приобретение современных модернизированных средств оформления документов (компьютеры, ноутбуки, принтеры) в достаточном количестве для работы без задержек
Мера полноты спектра услуг	— строительство собственного склада; — аренда склада; — аренда причала; — приобретение транспортных средств (суда, автомашины, железнодорожные вагоны); — аренда транспортных средств; — приобретение или аренда перегрузочных средств
Относительный показатель цены обслуживания	— предоставление объемных скидок для грузовладельцев
Характеристика имиджа	— активная реклама; — участие в транспортных форумах, конференциях, выставках
Степень взаимодействия с другими компаниями	Повышение степени синергии обслуживания при объединении усилий с другими участниками: — договоренность с другими компаниями о сотрудничестве; — присоединение к транспортному холдингу

Следующим этапом нашей работы было выявление критериев эффективности частных стратегий. Таковыми были выбраны следующие критерии:

- экономическая эффективность проекта;
- скорость или время реализации стратегии;
- прирост уровня конкурентоспособности.

Экономическая эффективность частной стратегии может быть оценена через показатели эффективности предлагаемого проекта. В России для оценки эффективности проектов используют следующие показатели [3, с. 53–55].

- чистый доход — сальдо денежного потока за расчетный период;
- чистый приведенный эффект (чистый дисконтированный доход) — разница между денежными поступлениями с учетом дисконтирования и суммой инвестиций, а также с учетом дисконтирования;
- внутренняя норма доходности (ВНД) характеризует рентабельность проекта. Значение внутренней нормы доходности сравнивают с нормой дисконта. Проекты, по которым ВНД менее

нормы дисконта, считаются неэффективными, так как у таких проектов чистый дисконтированный доход будет отрицательным в расчетном периоде;

— срок окупаемости (дисконтированный срок окупаемости) рассчитывается как отношение суммы капитальных вложений к годовой прибыли. Дисконтированный срок окупаемости определяется с учетом дисконтирования данных величин. Моментом окупаемости считают наиболее ранний момент времени, после которого чистый дисконтированный доход становится положительным;

— индекс доходности — отношение суммы элементов денежного потока от текущей деятельности к величине денежного потока от инвестиций.

При оценке эффективности реализации стратегии прежде всего устанавливают степень его финансовой реализации, которая отражает наличие у транспортно-экспедиторской компании возможностей для ее внедрения. Если имеет место финансовая невозможность реализации, проект отклоняется или производится пересмотр схемы финансирования.

На наш взгляд, наиболее простым и наглядным показателем эффективности проекта является дисконтированный срок окупаемости, так как он учитывает величину инвестиций (денежных вложений в данную частную стратегию), величину годовой дисконтированной прибыли. Кроме того, дополнительным критерием для сравнения стратегий мы предлагаем использовать прирост годовой прибыли после реализации стратегии.

Так как данные мероприятия имеют цель — повысить конкурентоспособность, имеет смысл рассчитать степень изменения показателя конкурентоспособности, который определяется как разница между будущим показателем и текущим. Данный показатель будет измеряться в баллах.

Время реализации выбранной стратегии можно определить следующим образом:

— по приобретаемым или арендуемым транспортным средствам, электронным средствам слежения за прохождением груза — временем реализации стратегии будет являться «время изготовления (если это требуется) + время доставки и наладки;

— по повышению качества персонала — время прохождения курсов переподготовки или повышения квалификации;

— аренда склада или причала — время подготовки соответствующих документов по эксплуатации оборудования;

— по строительству или модернизации причала — время разработки и утверждения проектной документации + строительство терминала + время на ввод в эксплуатацию;

— по рекламе и участию в выставках, форумах — время проведения рекламных акций + временной лаг, необходимый для восприятия рекламного воздействия целевой аудиторией;

— по мероприятиям объединения с другими компаниями — время, необходимое для установления таких отношений (определяется опытным или экспертным путем).

При выборе генеральной стратегии на предыдущем шаге мы оценивали состояние рыночной конкурентной среды, следовательно, частично снизили уровень неопределенности принимаемых решений. Однако некоторая неопределенность, а значит, и риск остались. Поэтому для выбора оптимальной частной стратегии предлагается использовать два метода принятия решений:

1-й метод — с учетом риска: если можно определить степень риска по каждой из частных стратегических альтернатив, то данный показатель становится одним из критериев для выбора оптимальной стратегии. И такой выбор производится по интегральному показателю, состоящему из единичных показателей: дисконтированный срок окупаемости, прирост прибыли после реализации проекта, прирост конкурентоспособности услуг, время на реализацию мероприятий, степень риска. При этом коэффициент дисконтирования будет рассчитываться как ставка рефинансирования ЦБ + средний годовой темп инфляции и не будет учитывать степень риска проекта, так как он вынесен отдельно в качестве самостоятельного показателя.

2-й метод — в условиях неопределенности: часто в транспортном экспедировании, которое функционирует в динамично изменяющихся условиях окружающей среды, трудно оценить степень риска того или иного стратегического проекта. В этом случае целесообразно применять для

выбора оптимальной частной стратегии методологию принятия решений в условиях неопределенности.

Далее рассмотрим использование этих методов более подробно.

Метод выбора оптимальной стратегии с учетом риска включает определение четырех единичных показателей.

Дисконтированный срок окупаемости рассчитывается по известным методикам, но без учета риска (степень риска определяется отдельно) [3, с. 54–59]. Прирост прибыли и конкурентоспособности рассчитывается как разница будущего и текущего показателей. Некоторую сложность представляет собой определение степени риска [4, с. 51–53].

Риск потерь будет определяться экспертным путем, при этом данный показатель будет измеряться в интервале от 0 до 1:

0 — реализуемая стратегия не является рискованной.

1 — максимальный риск выбранной стратегии.

На первом этапе оценки риска оформляется матрица рисков, в которой указывается перечень возможных рисков данного проекта по существу. Далее на втором этапе определяется степень риска по каждой опасности и формируются коэффициенты весомости для каждой категории риска.

В заключение находим комплексный показатель риска для каждого проекта по формуле

$$R_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_i, \quad (1)$$

где $R_{\text{стр}}$ — обобщенный показатель риска по данной стратегии (проекту); a_i — коэффициент важности i -й категории риска; r_i — сила воздействия i -й категории риска на развитие данной частной стратегии; n — количество категорий риска.

Приведем перечень рисков, с которыми может столкнуться транспортно-экспедиторская компания при реализации стратегии развития:

— сокращение объемов обслуживаемого грузопотока (даже при применении методов прогнозирования имеется определенная погрешность). Причины могут быть разные: сокращение объемов производства, сокращение импорта, изменение ставок на погрузку, выгрузку, таможенных платежей, железнодорожных тарифов и, как следствие, переключение грузопотоков на порты сопредельных государств;

— появление на данном секторе рынка более сильного конкурента может свести на нет все усилия по повышению конкурентоспособности;

— на транспортную отрасль также влияют риски форс-мажорных обстоятельств: катастрофы, войны, забастовки и т. д.;

— возможны также бюрократические риски, которые влияют на увеличение сроков реализации стратегии (задержки, связанные с оформлением документов);

— транспортно-экспедиторская комиссия часто взимается в долларах США, расходы несет в рублях, поэтому на прирост прибыли может влиять валютный риск. Кроме того, изменения в налоговом законодательстве также влияют на изменение расходов компании.

Ниже приведем пример расчета степени риска для стратегии «Приобретение грузового автотранспорта». На успешную реализацию данной стратегии могут оказывать влияние следующие риски:

— сокращение объемов грузопотока;

— появление более сильного конкурента;

— непредвиденное повышение расходов на содержание автотранспорта.

Коэффициент важности и сила воздействия определяются экспертным методом.

Таблица 3

**Расчет обобщенного показателя риска по анализируемой стратегии
«Приобретение грузового автотранспорта»**

Категория риска	Коэффициент важности	Сила воздействия	$\sum a_i \cdot r_i$
Сокращение объемов грузопотока	0,4	0,25	0,1
Появление сильного конкурента	0,4	0,15	0,06
Непредвиденное увеличение расходов	0,2	0,2	0,04
Итоговый показатель			0,2

Далее приведена методика расчета интегрального показателя эффективности частных стратегий на примере исследуемой транспортно-экспедиторской компании. В предыдущей работе мы определили, что сектор генеральных грузов является наиболее привлекательным для данной экспедиторской компании [7, с. 210–215]. Также было определено, что компания может добиться успеха посредством расширения спектра услуг и повышения конкурентоспособности обслуживания. Таким образом, мы будем апробировать предлагаемые методы в стратегической зоне хозяйствования на секторе генеральных грузов.

Ниже приведены исходные данные для расчета интегральных показателей эффективности следующих частных стратегий: приобретение грузового автотранспорта, строительство склада для промежуточного хранения генеральных грузов, приобретение железнодорожного подвижного состава.

Таблица 4

Исходные данные для расчета интегрального показателя эффективности стратегии

Формулировка частной стратегии	Критерии эффективности частных стратегий				
	Дисконтированный срок окупаемости, годы	Время реализации стратегии, годы	Прирост прибыли, тыс. руб.	Прирост конкурентоспособности, баллы	Обобщенный показатель риска
Приобретение грузового автотранспорта	1,9	0,2	430	1,9	0,2
Строительство склада	3,5	1,3	780	2,1	0,38
Приобретение железнодорожного подвижного состава	2,24	0,35	674	2,0	0,24

Прирост конкурентоспособности будет производиться за счет повышения надежности обслуживания, увеличения спектра услуг и предложения клиенту-грузовладельцу более привлекательной цены за услуги.

Для расчета интегральных показателей эффективности данных стратегий приведем их к нормируемому виду по формуле (2) [1, с. 182]:

$$k_{nj} = \frac{f_{nj}}{\max f_n}, \quad (2)$$

где k_{nj} — значение параметра в нормируемом виде; f_{nj} — текущее значение параметра по столбцу; $\max f_n$ — максимальное значение критериального параметра.

При этом параметры показателя по приросту и показателя по приросту конкурентоспособности связаны прямой зависимостью между их величиной и эффективностью стратегии. А для показателей по дисконтированному сроку окупаемости и по времени реализации стратегии, а также по степени устойчивости проекта с учетом риска необходимо использовать не само значение, а следующее выражение $(1 - f_{ij})$.

$$I_{\text{эфф.стр.}} = \sum_{i=1}^5 k_i, \quad (3)$$

где $I_{\text{эфф.стр.}}$ — интегральный показатель эффективности частной стратегии; k_i — единичный показатель эффективности частной стратегии.

Таблица 5

Расчет интегрального показателя для выбора оптимальной частной стратегии с учетом риска

Формулировка частной стратегии	Критерии эффективности частных стратегий					Интегральный показатель
	Показатель по дисконтированному сроку окупаемости	Показатель по времени реализации стратегии	Показатель по приросту прибыли	Показатель по приросту конкурентоспособности, баллы	Степень устойчивости проекта с учетом риска	
Приобретение грузового автотранспорта	$1 - 0,54 = 0,46$	$1 - 0,15 = 0,85$	0,55	0,9	$1 - 0,52 = 0,48$	3,24
Строительство склада	$1 - 1 = 0$	$1 - 1 = 0$	1	1	$1 - 1 = 0$	2
Приобретение железнодорожного подвижного состава	$1 - 0,64 = 0,36$	$1 - 0,26 = 0,74$	0,86	0,95	$1 - 0,63 = 0,37$	3,28

Таким образом, используя данную методику выбора эффективной стратегии, получаем, что наиболее оптимальной будет стратегия Y_3 — приобретение железнодорожного подвижного состава.

Далее рассмотрим ситуацию неопределенности на рынке транспортно-экспедиторских услуг. Для выбора оптимальной частной стратегии в условиях неопределенности воспользуемся методологией принятия решений, отраженной в работе [1, с. 177–203].

На первом этапе выбора оптимальной частной стратегии формируется модель данной ситуации. Так, менеджерами экспедиторской компании отбираются альтернативы частных стратегий $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$. Критерии выбора наиболее эффективной стратегии приведены выше. Таковыми выступают критерии $A_1, A_2, \dots, A_m$:

A_1 — дисконтированный срок окупаемости частных стратегий без учета риска;

A_2 — время, необходимое для внедрения проекта (частной стратегии);

A_3 — прирост конкурентоспособности услуг;

A_4 — планируемый прирост годовой прибыли после внедрения частной стратегии.

Для каждой альтернативы по каждому критерию необходимо оценить значение функции предпочтения $F = f_{11}, f_{12}, f_{13}, \dots, f_{nm}$.

Таблица 6

Матрица выбора оптимальной частной стратегии

Стратегические альтернативы	Критерии оценки			
	A_1	A_2	...	A_m
Y_1	f_{11}	f_{12}	...	f_{1m}
Y_2	f_{21}	f_{22}	...	f_{2m}
...	f_{31}	f_{32}	...	...
Y_n	f_{n1}	f_{n2}	...	f_{nm}

На втором этапе необходимо определить оптимальную стратегию, придерживаясь определенного метода принятия решений. В данном случае мы действуем в условиях неопределенности. В такой ситуации теория принятия решений предлагает использование некоторых принципов, а именно принцип максимина, или гарантированного результата, принцип оптимизма, принцип Гурвица и принцип минимаксного сожаления Сэвиджа [1, с. 177–203]. В практике управленческой деятельности крайние стратегии, такие как принцип максимина и принцип оптимизма, используют достаточно редко, потому что всегда есть риск неполучения планируемого дохода. Поэтому здесь мы рассмотрим комбинированный подход к процессу выбора, при котором можно корректировать степень приближения к стратегии оптимизма или пессимизма. При этом каждая стратегия характеризуется своим коэффициентом важности, соответственно $\alpha, \beta = [0, 1]$. Коэффициенты важности взаимосвязаны: $\alpha = 1 - \beta$. При изменении его в диапазоне $0 \leq \alpha \leq 1$ получаем:

$\alpha = 1$ — получим стратегию выбора гарантированного результата;

$\alpha = 0$ — получим стратегию выбора оптимизма.

Задача решается в несколько этапов:

1. Задается значение весового коэффициента α , который определяет различные принципы выбора.
2. Данная задача решается с использованием принципа гарантированного результата.
3. Задача решается с использованием принципа оптимизма.
4. На четвертом этапе формируется решающее правило по принципу Гурвица.

$$f(Y^*) = \max_i [\alpha (\min_j f_{ij}^1) + (1 - \alpha) (\max_j f_{ij}^2)], \quad (4)$$

где $\min_j f_{ij}^1$ — значение функции полезности, отражающее рациональную альтернативу, выбранную по принципу гарантированного результата; $\max_j f_{ij}^2$ — значение функции полезности, отражающее рациональную альтернативу, выбранную по принципу оптимизма.

5. На пятом этапе вычислений проводится выбор максимального значения функции полезности.

Далее приведем примеры применения данного метода в практике стратегического планирования транспортно-экспедиторских компаний.

Таблица 7

Этапы определения оптимальной частной стратегии в соответствии с принципом Гурвица

Альтернативы	1-й этап ($\alpha = 0,5$)				2-й этап	3-й этап	4-й этап
	Критерии				$\min f_{im}$	$\max f_{im}$	$\alpha^*(\min f_{ij} + (1 - \alpha) \max f_{ij})$
Y_1	0,46	0,85	0,55	0,9	0,46	0,9	$0,5 \cdot 0,46 + 0,5 \cdot 0,9 = 0,23 + 0,45 = 0,68$
Y_2	0	0	1	1	0	1	$0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 1 = 0,5$
Y_3	0,36	0,74	0,95	0,36	0,36	0,95	$0,36 \cdot 0,5 + 0,95 \cdot 0,5 = 0,18 + 0,475 = 0,655$

Пятый этап — из полученных значений α ($\min f_{ij} + (1 - \alpha) \max f_{ij}$) выбираем максимальное значение 0,68. Оно соответствует стратегии Y_1 . Следовательно, оптимальной будет стратегия «Приобретение грузового автотранспорта».

Для проверки правильности полученного решения в процессе выбора используют различные значения параметра α , который меняют с шагом 0,1, и строят итоговую таблицу решения. Вариант, который наибольшее число раз определяется как эффективный, выбирается в качестве оптимального варианта решения.

Для нашей задачи результаты выбора при различных значениях параметра α представлены в табл. 8.

Таблица 8

Выбор частной стратегии при различных значениях параметра α

α	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Y_1	0,9	0,856	0,812	0,768	0,724	0,68	0,636	0,592	0,548	0,504	0,46
Y_2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Y_3	0,95	0,891	0,832	0,773	0,714	0,655	0,596	0,537	0,478	0,419	0,36
$f(Y_i)$	1	0,891	0,832	0,773	0,724	0,68	0,636	0,592	0,548	0,504	0,46
Y^*	Y_2	Y_3	Y_3	Y_3	Y_1	Y_1	Y_1	Y_1	Y_1	Y_1	Y_1

В нашем случае наибольшее число раз в качестве рационального выбора встречается альтернатива Y_1 , поэтому она выбирается в качестве оптимальной альтернативы решения.

Для сравнения результатов решения данной задачи различными методами приведем данные в виде табл. 9.

Таблица 9

Сравнение результатов при различных методах принятия решений

Альтернативы	Интегральный показатель эффективности частных стратегий	Принцип максимина	Принцип оптимизма	Принцип Гурвица
Y_1	3,24	0,46	0,9	0,68
Y_2	2	0	1	0,5
Y_3	3,28	0,36	0,95	0,655
Эффективное решение	Y_3	Y_1	Y_3	Y_1

Используя для определения оптимальной частной стратегии различные методы (принципы), получаем различный результат. Это следует иметь в виду при решении задач такого класса. Для окончательного решения требуется квалифицированное мнение руководителя транспортно-экспедиторской компании. Для этого можно порекомендовать использование коэффициента весомости для каждого метода и учет дополнительных факторов. Для нашего случая первая стратегия является более оптимальной, так как требует меньших капиталовложений и меньше времени для ее внедрения. Это является положительным моментом в ситуации интенсивного развития конкуренции в секторе генеральных грузов.

Таким образом, в данной статье были предложены методы определения оптимальной частной стратегии для транспортно-экспедиторского бизнеса. При этом предложены два варианта: с учетом риска, определяемого экспертным путем, и в условиях неопределенности согласно принципу Гурвица. Кроме того, в статье приведена апробация этих методов на стратегиях транспортно-экспедиторской компании.

Список литературы

1. *Афоничкин А. И.* Управленческие решения в экономических системах: учебник для вузов / А. И. Афоничкин, Д. Г. Михаленко. — СПб.: Питер, 2009. — 480 с.
2. *Боровских Н. В.* Конкурентные стратегии: методология формирования и развития / Н. В. Боровских // Маркетинг. — 2005. — № 2 (81). — С. 37–48.
3. *Бочаров В. В.* Инвестиции / В. В. Бочаров. — СПб.: Питер, 2008. — 176 с.
4. *Гранатуров В. М.* Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учеб. пособие / В. М. Гранатуров. — М.: Дело и Сервис, 1999. — 112 с.
5. *Долгов А. И.* Стратегический менеджмент / А. И. Долгов, Е. А. Прокопенко. — М.: Финта МПСИ, 2011. — 277 с.
6. *Иванова М. Б.* Методические основы оценки уровня конкурентоспособности транспортно-экспедиторской компании: моногр. / М. Б. Иванова. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2008. — 96 с.
7. *Иванова М. Б.* Снижение неопределенности характеристик рынка при стратегическом планировании в транспортно-экспедиторской компании / М. Б. Иванова. — СПб.: СПГУВК, 2011. — Вып. 4 (12). — 222 с.

УДК 65.0(075.8)

И. А. Шабанов,
канд. экон. наук,
ВУНЦ «Военно-морская академия»
(Санкт-Петербург)

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В РЕГИОНЕ НА ПРИНЦИПАХ КОНТРОЛЛИНГА

FORMATION OF THE MECHANISM OF INNOVATION PROCESS IN THE REGION ON THE PRINCIPLES OF CONTROLLING

Получив большую самостоятельность и понимая роль новшеств в развитии региональной экономики, исполнительная власть регионов и субъекты хозяйствования формируют новый тип отношений. Одним из вариантов формирования этих отношений в части региональной инновационной политики может стать использование принципов контроллинга, подразумевающих не только информационное обеспечение, планирование и контроль, но и включение в инновационный процесс широкого круга субъектов инновационной деятельности.

Having more independence and understanding the role of innovations in the development of the regional economy, the Executive power of the regions and economic entities forms a new type of relationship. One of the variants of formation of these relations in the area of regional innovation policy could be using the principles of controlling, implying the inclusion in the innovation process a wide range of subjects of innovative activity.

Ключевые слова: контроллинг, регион, инновационный процесс, информационное обеспечение, планирование, контроль.

Key words: controlling the region, the process of innovation, information, planning, monitoring.



РЕДОСТАВЛЕНИЕ большей политической и хозяйственной самостоятельности регионам Российской Федерации сопряжено с наличием ряда проблем, одной из которых является отсутствие инструментов инновационной региональной политики, способствующих

ских инновационному развитию территорий. Этим инструментом могло бы стать формирование механизма инновационного процесса в регионе на принципах контроллинга.

Исходя из первоначальной функции контроллинга как функции оптимизации государственного управления путем планирования и мониторинга мероприятий, представляется возможным использование методологии контроллинга как механизма формирования инновационного процесса в регионе. Объединяя функции информационного обеспечения, планирования, учета, контроля и координации, контроллинг может обеспечить качественно новый уровень управления.

В соответствии с этим расширенное толкование термина, в нашем понимании, сводится к выполнению функций управления. Обобщая эти функции и принимая во внимание, что функция информационного обеспечения первична, можно определить контроллинг как информационное обеспечение с целью организации эффективного управления.

Рассматривая цели контроллинга региональной инновационной политики, необходимо отметить, что они формируются исходя из целей региональной политики, которая во всех случаях декларируется как направленная на развитие региона и повышение уровня жизни населения, то есть основная конечная задача руководства региона — решение социальных вопросов проживающего на данной территории населения [1, с. 352]. Для реализации этой цели руководство региона организует коммерческую деятельность на своей территории субъектов хозяйствования, финансовый результат деятельности которых является основой формирования регионального бюджета и, как следствие, источником развития региона и решения социальных вопросов. Таким образом, региональная власть, выражая интересы проживающего на данной территории населения, содействует достижению главной монетарной цели региональных хозяйствующих субъектов — обеспечению поступательного развития путем максимизации прибыли и повышению (сохранению) его ликвидности. Эта цель при условии значимости налоговых поступлений от субъектов хозяйственной деятельности в формировании регионального бюджета может рассматриваться наряду с целью улучшения социального климата в регионе как одна из главных.

Необходимо отметить разграничение задач контроллинга инновационного процесса и других задач, решаемых участниками этого процесса. Так, в сфере стратегического планирования контроллинг может быть инструментом составления необходимых инвестиционных расчетов и проведения функционально-стоимостного анализа по предлагаемым к реализации в регионе проектам и программам; в сфере оперативного планирования принятой к реализации программы (проекта) — проведения мониторинга и их моделирования, в том числе планирования и расчета необходимых затрат; в сфере коммерческой реализации инновационного продукта — проведения маркетинговых исследований потенциальных рынков сбыта. Обобщая, можно сказать, что задачи, разделяемые на стратегический контроллинг и оперативный контроль, должны быть разделены. В связи с этим представляется целесообразной организация выполнения основной части стратегических задач экономической службой исполнительного органа власти региона — министерством экономики региона, а задач контроля, особенно если инвестиционный проект финансируется, или дотируется, или льготируется бюджетом региона, — финансовой службой региона — министерством финансов. Такое разграничение обусловлено принципиальным отличием задач стратегического контроллинга инновационных проектов и программ, к которым необходимо отнести прежде всего перспективное и текущее планирование программ и проектов, и оперативного — контроль расходования финансовых ресурсов, обеспечение финансовыми ресурсами.

Нам представляется вполне допустимой организация системы контроля в случае решения задачи выявления потенциала отдельных проектов и программ, анализа их эффективности не только с использованием функций контролирующих органов, но и с привлечением независимых, в том числе и иностранных, специалистов по конкретному проекту или программе. Актуальность привлечения независимых экспертов возрастает в условиях требований к соответствию международным стандартам качества, экологичности проектов и программ.

При формировании регионального инновационного процесса могут быть использованы как общеизвестные системы и методы формирования задач, так и альтернативные, исходя из специ-

фики региона, наличия или отсутствия отраслевой специализации. Например, задачи анализа и прогноза могут решаться путем сравнения тенденций инновационного развития отраслей специализации региона, проведения анализа и сравнения с регионами-конкурентами, а также разработки вариантов развития событий и превентивных мер. Планирование проектов и программ должно проводиться с использованием передовых методик планирования с возможной координирующей ролью региональных исполнительных органов власти, проведением стоимостного анализа будущих инновационных продуктов, калькуляции проектов и расчетом их эффективности, за исключением случаев, когда от этой помощи отказывается держатель проекта. Обоснование задач может проводиться с использованием системы расчетов и показателей, основным требованием к которым является их существенность, достаточность, достоверность, простота и гибкость. Вопросам оптимизации показателей инновационного процесса посвящены многочисленные работы различных авторов, так, например, О. А. Ломовцева и С. В. Кочетков предлагают использование в этих целях понятия эффективности инновационного потенциала единицы хозяйствования. Представляется, что использование предлагаемой системы показателей эффективности инновационного потенциала промышленного предприятия, определяющее уровень внедрения инноваций и устанавливающее пределы наращивания инновационного потенциала, применимо и к оценке инновационного процесса в регионе, рассматриваемом как совокупность предприятий региона [2, с. 147].

В соответствии с определением контроллинга инновационного процесса как системы достижения целей инновационного развития эти цели могут быть представлены как стратегические и оперативные. Основным признаком стратегического контроллинга инновационного процесса является его ориентация на внешнюю среду, региональные преимущества и специализацию, а целью — формирование, поддержание и развитие уровня инновационного развития региона. Цель оперативного контроллинга — достижение конкретных экономических, социальных, технических и технологических показателей инновационного развития региона и реализация отдельных проектов и программ.

В соответствии с этими целями главную задачу стратегического контроллинга инновационного развития региона можно определить как формирование системы и условий последовательного непрерывного инновационного развития, мониторинг национального и мирового инновационного процесса, особенно в части специализации региона и решения актуальных задач поддержания уровня и темпов развития региона. Это достигается разработкой и рассмотрением возможных альтернативных стратегий, а также выбором оптимальной на основе внутренних и внешних условий имеющихся заделов инновационной сферы региона в конкретных областях, свободных рыночных ниш и анализом экономической эффективности инновационных и инвестиционных решений. Рассмотрение внешней среды должно включать анализ экономико-политического состояния страны и места региона в системе национального хозяйства, анализ перспективных направлений развития науки и техники, анализ состояния проблем и тенденций развития регионов, аналогичных данному, в рассматриваемых инновационных направлениях развития, анализ тенденций развития рынка трудовых и интеллектуальных ресурсов, анализ рынка необходимых материальных и финансовых ресурсов. При этом общегосударственные задачи должны превалировать в вопросах выбора приоритетов размещения производительных сил. Это может быть вызвано необходимостью развития территорий, решения проблемы занятости в регионах с избытком трудовых ресурсов, размещения инновационных стратегических объектов внутри территории страны и др.

Рассмотрение внутренних факторов должно включать анализ состояния инновационной сферы и имеющегося «задела» (технологии, патенты, разработки, состояние развития производственной сферы и т. д.), анализ интеллектуального потенциала, анализ состояния регионального маркетинга и продвижения инноваций, анализ социальных и экологических проблем региона, анализ организационной структуры и механизма регионального инновационного процесса, анализ и формирование региональных преимуществ (территориальных, ресурсных, интеллектуальных и др.).

Объектами управления стратегического контроллинга являются сформированные стратегические и долгосрочные планы инновационного развития региона. Планы должны быть взаимо-

увязаны по срокам, целям, ресурсам; обоснованными, то есть быть реальными для осуществления [3, с. 47].

Контроллинг стратегических планов на этапе их рассмотрения и принятия включает рассмотрение возможных альтернативных вариантов, проверку полноты, отсутствие внутренних противоречий. Результатом является либо обоснованная рекомендация к принятию, либо обоснованная рекомендация к доработке или разработке альтернативного плана.

На этапе реализации плана инновационного стратегического развития региона предметом контроллинга инновационного процесса является проведение следящего контроля достижения стратегических целей инновационного развития на основе анализа запланированного и достигнутого уровня развития и выработка рекомендаций по его корректировке.

Целью оперативного контроллинга инновационного процесса в регионе является создание системы управления достижением текущих целей инновационного развития региона и принятие превентивных мер.

Структурно оперативный контроллинг инновационного процесса в регионе можно представить как последовательность этапов, которые могут быть определены как задачи оперативного контроллинга: установление целей инновационного развития региона с учетом имеющегося потенциала и тенденций развития конкретных инновационных направлений развития, планирование этого развития путем разработки и принятия инновационных проектов и программ, организация учета реализуемых инновационных проектов и программ, организация системы информационных потоков, мониторинг инновационных проектов и программ, контроль и анализ инновационных проектов и программ, выработка рекомендаций по оптимизации процесса их реализации. Содержательная характеристика этих этапов заключается в следующем. На первом этапе устанавливаются цели инновационного развития и, помимо их формализации, необходимо определение количественных и качественных показателей инновационного развития, а также выбор критериев, по которым можно оценить степень достижения целей этого развития. Начальным этапом второго этапа — планирования — должно стать проведение анализа сильных и слабых сторон региона, возможностей и опасностей кризисного и предкризисного состояния в развитии ведущих отраслей, определяющих специализацию региона. На основе этого должна разрабатываться концепция и/или стратегия инновационного развития, а затем соответствующие планы, позволяющие по направлениям развития поэтапно контролировать и анализировать достижение конкретных целей. Причем планы разрабатываются как на уровне региона в целом, так и на уровне хозяйствующих субъектов.

Закономерен вопрос в целесообразности информирования хозяйствующих субъектов о своих инновационных перспективах исполнительной власти региона, других участников инновационного процесса.

В современной хозяйственной отечественной практике очень часто любая информация, выходящая за пределы представляемой в обязательном порядке, объявляется хозяйствующими субъектами коммерческой тайной. Нам представляется подобная практика аномальной по нескольким причинам. Хозяйственная деятельность инновационных предприятий и организаций осуществляется на территории региона и предполагает использование различных региональных ресурсов, в первую очередь материальных и трудовых. Соответственно планирование этих ресурсов на уровне территориального образования предполагает наличие у органа исполнительной власти достоверной информации о будущих потребностях в ресурсах всех субъектов деятельности и, как следствие, планирование мероприятий по обеспечению ими. Это может быть достигнуто мониторингом и контролем инновационной деятельности в регионе. На различных этапах деятельности инновационное предприятие нуждается в прямой (льготы, субвенции, трансферты и др.), а в большей степени косвенной, в том числе протекционистской, поддержке исполнительной власти — это участие в региональных, межрегиональных выставках и иных форумах, представление инновационного продукта при контактах исполнительной власти с другими регионами, использование наименования региона как бренда и др. По нашему мнению, отечественные хозяйствующие субъек-

екты, в том числе и инновационные, находятся на начальном этапе стадии осознания, что любая открытость деятельности — для потребителя, власти, контрагентов — первопричина будущих доверительных отношений, доведения до будущих потребителей социальной и иной значимости инновационного проекта, программы или продукта, повышения качества продукции и технологических процессов, а в конечном итоге и долговременной эффективной деятельности.

Немаловажную роль играет и методологическая и методическая помощь исполнительной власти региона в вопросах планирования и маркетинга. Накапливая и обобщая опыт инновационного планирования, участвуя в процессе инновационного планирования, система контроллинга инновационного процесса в регионе обобщается и методологически совершенствуется — и уровень этого совершенствования выше, чем на уровне отдельного регионального предприятия, не входящего в систему транснациональных или национальных корпораций. Немаловажно и планирование влияния хозяйственной деятельности на экосистему, что так же возможно при обобщении планов инновационных хозяйствующих субъектов на уровне региона.

Основной задачей исполнительного органа власти в части активизации инновационного процесса должна стать организация и координация инновационной и иной хозяйственной деятельности на территории региона. Эта задача представляется очевидной, если рассматривать регион как организацию с функциональной структурой, представляющей совокупность институтов управления регионом, организаций и предприятий региона, находящуюся в тесной взаимосвязи с системой управления регионом. Соответственно при исследовании региона как совокупности предприятий могут быть использованы подходы для многозвенного предприятия и входящих в него самостоятельных производств. На основании такого подхода исполнительный орган власти региона (правительство региона), исходя из потребностей региона и тенденций развития, формирует направления развития, отвечая за постановку и достижение целей, решая задачи инновационного развития региона в целом, путем организации и координации хода хозяйственного процесса. Инновационные хозяйствующие субъекты в зависимости от формы собственности, формы финансирования, выбранной организационно-правовой формы решают задачи реализации собственных инновационных проектов и программ в рамках направлений развития региона. Целесообразность такого подхода вытекает из того, что все хозяйствующие субъекты, осуществляющие свою деятельность на территории региона, косвенно, а в отдельных случаях и прямо находятся под управлением исполнительных органов власти региона — они используют местные ресурсы, инфраструктуру, руководствуются местным законодательством, уплачивают налоги в региональный и местные бюджеты, используют потенциал, в том числе и наименование (как бренд), региона для продвижения своей продукции на внешних рынках и организации бизнеса с внешними по отношению к региону контрагентами. Немаловажна и возможность получения региональной поддержки.

В случае отдельных инновационных программ и проектов, имеющих для региона стратегическое значение, исполнительная власть в лице региональных министерств может брать на себя непосредственно функции управления. Это управление должно быть в значительной степени децентрализованным и осуществляться через создание предприятий, учредителями которых являются региональный орган исполнительной власти и соответствующие управленческие структуры — совет директоров, дирекция.

В такой модели регион можно рассматривать как систему функционирующих на его территории хозяйствующих субъектов, являющихся его подсистемами.

Основой успешного применения такой модели в качестве механизма активизации инновационного процесса является наличие эффективной организационной структуры, системы планирования и отчетности, базирующейся на системе показателей выполнения отдельных программ и проектов. Система планов как формализованная совокупность планов качественных и количественных показателей информационно отражает планируемые цели, анализ и состояние внешней среды, состояние инновационного процесса. Представляется целесообразным сведение методов организации планирования в практическое руководство по планированию инновационного

процесса в регионе. Методическое единство дает возможность обобщения планов и показателей. В этом руководстве в качестве основы планирования должна быть обоснована целесообразность данного формата планирования, отражены цели и задачи планирования, показатели, в том числе характеризующие инновационность развития.

Существенным аргументом в пользу внедрения контроллинга как механизма активизации инновационного процесса является и усложнение системы управления регионом, заключающееся в значительном числе хозяйствующих субъектов, осуществляющих хозяйственную, в том числе и инновационную, деятельность на его территории, и, как следствие, необходимость координации этой деятельности. Эта деятельность, особенно в случае инновационных предприятий и организаций, может потребовать кооперации усилий в различных областях деятельности между субъектами различной формы собственности, что может быть обеспечено единым механизмом. То есть реализация инновационных проектов и программ может потребовать формирования своего рода матричной организационной структуры, в которой роль координатора выполняет региональный орган исполнительной власти. Современный уровень развития информационных технологий позволяет формировать подобную матричную форму в любом режиме оперативности и сделать ее общедоступной.

Возможности современных информационно-коммуникационных технологий в активизации инновационного процесса в регионе представляются гораздо шире, чем организация электронного документооборота, — это прежде всего использование его для проведения мониторинга и контроля, моделирования информационного источника для проведения анализа и расчетов эффективности принимаемых управленческих проектных решений [4, с. 137]. Мониторинг может осуществляться не только на основе оперативных отчетов о результатах деятельности, как в случае организации контроллинга на уровне предприятия, но и по показателям, характеризующим деятельность инновационных предприятий региона косвенно. Например, по показателям динамики потребляемых ресурсов, реализации продукции, организации производства в одну, две или три смены, использования железнодорожных и прочих услуг по перевозке грузов, привлечения иностранных специалистов или активизации деятельности с иностранными контрагентами. Мониторинг с использованием показателей, косвенно характеризующих деятельность инновационного предприятия, может быть организован в режиме реального времени. На основании анализа динамики этих показателей в региональном масштабе можно сделать выводы о тенденциях инновационного развития региона в целом и отдельных отраслей региональной промышленности в частности. Обязательным условием эффективности мониторинга является сравнение и анализ полученных в динамике результатов с тенденциями развития внешней среды.

На основании проводимого мониторинга и полученной в результате информации осуществляется контроль достижения поставленных инновационным проектом или программой целей, контроль соответствия будущим качественным изменениям. С учетом этого функции контроля инновационного процесса в регионе можно свести к контролю текущего состояния и контролю соответствия (национальным, мировым) тенденциям развития.

К контролю текущего состояния необходимо в первую очередь отнести контроль выполнения планов и программ инновационного развития, контроль достаточности необходимых ресурсов, контроль расходования бюджетных финансовых ресурсов (в случае бюджетного финансирования).

Контроль тенденций развития включает анализ динамики развития инновационного процесса и анализ прогнозов и перспективных направлений, являющихся в первую очередь направлениями специализации региона. Результатом контроля должно быть формирование информации, достаточной для принятия управленческого решения.

Результатом проведения контроля в системе контроллинга является формирование рекомендаций для совершенствования инновационного процесса. Безусловно, учитывая вероятностный характер инновационного развития, рекомендации должны носить альтернативный и вариантный характер.

Необходимость решения аналитических задач, в том числе и инновационного развития, диктует необходимость создания специализированного подразделения. Практика организации хозяйственной деятельности регионов Российской Федерации располагает положительными примерами организации подобного органа анализа и подготовки управленческого решения, например в Белгородской области. Но даже в регионах, имеющих в составе исполнительного органа власти подобные центры, результаты их деятельности не становятся общедоступными и не опираются при организации анализа на широкий круг участников. При кажущейся на первый взгляд целесообразности создание подразделений, специализирующихся на анализе внешней и внутренней среды, обоснованном составлении прогнозов, не стало всеобщим. Это объясняется, на наш взгляд, в большей степени политическими причинами — неразвитостью институтов гражданского общества и, как следствие, недостаточным участием в формировании регионального инновационного процесса основных потенциальных субъектов инновационной деятельности региона.

Контроллинг инновационных проектов и программ, реализуемых в регионе и проводимых исполнительным органом власти, может основываться на принципах функционального планирования и контроля, то есть на принципах планирования целей и мероприятий по отдельным функциональным сферам деятельности региона и контроллинге этой деятельности. В плановых функциональных расчетах определяют важнейшие цели и показатели экономической, социальной эффективности, показатели уровня новизны проектов и программ, степени влияния на экосистему региона. Исходные показатели могут быть рассчитаны органом исполнительной власти региона на основе показателей официальной отчетности либо могут использоваться показатели, рассчитанные субъектом, реализующим проект. Предпочтительным, по нашему мнению, является первый вариант, так как он позволяет оперировать показателями, рассчитанными на основе известной контроллеру методики; либо второй, если используются общепринятые методики определения эффективности, уровня новизны, степени влияния на экосистему региона.

Контроллинг инновационных проектов и программ региона, основанный на принципах функционального планирования, позволяет в масштабе региона решить взаимосвязанные задачи: планирование ресурсных и процессных целей; планирование социальных целей, включающих вопросы занятости, повышения квалификации привлекаемого персонала, повышения доходов населения и т. д.; планирование монетарных результатов проекта как источника формирования бюджета, а в случае финансирования проекта или программы из регионального бюджета — итоговых и промежуточных показателей экономической эффективности: издержек, доходов, прибыли, рентабельности, капитализации.

Одним из механизмов региональной политики и форм регионального развития являются разработка и реализация целевых инновационных программ, создаваемых на основе концепций стратегического развития региона и способных дать импульс развития смежным, на первый взгляд не связанным напрямую с целями и задачами данной программы, отраслям и сферам региональной экономики. Инновационность целевых программ проявляется, помимо продуктовых и технологических аспектов, в инновационной форме организации решения проблемы развития региона, содержащей комплекс мероприятий и смежных проектов, направленных на достижение целей программы, концентрирующей ресурсы и координирующей деятельность различных органов регионального управления, активизирующих межрегиональные экономические связи.

Методологически структура целевой инновационной программы включает, помимо характеристик проблемы, целей, ресурсов, механизма реализации, управления и контроля, характеристику смежных проектов или мероприятий, имеющих собственное содержание и экономический, или иной эффект от их реализации. Особенностью отдельных мероприятий или проектов, реализуемых в рамках программы, является их эффективность в составе других мероприятий данной инновационной программы, которая не наблюдается в отрыве от них.

Целевые инновационные программы, разрабатываемые в соответствии с приоритетами социально-экономического развития региона, должны предполагать возможность альтернативного варианта решения исходя из значимости целей, из приоритетов стратегического развития региона на основе всестороннего анализа целей и их ранжирования, обоснования мероприятий достижения целей программы и плана их реализации, структуризации программы, блоков и отдельных проектов. Альтернативность возможна при выборе ресурсов и источников их получения, формировании организационной структуры реализации по каждому блоку проектов, формализации процедур мониторинга, контроля и приемки работ. Причем в случае реализации целевых программ, имеющих статус региональных или реализуемых с привлечением средств регионального бюджета, мониторинг и контроль должен быть не только со стороны исполнительной власти региона как основного заказчика, но и не исключать возможности общественного контроля со стороны других держателей интересов и возможности использования ими альтернативных видов контроля и мониторинга. При этом система мониторинга и организованная на ее основе система контроля могут включать широкий арсенал инструментов: от разработки системы сбалансированных показателей и расчета степени достижения основных и промежуточных результатов программы до публичной демонстрации фото- и видеоотчетов промежуточных и конечных результатов, например в Интернете.

Разработчиком целевой программы может быть исполнительная власть региона либо сторонняя подрядная организация, специфика деятельности которой отвечает целям и задачам инновационной программы и требованиям заказчика. Причем размещение заказа на разработку инновационной целевой программы как этапа ее реализации должно предусматривать открытость для участников и возможность обсуждения для держателей интересов. В случае программ и проектов, допускающих альтернативность решения проектной проблемы, разработчиков может быть несколько — не меньше количества альтернативных решений. Исполнительная власть региона как государственный заказчик должна не только нести ответственность за своевременную, качественную подготовку и реализацию программы, включающую подготовку исходного задания, управление действиями разработчиков и исполнителей программы, контроль эффективного использования материальных и финансовых ресурсов, но и обеспечить гласность проектных процедур и своих решений.

Формирование системы управления инновационным процессом в регионе на основе принципов контроллинга предполагает возможность участия бюджета региона в инновационном процессе. В сложившихся в настоящее время условиях формирования региональных бюджетов Российской Федерации существует определенное несоответствие между декларируемыми и законодательно определенными обязанностями регионов в решении задач развития и проводимой в части формирования региональных бюджетов бюджетной политики государства. Это выражается в явном переизбытке средств в бюджете Федерации и недостатке в бюджетах регионов при декларировании самостоятельности регионов в том числе и в вопросах инновационного развития. Относительная самостоятельность регионов, безусловно, должна предполагать их финансовую самостоятельность в рамках формируемых региональных бюджетов.

В нашей стране процесс формирования федерализма и разграничения полномочий федерального центра и регионов не завершен, что во многом определяет приоритеты при планировании финансовых ресурсов, а соответственно и возможности инновационного развития. Основным направлением совершенствования системы планирования общественных финансов и исполнения полномочий государства и регионов должен стать переход от сметного планирования на основе индексации сложившихся затрат прошлых периодов к развитию системы перспективного финансового планирования, развитию программно-целевых методов бюджетного планирования и результативных принципов бюджетирования. Внедрение программно-целевых методов бюджетирования (как составляющая системы контроллинга) способно повысить эффективность бюджетных расходов, способствовать формированию механизма инновационного процесса в регионе.

Список литературы

1. Шабанов И. А. Эволюция организационных принципов инновационного процесса / И. А. Шабанов // Вестник Инжекона. Сер. «Экономика». — СПб., 2013. — № 1 (60).
2. Шабанов И. А. Рост и развитие кадрового потенциала как фактора повышения конкурентоспособности экономики региона / И. А. Шабанов // Конкурентоспособность региональной экономики: опыт, проблемы, перспективы: материалы науч.-практ. конф. — Омск, 2007.
3. Корецкая Л. К. Механизм инновационного процесса в регионе / Л. К. Корецкая, И. А. Шабанов. — Владимир, 2005.
4. Козловская О. В. Инновационный бизнес — актуальные аспекты налогового стимулирования / О. В. Козловская, И. А. Шабанов // Потенциал российской экономики и инновационные пути его реализации: материалы науч.-практ. конф. — Омск, 2012.

УДК 656:004.83.164.2

Я. А. Селиверстов,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
«Институт проблем транспорта
им. Н. С. Соломенко РАН»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРАВИЛА РЕЗОЛЮЦИЙ В ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ ПРОЦЕДУРЕ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВЩИКА

APPLICATION OF THE RESOLUTION RULE IN THE QUESTION-ANSWER PROCEDURE OF THE TRANSPORT PLANNER

В статье рассматривается применение правила резолюций в построении рассуждений дедуктивным методом в формулах исчисления предикатов первого порядка применительно к вопросно-ответным процедурам транспортного планировщика.

The article deals with the application of the resolution rule to build a deductive method of reasoning in the formulas of the first order predicate calculus with respect to question-answer procedure of the transport planner.

Ключевые слова: методы автоматического доказательства теорем, правило резолюций, логика предикатов первого порядка, вопросно-ответные процедуры, интеллектуальные транспортные планировщики, интеллектуализация транспортных систем.

Key words: methods of automatic theorem proving, resolution rule, first-order predicate logic, question-answer procedure, intelligent transport planners, intellectualization of transport systems.

Введение. Сложность транспортных систем и процессов в последних не раз отмечалась в [1]. Ущерб от неверных управленческих решений на транспорте в случае гибели людей невосполним. Интеллектуализация и интеллектуальное планирование [2, с. 48–56] здесь является необходимым, а потому предполагает создание интеллектуальных систем, которые наряду с точными математическими моделями [3, с. 43–50] используют данные и знания, накопленные в процессе их надлежащего функционирования [4, с. 29–43]. Таковыми являются диалоговые системы для планирования и управления на транспорте.

Первая вопросно-ответная система QA3 (Question Answering system, version 3), разработанная К. Грином [5] в 1969 г., основывалась на механизме доказательства теорем правилом резолюций [6], а вопросы к системе формулировались в виде формул исчисления предикатов первого порядка [7].

Применение этого правила в построении вопросно-ответных процедур мы и рассмотрим в настоящей работе.

Вопросно-ответные системы в составе интеллектуальных транспортных планировщиков. Транспортным планировщиком [8] будем называть программное средство, осуществляющее решение задачи планирования транспортного процесса вне зависимости от вида транспорта.

Вопросно-ответная система — информационная система, способная принимать запросы и отвечать на них на естественном или формальном языке.

Выделяют два вида систем ответов на вопросы: системы общего назначения [9, р. 1–23] и системы специального назначения [10]. В системах специального назначения данные обычно относятся к специальной области и множество допустимых вопросов весьма ограничено. Системы специального назначения работают только в определенных областях (транспорт, медицина).

Построение вопросно-ответных процедур. Формально вопросно-ответные процедуры основаны на аппарате математической логики, а рассуждения, необходимые для формирования плана ответа, сводятся к логическому выводу дедуктивным методом. Логический вывод в данном случае и является моделью рассуждений.

Рассмотрим на примере четыре класса вопросов в соответствии с формой ответа.

Класс 1. Вопросы, требующие ответа «да» или «нет».

Так как ответ на вопрос класса 1 — это ответ типа «да» или «нет», то задача ответа на вопрос является доказательством теоремы, где данные факты считаются аксиомами теоремы, а сам вопрос представлен как заключение этой теоремы.

Пример 1. Пусть решатель располагает информацией:

$F_{1.1}$: Любой морской порт обслуживает морские суда.

$F_{1.2}$: Усть-Луга — морской порт.

Запрос, который подается на вход транспортного решателя:

$Q_{1.1}$: Обслуживает ли морские суда Усть-Луга?

Чтобы ответить на данный запрос, необходимо доказать, что утверждение «Усть-Луга обслуживает морские суда» является логическим следствием из $F_{1.1}$ и $F_{1.2}$. Если последнее доказано, то ответ «да».

Решение. Пусть $P(x)$ и $R(x)$ представляют соответственно предикаты « x — морской порт» и « x — обслуживает морские суда». Данные факты представляются следующими дизъюнктами:

$$\sim P(x) \vee R(x), \quad (1.1)$$

$$P(\text{Усть-Луга}). \quad (1.2)$$

Заключение теоремы представлено дизъюнктом

$$R(\text{Усть-Луга}). \quad (1.3)$$

Отрицая (1.3), выводим

$$\sim R(\text{Усть-Луга}). \quad (1.4)$$

Легко показывается, что дизъюнкты (1.1), (1.2) и (1.4) образуют противоречивое множество дизъюнктов. Следовательно, (1.3) является логическим следствием из (1.1) и (1.2). Таким образом, ответ должен быть «да, Усть-Луга обслуживает морские суда».

Класс 2. Вопросы, требующие в качестве ответа «где», «кто» или «при каких условиях».

Пример. Пусть решатель располагает информацией:

$F_{2.1}$: Компания К владеет транспортным средством Т.

На вход решателя поступает запрос:

$Q_{2.1}$: Кому принадлежит транспортное средство?

Решение. Пусть $P(x, y)$ означает « x есть владелец y ». Тогда данный факт есть:

$$(K; T). \quad P \quad (2.1)$$

Затем для ответа на наш запрос устанавливается следующее заключение:

$$(\exists x) P(x; T). \quad (2.2)$$

Если доказываем, что (2.2) является логическим следствием факта (2.1), то ответ на запрос существует. Прослеживая подстановку, сделанную вместо переменной, легко установить чему равен x . Чтобы доказать эту теорему, сначала отрицаем (2.2). Таким образом, имеем

$$\sim P(x; T). \quad (2.3)$$

Применяя правило резолюции к (2.1) и (2.3), выводим противоречие и теорема доказана. В процессе применения правила x заменяется на K . Если имеет место процедура прослеживания, то эта информация может быть выявлена и ответом будет «компания K владелец транспортного средства T ».

Очень простой способ прослеживания переменной — это добавление к дизъюнкту (2.3) предиката, называемого *ANS*-предикатом (от *англ.* answer — ответ).

Таким образом, можно записать:

$$\sim P(x; T) \vee \text{ANS}(x). \quad (2.4)$$

Дизъюнкт (2.4) означает: «кто бы ни был владельцем транспортного средства T , он наш ответ». Отметим, что дизъюнкт (2.4) эквивалентен формуле

$$(\forall x)(P(x; T) \rightarrow \text{ANS}(x)). \quad (2.5)$$

На этот раз, применяя метод резолюции к (2.1) и (2.4), вместо пустого дизъюнкта мы получаем

$$\text{ANS}(K). \quad (2.6)$$

Следовательно, наш ответ — « K -владелец T ». Легко заметить, что $\text{ANS}(K)$ — логическое следствие дизъюнктов (2.1) и (2.4). Таким образом, первоначальная задача доказательства теоремы была преобразована в задачу вывода логических следствий.

Класс 3. Вопросы, требующие ответа в виде последовательности действий. Для вопросов этого типа наша задача состоит в нахождении последовательности действий, достигающей некоторой цели.

Пример 3. Рассмотрим рис. 1. Пусть транспортный решатель располагает информацией:

$F_{3.1}$: Груз G расположен в месте дислокации грузов a в состоянии s_1 .

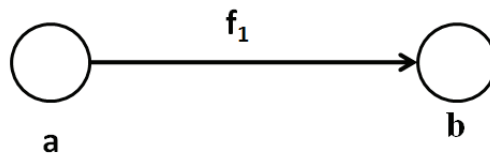


Рис. 1

$F_{3.2}$: Существует действие f_1 , посредством которого любой объект из места дислокации грузов a может быть перемещен в место дислокации b .

На вход транспортного решателя поступает запрос:

$Q_{3.1}$: Как переместить груз из a в b ?

Решение. Обозначим « x находится в точке y в состоянии z » через $P(x, y, z)$, тогда исходная информация $F_{3.1}$ примет вид

$$(G, a, s_1). \quad P \quad (3.1)$$

Пусть любой объект, находящийся в состоянии z , может быть перемещен из точки y_1 в точку y_2 действием f_1 , тогда можно считать f_1 функцией, аргументами которой являются x, y_1, y_2, z . Значением $f_1(x, y_1, y_2, z)$ является новое состояние, которое возникает после того, как x , находившейся первоначально в состоянии z , передвинут из y_1 в y_2 действием f_1 . Это записывается формулой

$$(\forall x)(\forall y_1)(\forall y_2)(\forall z)(P(x, y_1, z) \rightarrow P(x, y_2, f_1(x, y_1, y_2, z))). \quad (3.2)$$

Используя (3.1) и (3.2), решатель в состоянии ответить на запрос $Q_{3.1}$. Запишем два дизъюнкта, представляющих исходные факты:

$$(G, a, s_1), \quad P \quad (3.3)$$

$$\sim P(x, y_1, z) \vee P(x, y_2, f_1(x, y_1, y_2, z)). \quad (3.4)$$

Дизъюнкт

$$\sim P(d, b, z) \vee \text{ANS}(z) \quad (3.5)$$

представляет поступивший запрос.

Из (3.3) и (3.4) порождается резольвента (3.6):

$$P(d, y_2, f_1(G, a, y_2, s_1)). \quad (3.6)$$

Из (3.5) и (3.6) порождается резольвента (3.7):

$$\text{ANS}(f_1(G, a, b, s_1)). \quad (3.7)$$

Таким образом, ответ на запрос состоит из одного действия — применения f_1 для перемещения груза G из a в b .

Класс 4. Вопросы, включающие проверку условий (ветвление).

Пример 4. Решатель обладает информацией:

$F_{4.1}$: Если вес груза G меньше M , его перевозка должна осуществляться транспортным средством T^1 .

$F_{4.2}$: Если вес груза G не меньше M , его перевозка должна осуществляться транспортным средством T^2 .

На вход решателя поступает вопрос:

$Q_{4.1}$: Каким транспортным средством осуществлять перевозку груза G ?

Решение: Пусть $P(x)$ и $R(x, y)$ означают соответственно «вес груза x меньше M » и «перевозка груза x должна осуществляться транспортным средством y ». Тогда мы имеем

$$\sim P(G) \vee R(G; T^1), \quad (4.1)$$

$$P(G) \vee R(G; T^2). \quad (4.2)$$

Нашему запросу соответствует дизъюнкт

$$\sim R(G; x) \vee \text{ANS}(x). \quad (4.3)$$

Из (4.1)–(4.3) порождаются следующие резольвенты:

— из (4.1) и (4.3) $\rightarrow$ (4.4):

$$\sim P(G) \vee \text{ANS}(T^1); \quad (4.4)$$

— из (4.2) и (4.3) $\rightarrow$ (4.5):

$$P(G) \vee \text{ANS}(T^2); \quad (4.5)$$

— из (4.4) и (4.5) $\rightarrow$ (4.6):

$$\text{ANS}(T^1) \vee \text{ANS}(T^2). \quad (4.6)$$

В дизъюнкте (4.6) сообщается, что перевозка груза G должна осуществляться либо транспортным средством T^1 , либо транспортным средством T^2 . Очевидно, что выводимый из дизъюнкта (4.6) ответ неудовлетворительный. Необходимо установить, при каком условии перевозка груза G должна осуществляться транспортным средством T^1 и при каком условии — транспортным средством T^2 .

Так как дизъюнкт (4.6) имеет вид $ANS(T^1) \vee ANS(T^2)$, задается следующий вопрос: «При каком условии будет истинно $ANS(T^1)$?», или «При каком условии $ANS(T^1)$ будет логическим следствием дизъюнктов (4.1)–(4.3)?» Аналогичный вопрос задается для дизъюнкта $ANS(T^2)$.

Вывод дизъюнкта (4.6) представлен на рис. 2, где каждый узел соответствует дизъюнкту, участвующему в выводе, а переменные в дизъюнктах, приписанных исходным узлам, переименованы таким образом, что дизъюнкты не имеют общих переменных.

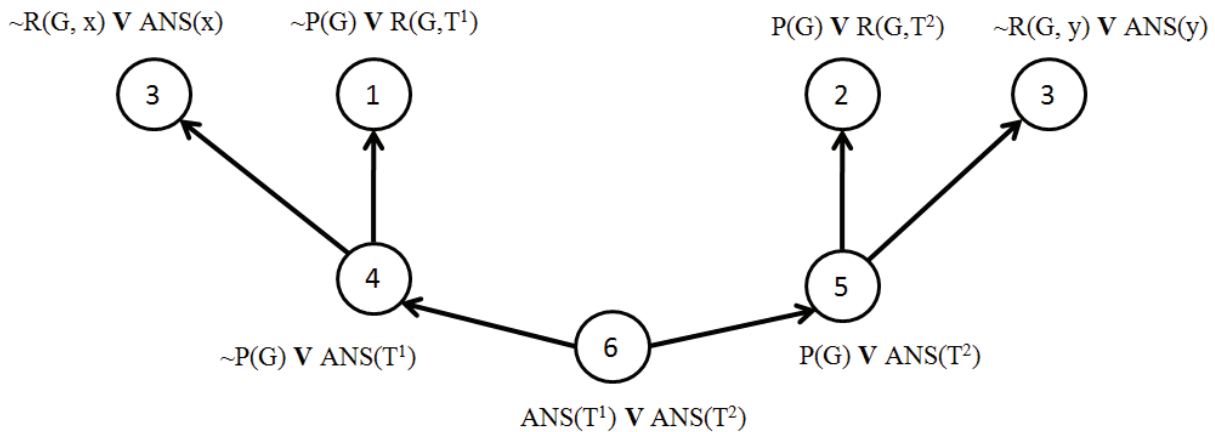


Рис. 2. Дерево T_0

Обозначим это дерево вывода через T_0 . Проанализируем T_0 с помощью алгоритма извлечения информации.

Алгоритм извлечения информации.

Шаг 1. Пусть дизъюнкт C в дереве T_0 есть резольвента дизъюнктов C_1 и C_2 с отрезаемыми литерами соответственно L_1 и L_2 , пусть Θ — наиболее общий унификатор литер L_1 и $\sim L_2$.

Тогда на ребре, ведущем от C_i к C , $i = 1, 2$, напомним отрицание литеры $L_i\Theta$ и подстановку Θ . (Если Θ — пустая подстановка, то напомним только отрицание.) В рассматриваемом примере дизъюнкт (4.4) — резольвента дизъюнкта (4.3) и дизъюнкта (4.1). Отрезаемая литера в (4.3) — это $R(G, x)$. Наиболее общий унификатор отрезаемых литер — $\{T^1/x\}$.

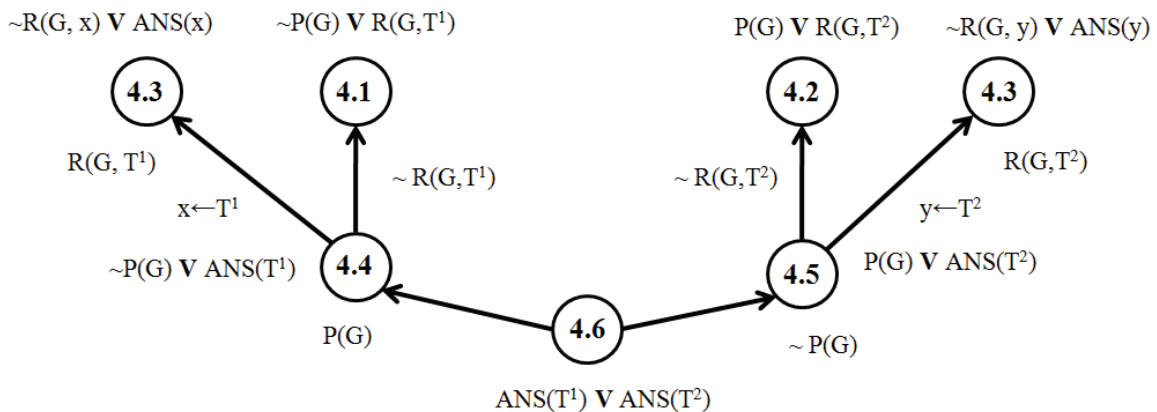


Рис. 3. Дерево T_1

Поэтому мы приписываем $R(G; T^1)$ и подстановку $\{x \leftarrow T^1\}$ ребру, ведущему от (4.3) к (4.4). Аналогично мы добавляем $\sim R(G; T^1)$ и подстановку $\{x \leftarrow T^1\}$ к ребру, ведущему от (4.1) к (4.4). Прделавав данную процедуру для остальных ребер, мы получим дерево T_1 , изображенное на рис. 3.

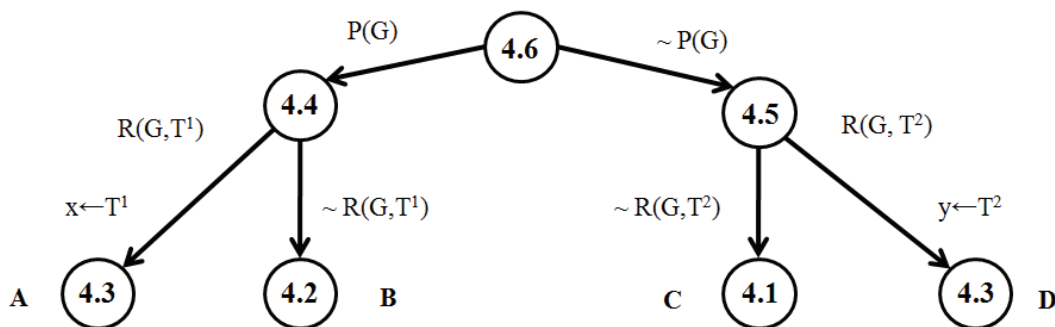


Рис. 4. Дерево T_2

Шаг 2. Перевернем дерево T_1 , добавим стрелки к ребрам и выбросим все дизъюнкты, приписанные узлам. В итоге получим дерево T_2 , изображенное на рис. 4, где все висячие узлы помечены.

Шаг 3. В дереве T_2 удалим все узлы (и связанные с ним ребра), соответствующие дизъюнктам, не содержащим предиката ANS . В рассматриваемом примере будут удалены B, C и связанные с ними ребра, так как дизъюнкты (4.1) и (4.2) не содержат предиката ANS . Результирующее дерево T_3 представлено на рис. 5.

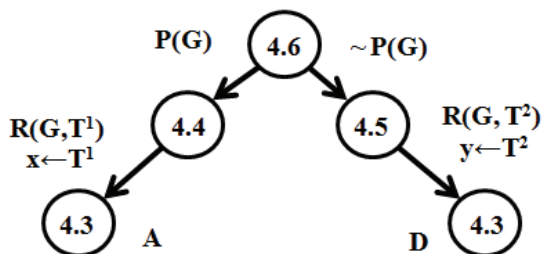


Рис. 5. Дерево T_3

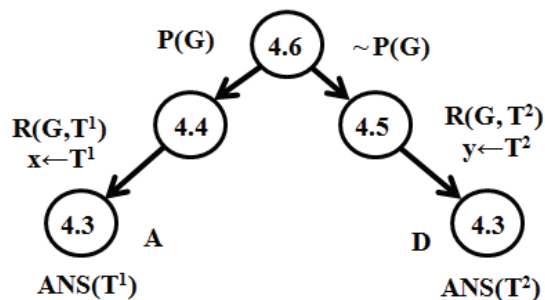


Рис. 6. Дерево T_4

Шаг 4. Пусть $N_1, N_2, \dots, N_m$ — висячие узлы дерева T_3 . Для каждого $N_i, i = 1, 2, \dots, m$, пусть $I(N_i)$ обозначает конъюнкцию литер, приписанных пути от самого верхнего узла к N_i . Пусть $C(N_i)$ — дизъюнкт, соответствующий узлу N_i . Находим в дизъюнкте ответа литеру $L(N_i)$ такую, что $L(N_i)$ — логическое следование конъюнкции $I(N_i) \wedge C(N_i)$. Припишем $L(N_i)$ к узлу N_i .

В нашем примере $C(A) = \sim R(G, x) \vee ANS(x)$ и $L(A) = ANS(T^1)$, так как $I(N_i) = P(G) \wedge R(G, T^1)$. Аналогично легко видеть, что $L(B) = ANS(T^2)$. Полученное таким образом дерево T_4 изображено на рис. 6.

Шаг 5. Запишем в виде $N_1, N_2, \dots, N_q$ список всех узлов дерева T_4 таких, что из $N_i, 1 \leq i \leq q$, ведет только одно ребро α_i . Пусть $L(\alpha_i)$ — литера, приписанная ребру α_i . Удалим из дерева T_4 литеры $L(\alpha_i), 1 \leq i \leq q$, и обозначим результирующее дерево через T_5 . Для рассматриваемого примера T_5 представлено на рис. 7.

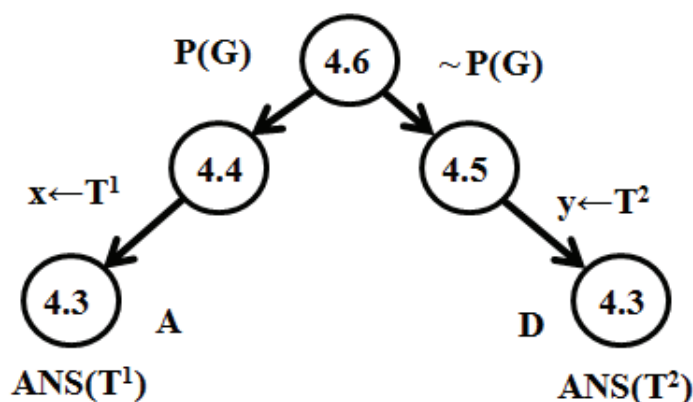


Рис. 7. Дерево T_5

Заметим, что рис. 7 целесообразно рассматривать как дерево решений. Если истинно $P(G)$, то истинно $ANS(T^1)$. В противном случае истинно $ANS(T^2)$. Таким образом, решатель выводит следующий ответ на запрос $Q_{4.1}$: «Если вес груза G меньше M , его перевозка должна осуществляться транспортным средством T^1 . В противном случае транспортировка должна осуществляться транспортным средством T^2 ».

Можно легко убедиться, что приведенный алгоритм извлечения информации корректен в применении к нашему примеру, то есть что дерево T_5 правильное. Те, кто интересуется формальным доказательством корректности рассмотренного алгоритма, могут познакомиться с ним в [6].

Заключение. Поставленные в настоящей работе задачи принципиально решены: в качестве единого математического аппарата выбрано исчисление предикатов первого порядка, в качестве метода доказательства выбран метод дедукции, в качестве правила вывода — правило резолюций. Рассмотренные примеры понятны, не перегружены аппаратом математической логики, актуальны для транспортной сферы. Представленный алгоритм извлечения информации делает возможным процесс автоматизации нахождения ответов на запросы 4-го класса сложности.

Список литературы

1. Белый О. В. Архитектура и методология транспортных систем / О. В. Белый, О. Г. Кокаев, С. А. Попов. — СПб.: Элмор, 2002. — 256 с.
2. Скороходов Д. А. Принципы построения системы информационной поддержки для принятия решений в аварийных ситуациях / Д. А. Скороходов, А. Л. Стариченков // Морские интеллектуальные технологии. — 2009. — № 1 (3).
3. Селиверстов Я. А. Моделирование процессов распределения и развития транспортных потоков в мегаполисах / Я. А. Селиверстов // Известия ЛЭТИ. — 2013. — № 1.
4. Фахми Ш. С. Адаптация космической телевизионной системы к этапам наблюдения объекта / Ш. С. Фахми [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. — 2012. — № 1.
5. Green C. The Application of Theorem Proving to Question-Answering System / C. Green. — N. Y.: Garland Publishing, 1969. — 21 p.
6. Чень Ч. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Ч. Чень. — М.: Наука, 1983. — 360 с.

7. Takeuti Г. Теория доказательств / Г. Такеути. — М.: Мир, 1978. — 417 с.
8. Ефимов Е. И. Решатели интеллектуальных задач / Е. И. Ефимов. — М.: Наука, 1982. — 320 с.
9. Quarteroni S. Designing an Interactive Open-Domain Question Answering System / S. Quarteroni, S. Manandhard. — Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
10. Hai Doan-Nguyen. Improving the Precision of a Closed-Domain Question-Answering System with Semantic Information / Doan-Nguyen Hai, L. Kosseim. — Quebec, 2004. — 10 p.

УДК 339.9

О. В. Малиновская,
д-р экон. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. П. Скобелева,
д-р экон. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЛИГАЦИЙ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ РОССИИ: НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ КОНТЕКСТ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

DEVELOPMENT OF INFRASTRUCTURE BONDS IN THE TRANSPORT SECTOR IN RUSSIA: THE LEGAL CONTEXT AND ITS APPLICATION

Статья посвящена проблемам правового развития инфраструктурных облигаций как инновационного инструмента финансирования ГЧП-проектов на транспорте. В ней также представлена характеристика мирового опыта развития этого инструмента финансирования ГЧП-проектов в транспортной отрасли.

The article is devoted to the problems of legal development of infrastructure bonds as an innovative financing instrument PPP projects in transport. It also presents the characteristics of world development experience of this financing instrument of PPP projects in the transport sector.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, инфраструктурные облигации, транспорт, концессия.

Key words: public-private partnerships, infrastructure bonds, transportation, concession.

ИНСТИТУТ государственно-частного партнерства (ГЧП), прочно вошедший в практику развития транспорта на глобальном экономическом пространстве и получивший значительное развитие в России, сегодня требует становления инновационных источников финансирования, необходимых для собственного развития в России. Тренд на привлечение «длинных» денег на развитие инвестиционного процесса в транспортной отрасли начал формироваться еще в период нулевых годов и приобрел особую актуальность в период финансового кризиса как действенный фактор обеспечения стимулирования экономического роста. Сегодня развитие института ГЧП в России находится на новом этапе развития и обозначается как этап создания рынка инфраструктурных проектов прежде всего в транспортной отрасли, который характеризуется в мировой практике как этап развития новых инструментов финансирования этого рынка.

Таким образом, появление инфраструктурных облигаций как инструмента финансирования отраслевых ГЧП-проектов — процесс, предопределенный развитием института ГЧП.

Инфраструктурные облигации относятся к инструментам, предназначенным для консервативных инвесторов, что обуславливает их значимость для осуществления инвестиций из Резервного фонда РФ (при реализации нового бюджетного правила, введенного законом о федеральном бюджете на 2013 г. и плановый период 2014–2015 гг.), Пенсионного фонда РФ, негосударственных пенсионных фондов, страховых компаний, международных финансовых институтов, то есть консервативных инвесторов, выход которых на фондовый рынок ограничен правовыми нормами инвестирования. В мировой практике существуют определенные институциональные структуры, разрабатывающие рекомендации по созданию международных норм выпуска и обращения инфраструктурных облигаций¹.

Под общим названием инфраструктурных облигаций в мировой практике рассматривается широкий спектр долговых ценных бумаг, обеспечивающих доступ к «длинным» деньгам через активизацию деятельности национального и мирового фондового рынка. Широта спектра инструментов предопределяет систематизацию и анализ инфраструктурных облигаций, представленных в мировой практике, как базу для развития нормативного поля их функционирования в России. Их систематизация позволяет ввести типологию и классификацию инфраструктурных облигаций (табл. 1).

Таблица 1

**Типология и классификация существующего спектра
инфраструктурных облигаций в мировой практике
(на основе данных аналитических агентств)**

Типы и виды ИО	Содержание и характеристика типа (вида)	Характерные признаки
Проектные облигации (<i>project bonds</i>)	Как отмечают аналитики, проектные облигации — это долговые ценные бумаги, выпускаемые частной проектной компанией, которой принадлежит объект инфраструктуры и выплаты по которым осуществляются за счет поступлений от эксплуатации этого объекта. Таким образом, проектные облигации прежде всего основаны на развитии института проектного финансирования. Дополнительная характеристика инфраструктурных облигаций: 1) эмиссионные документы проектной компании содержат ковенанты, позволяющие владельцам облигаций контролировать на основе мониторинга факторы и доминанты, которые существенно влияют на денежный поток финансируемого инфраструктурного проекта; 2) проектная компания контролируется спонсором — лицом, инициирующим строительство и эксплуатацию объекта инфраструктуры (государственные структуры); 3) проектная компания контролирует ход работ по строительству подрядчиком (субподрядчиком) объекта инфраструктуры и после ввода объекта в эксплуатацию управляет им	1. Наличие эмиссионных ковенант, способствующих снижению риска, к которым прежде всего относятся государственные гарантии и страховые инструменты. 2. Интеграция эмитента и собственника, что обуславливает содержательный потенциал категории. 3. Сбор платежей за эксплуатацию с конечных пользователей объекта инфраструктуры осуществляют операторы объекта, которые назначаются проектной компанией. 4. Прозрачность эмиссии и обращения инфраструктурных облигаций, выраженная в предоставлении права и возможности их владельцам контролировать деятельность проектной компании путем предоставления представителю владельцев облигаций права на получение от проектной компании и операторов любой информации по эксплуатации объекта инфраструктуры

¹ Так, например, государства — участники АСЕАН+3 (Ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН) (*Association of SouthEast Asian Nations*)) + (Китай, Япония и Южная Корея) создали специальную рабочую группу для выработки рекомендаций по необходимым законодательным изменениям для обеспечения возможности выпускать инфраструктурные облигации в странах АСЕАН+3. В практике различных стран они обозначаются как *infrastructure bonds* или *industrial development bonds*.

Таблица 1
(Окончание)

Публичные целевые облигации (<i>public bond</i>)	Облигации, имеющие целевой характер, выпуск которых осуществляет публично-правовое образование (сектор государственного управления) и которые направляются на финансирование объектов, относимых к государственной собственности.	Данный тип облигаций характеризуется двумя видами, имеющими принципиальные отличия: а) предоставление возможности и невозможность выкупа объекта инфраструктуры; б) спектр действия облигаций; в) способы покрытия облигационных выпусков.
Виды: А) Облигации, обеспеченные поступлениями (REVENUE BONDS)	<i>Облигации, обеспеченные поступлениями</i>, — это облигации, которые выпускаются: 1) публично-правовыми образованиями; 2) юридическими лицами, учрежденными публично-правовым образованием (ФГУП, государственные нефинансовые корпорации; 3) юридическими лицами, в уставном капитале которых государство имеет преобладающее участие (АО с участием государства — ОАО «РЖД», ОАО «Газпром» и др.); 4) юридическими лицами (по аутсорсингу), выполняющими какие-либо публичные функции (на основе соглашения с публично-правовым образованием или лицензии). В качестве обеспечения по таким облигациям предоставляются поступления от эксплуатации инфраструктурного объекта (сборы, пошлины, тарифы и др.). <i>В отличие от проектных облигаций</i>, данный вид облигаций может быть обеспечен поступлениями от эксплуатации не только инфраструктурного объекта, для финансирования которого они были выпущены, но и от других объектов инфраструктуры, принадлежащих публичному образованию.	1. Важным преимуществом и одновременно признаком этих облигаций является <i>режим налогового нейтралитета</i>. В соответствии с ним доходы по облигациям не облагаются налогами как на федеральном, так и на субфедеральном уровнях. Благодаря этому значительно снижается процентная ставка по облигациям и, тем самым, снижаются расходы публичного образования. 2. Структура сделки выпуска облигаций спонсором¹, который инициировал строительство и эксплуатацию объекта инфраструктуры, и одновременно эмитентом облигаций, обеспеченных поступлениями, которыми являются государственные/муниципальные органы либо государственные/муниципальные юридические лица. 3. Сбор выручки, поступающей от эксплуатации объекта инфраструктуры, может осуществляться (а) либо спонсором на обособленный в этих целях инфраструктурный счет, (б) либо представителем владельцев облигаций, (в) либо оператором, назначенным спонсором. 4. Поступления от эксплуатации объекта инфраструктуры — основной источник выплат и обеспечения обязательств эмитента по облигациям, обеспеченным поступлениями. 5. Объект инфраструктуры не передается в качестве обеспечения обязательств по облигациям и сохраняется за публичным образованием, но возможно возникновение права выкупа объекта.
Б) Облигации с общим обязательством эмитента (general obligation bonds)	Облигации с общим обязательством эмитента — это облигации, обеспечением выплат по которым могут выступать не только поступления от эксплуатации инфраструктурного объекта, но и все имущество публичного образования (эмитента). Для осуществления платежей по ним, в случае если поступлений от эксплуатации инфраструктурного объекта недостаточно, используют другое имущество эмитента (прежде всего это касается налоговых доходов бюджета). Эти облигации устанавливают вновь вводимые расходные обязательства бюджетов разного уровня, что требует их тщательного обоснования	1. Облигации с общим обязательством эмитента выпускаются в случаях, когда необходимо обеспечить финансирование крупных дорогостоящих проектов на длительный срок. Это касается прежде всего проектов, связанных с экологической и общей безопасностью функционирования объекта инфраструктуры и его потребителей. 2. Данный вид облигаций характерен для такой формы ГЧП, как контракты жизненного цикла (LCC — Life Cycle Contracts). 3. Наиболее представительным при эмиссии этого вида облигаций является опыт таких стран, как Великобритания, Япония, Сингапур

¹ В США, как свидетельствует практика, публичное образование (спонсор) может заключить соглашение с частной компанией (девелопером), на основании которого частная компания получает право эксплуатировать объект инфраструктуры. На основании такого соглашения платежи частной компании направляются на уплату по процентам и погашение облигаций, обеспеченных поступлениями, а право собственности в отношении объекта инфраструктуры сохраняется за публичным образованием. По окончании срока действия соглашения с публичным образованием частная компания вправе выкупить объект инфраструктуры при условии, что она выполнила все условия соглашения.

Признаки инфраструктурных облигаций, исходя из мирового опыта их развития, позволяют обозначить контуры их правового поля, находящегося в России в начале формирования:

— возможность эмиссии облигаций корпорациями и публично-правовым образованием (государственными и муниципальными органами власти), что предопределяет их типы. При этом объект инфраструктуры, возводимый за счет эмиссии проектных облигаций, является собственностью корпорации, а за счет эмиссии публичных облигаций — собственностью государства (муниципального образования);

— строго целевой характер направленности инфраструктурных облигаций, обеспечивающий реализацию инфраструктурных проектов, инициированных государством или бизнесом. При этом инфраструктурные проекты могут быть как большими, так и малыми (муниципальные проекты), что предусматривает градацию инфраструктурных облигаций;

— широкий спектр организаций, осуществляющих сбор выручки от объекта, введенного в эксплуатацию или реконструированного при реализации инфраструктурного проекта. К этим организациям относятся: (а) спонсор на обособленный в этих целях инфраструктурный счет, (б) представитель владельцев облигаций, (в) оператор, назначенным спонсором, (г) операторы объекта, которые назначаются проектной компанией;

— развернутый спектр эмитентов публичных инфраструктурных облигаций — государственные/муниципальные органы либо государственные/муниципальные юридические лица и т. д.;

— отсутствие налогообложения доходов от выплат по инфраструктурным облигациям;

— инфраструктурные облигации — источник финансирования на основе проектной формы финансирования, предусматривающей развитие механизма регресса;

— основными инвесторами практически во всех странах являются консервативные инвесторы — пенсионные фонды, страховые компании, в руках которых сосредоточены значительные финансовые ресурсы. При этом следует учитывать, что требования к составу и структуре активов этих финансовых институтов являются достаточно жесткими, поэтому инфраструктурные облигации следует рассматривать как ликвидный и надежный инструмент, привлекательный для данного типа инвесторов;

— инфраструктурные облигации имеют широкий диапазон распространения, то есть осуществляются в форме прямых заимствований, не прямых заимствований, рефинансирования.

Как свидетельствует мировая практика, инфраструктурные облигации в правовом поле национальной экономики могут функционировать:

— как инфраструктурные облигации — вид государственных и муниципальных облигаций, имеющих долгосрочный, строго целевой характер, направленный на финансирование строительства/реконструкции объектов государственной/муниципальной собственности;

— инфраструктурные облигации — вид корпоративных облигаций, имеющих долгосрочный, целевой характер и обеспеченных государственными/муниципальными гарантиями или гарантиями институтов развития (для России — ВЭБ);

— производными ценными бумагами, эмитентом которых может быть хозяйствующий субъект, финансирующий ГЧП-проект при наличии государственных/муниципальных гарантий.

Как мы отметили выше, правовое поле развития инфраструктурных облигаций в России находится в стадии становления, а этот процесс прежде всего связан с развитием инвестиционного потенциала транспорта, поэтому развитие этого поля инициировано Министерством транспорта

Кроме того, благодаря муниципальным программам по финансированию инфраструктурных объектов (уровень которых в США значительно выше, чем федеральных и штатовских) и сама частная компания вправе инициировать строительство и эксплуатацию объекта инфраструктуры, а также выпуск облигаций, обеспеченных поступлениями. На основе таких программ публичное образование в ходе конкурсных процедур выбирает частную компанию, заявка которой в наибольшей степени соответствует установленным в программе требованиям. При этом эмитентами облигаций, обеспеченных поступлениями, и собственниками объекта инфраструктуры являются публичные образования.

и его стратегическими документами, перечень которых достаточно представлен [1–5]¹. Кроме того, под влиянием Министерства транспорта ФСФР как макрорегулятор уже сейчас в оперативном порядке запустила механизм размещения и обращения инфраструктурных облигаций, предоставляющий возможность консервативным инвесторам осваивать этот сегмент фондового рынка России. В соответствии с приказом ФСФР дополнен список эмиссионных инструментов, которым присваивается листинг высшей категории — А1 [3].

Таким образом, в результате изменений, инициированных макрорегулятором, в России появилась возможность для выпуска квазиинфраструктурных облигаций. Практика как обычно опережает правовое поле, поэтому появление законодательного акта об инфраструктурных облигациях является обоснованной насущной задачей для развития рынка ГЧП-проектов в первую очередь. Появление этого инструмента финансирования связано с решением комплекса проблем. Динамика развития фондового рынка России сегодня имеет выраженный тренд падения, в отличие от западных рынков, что противоречит задачам инновационного развития экономики. Появление инновационного финансового инструмента для консервативных инвесторов способно приостановить эту тенденцию, так как национальные пенсионные фонды, как государственные, так и негосударственные, имеют значительные накопительные сбережения, которые сегодня могут инвестировать только в государственные ценные бумаги. В то время как появление нового инструмента финансирования инфраструктурных проектов расширит спектр инвестирования этих финансовых институтов.

Наряду с этим проблемы инвестиционного развития отрасли, которая находится в зоне тотального недоинвестирования, также предопределяют развитие нового инструмента финансирования проектов, который позволит расширить зону долгового инвестирования в первую очередь государственных инфраструктурных монополий — ОАО «РЖД», ОАО «Главная дорога», ФГУП «Росморпорт». Долговой рынок практически не задействован при финансировании инфраструктурных проектов, что обуславливает недейственность в отрасли эффекта финансового рычага, позволяющего оптимизировать структуру капитала компаний, что приведет к росту их стоимости.

Актуальность решения задачи обеспечения правового поля инфраструктурных облигаций в России требует анализа проекта федерального закона «Об особенностях инвестирования в инфраструктуру с использованием инфраструктурных облигаций». Анализ мировой практики развития инфраструктурных облигаций и зона развития квазиинфраструктурных облигаций в России позволяют идентифицировать позитивы и негативы рассматриваемого проекта закона (табл. 2).

Таблица 2

Достоинства и недостатки проекта федерального закона «Об особенностях инвестирования в инфраструктуру с использованием инфраструктурных облигаций»

Достоинства рассматриваемого проекта закона	Ряд недостатков проекта закона
Наличие гарантий Российской Федерации или Внешэкономбанка для финансирования инфраструктурных проектов, реализуемых на принципах государственно-частного партнерства. Проект закона определяет общие требования к предоставлению государственной (муниципальной) гарантии, условия и порядок ее предоставления под инфраструктурные облигации, которые вместе с тем слабо согласуются с существующей правовой базой в России	Достаточно узкий спектр организаций, осуществляющих предоставление гарантий. Вместе с тем существующий порядок предоставления государственных гарантий, предусмотренный Бюджетным кодексом РФ, предполагает предоставление гарантий на соответствующий год и плановый период. В связи с этим предоставление гарантий по столь долгосрочному инструменту, как инфраструктурные облигации, а также использование механизма регресса для возмещения гаранту принципалом сумм, уплаченных гарантом во исполнение обязательств по гарантии, представляется затруднительным

¹ Полный перечень нормативных и стратегических документов, содержащих в собственном контексте термин «инфраструктурные облигации» представлен в статье О. В. Малиновской, А. В. Бровкиной, опубликованной в журнале «Финансовая аналитика: проблемы и перспективы».

Таблица 2
(Окончание)

Финансирование экономически и социально значимых инфраструктурных проектов через публичный долговой рынок, а не за счет государственных инвестиционных средств и собственных средств государственных предприятий и хозяйственных обществ	«Минусы» для инвесторов: 1) обязательная гарантия государства или ВЭБа распространяется лишь на 60 % номинала; 2) качество гаранта определяется уровнем проекта. В итоге проекты федерального уровня станут интересны лишь ПФР в силу «нерыночности» условий. С другой стороны, более рыночные ставки по региональным инфраструктурным облигациям будут обусловлены более высокими рисками и меньшей обеспеченностью выпуска
Целевое расходование средств является ключевым условием привлечения финансирования	Контроль за целевым расходованием практически не прописан, что позволяет наращивать масштабы отраслевых «откатов»
В проекте закона представлено определение инфраструктурных облигаций. «Инфраструктурная облигация — облигация, эмитируемая специализированной проектной организацией с целью привлечения денежных средств, предназначенных для финансирования создания и (или) реконструкции инфраструктуры, исполнение обязательств по которой обеспечено в размере и порядке, предусмотренных настоящим Федеральным законом»	Основной проблемой применения инструмента инфраструктурных облигаций является их жесткая привязка к концессии. По существующей практике применения Закона о концессиях в ближайшее время их количество, если и будет расти, то крайне недостаточно. В то же время, как свидетельствует практика, в стране формируются неконцессионные формы ГЧП — контракты жизненного цикла прежде всего
Проект закона позволяет инвесторам диверсифицировать их инвестиционный пакет, сократить зависимость от кредитного финансирования и получить альтернативное долгосрочное финансирование, обеспечить практически гарантированную доходность инвестиций при достаточно ясной структуре рисков	Ни досрочное погашение, ни процентные платежи не являются обязательным предметом гарантий со стороны органа, проводящего конкурс на реализацию инфраструктурного проекта. Обеспечение процентных платежей гораздо слабее, нежели основной суммы долга. Возвращаясь к урокам текущего кризиса, следует отметить, что ценность ценных бумаг или недвижимого имущества в качестве залога вызывает серьезные сомнения

Выделенные нами недостатки не являются предельно исчерпывающими и абсолютно правомочными, они требуют определенной научной дискуссии. Также требуют осмысления принципиальные положения проекта закона, связанные с его нормами по спектру действия инфраструктурных облигаций, так как прописанный в законе спектр действия не допускает их размещение под рефинансирование проекта, что снижает потенциал использования этого инструмента. В то время как для инфраструктурных проектов (прежде всего концессионных) на ранних этапах операционной фазы чаще всего характерно превышение эксплуатационных затрат над доходностью. Кроме того, представленная в проекте закона градация инфраструктурных облигаций — федеральные, региональные, муниципальные не позволяет рассматривать финансирование объектов инфраструктуры на основе одновременного использования всех рассматриваемых видов облигаций, поскольку возникают проблемы отношений собственности на объект инфраструктуры, имеющие значительные последствия для федерального устройства России. Российская практика реализации инфраструктурных проектов на транспорте показывает, что, как правило, инициаторами со стороны государства являются представители различных уровней власти и при определении собственника зачастую представляется затруднительным четко определить одного субъекта права собственности.

Вместе с тем сегодня в России на транспорте осуществлен выпуск инфраструктурных облигаций в рамках действующего законодательного поля, которые скорее можно характеризовать как квазиинфраструктурные. Первые три проекта строительства платных автодорог с использованием финансирования объекта инфраструктуры инфраструктурными облигациями включают:

- дорога, соединяющая Санкт-Петербург и Москву, дублер существующей М-10;
- западный скоростной диаметр (в Санкт-Петербурге);
- дублер М-1 «Беларусь» Москва–Минск, инвестор ОАО «Главная дорога».

Кроме того, ряд траншей облигаций, выпущенных в обращение ОАО «РЖД», обозначен как инфраструктурные¹.

С определенной научной оговоркой можно констатировать, что уже сегодня бизнес располагает некоторыми правовыми возможностями для ограниченного введения в обращение квазиинфраструктурных облигаций, в том числе по концессионным и квазиконцессионным проектам, которые связаны с созданием/реконструкцией инфраструктурных объектов.

Вместе с тем в научной литературе высказываются мнения о неактуальности рассматриваемого закона, который, с точки зрения аналитиков, являет собой лишь незначительный элемент более общего закона о секьюритизации (проект которого также представлен на обсуждение общественности). «Следует отметить, что аналитики и правоведы высказывают мнение о нецелесообразности принятия отдельного закона об инфраструктурных облигациях. Собственную позицию они аргументируют тем, что инфраструктурные облигации имеют право на существование при текущем правовом регулировании и окажутся весьма востребованными при доработке отечественного законодательства, несколько отстающего от нужд экономики, ориентированной на развитие инфраструктуры. В связи с этим представляется необходимым разработать концепцию изменений российского законодательства, базируясь на опыте сделок секьюритизации ипотечных активов в зарубежных юрисдикциях. Поскольку инфраструктурные облигации представляют собой вид секьюритизации, особо важным видится доработка широко обсуждаемого в настоящее время законопроекта о секьюритизации без введения отдельного термина “инфраструктурные облигации” и самостоятельного специального закона. При этом отдельные конструкции и подходы зарубежного права относительно способов обеспечения исполнения обязательств по облигациям, в частности залог имущественных прав и (или) денежных средств на депозите, уступка имущественных прав, страхование, могут быть заимствованы» [6].

С нашей точки зрения, эта позиция не вполне корректна, поскольку нормативно-законодательное поле развития инфраструктурных облигаций должно быть ориентировано на дуальную субстанцию этого инструмента, которую не способно раскрыть нормативно-правовое поле секьюритизации. Дуальность субстанции рассматриваемых облигаций проявляется в том, что, с одной стороны, они являются инвестиционным инструментом ГЧП, а с другой — имеют собственную содержательную основу, позволяющую рассматривать их как самостоятельный финансовый инструмент ГЧП. Следовательно, налицо необходимость законодательного «подстраивания» действующих норм для решения проблемных вопросов и устранения коллизий, которые могут возникнуть при внедрении института инфраструктурных облигаций. Рассмотрение инфраструктурных облигаций как самостоятельного финансового инструмента предполагает его развитие как институциональной структуры наряду с ГЧП, которая позволяет констатировать, что эмитенты получают «длинные» средства по приемлемым ставкам, а у инвесторов появится еще один защитный инструмент. Кроме того, секьюритизация как феномен финансового рынка слабо ориентирована на развитие института ГЧП, да и собственно на его природу.

Поэтому принятие закона об инфраструктурных облигациях, с нашей точки зрения, является необходимым и востребованным. Его принятие и собственно развитие инфраструктурных облигаций обеспечат:

- прозрачность использования капитала при реализации инфраструктурных проектов;
- ускорение реализации инфраструктурных проектов, рост качества возводимых/реконструируемых объектов инфраструктуры при реализации проектов;

¹ Необходимо оговориться, что указанные облигации ОАО «РЖД», в строгом смысле не являются инфраструктурными облигациями, так как не отвечают применимым к ним критериям. Полученные от размещения средства не имеют целевого назначения, эмиссия не имеет свойственного инфраструктурным облигациям обеспечения. Кроме того, сама сделка носила «клубный» характер: в качестве покупателей выступили банки, организовавшие размещение (Сбербанк, ВТБ, Газпромбанк), а также дочерний по отношению к РЖД Транскредитбанк 20.

- развитие отечественного финансового рынка на основе появления инновационного финансового инструмента, направленного на привлечение консервативного инвестора;
- привлечение в Россию неспекулятивного международного капитала в отрасли инфраструктуры, на современном этапе достаточно закрытые для прямых иностранных инвестиций.

Список литературы

1. О рынке ценных бумаг: федеральный закон Рос. Федерации от 22 апреля 1996 г. № 39-ФЗ, с изм. и доп.
2. О концессионных соглашениях: федеральный закон Рос. Федерации от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ.
3. Приказ от 23 декабря 2008 г. № 08-59/пз-н ФСФР России.
4. Об особенностях инвестирования в инфраструктуру с использованием инфраструктурных облигаций: проект федерального закона.
5. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 г.: утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р.
6. Малиновская О. В. Инфраструктурные облигации — инновационный инструмент финансирования проектов ГЧП на транспорте / О. В. Малиновская, А. В. Бровкина // Финансовая аналитика: проблемы и перспективы. — 2013. — № 11.

УДК 338.47:656.61

И. Б. Волинчиков,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

THE STUDY OF THE KEY ISSUES OF THE RUSSIAN MARITIME TRANSPORT DEVELOPMENT

Правительством РФ запланированы масштабные меры по развитию и стимулированию морского торгового флота России. Анализ статистических данных показывает, что снижение числа судов под российским флагом компенсируется ростом флота, контролируемого российскими компаниями, но находящегося под «удобными флагами». Это говорит о наличии определенных причин, стимулирующих судовладельцев поступать таким образом. От своевременного выявления и устранения таких факторов зависит как успешность реализуемой Правительством РФ программы, так и состояние российского морского торгового флота в дальнейшем.

Russian government has been planning a wide range of arrangements for development and stimulation of Russian marine cargo fleet. Analysis of statistical data shows that the reduction of the quantity of the vessels under the Russian flag is covered by the increasing quantity of the fleet controlled by Russian companies, but being under “the flags of convenience”. Such situation indicates the presence of certain factors which encourage shipowners to act this way. Success of the program implemented by Russian Government as well as Russian merchant fleet future status depends on the early detection and elimination of such factors.

Ключевые слова: морской торговый флот, развитие флота, удобные флаги, российский торговый флот, развитие транспортной системы, морской и речной транспорт, государственная программа, судостроение.

Key words: merchant marine fleet, fleet development, flags of convenience, the Russian merchant fleet, transport system development, sea and river transport, the state program, shipbuilding.

ИСТОРИЧЕСКИ сложилось, что как морской, так и речной флот Российской Федерации является важнейшим видом транспорта в обеспечении внешнеэкономических связей страны, а также при осуществлении внутрироссийских перевозок.

В связи с устареванием и списанием флота, доставшегося Российской Федерации от СССР, интересным представляется вопрос об изменении числа судов под флагом России. Очевидно, что в условиях рыночной экономики решение о целесообразности приобретения судов определенного типа будет приниматься судовладельцами исходя из экономических показателей.

Для анализа динамики состава и структуры торгового флота России за период 2000–2009 гг. рассмотрим данные Росстата [1], приведенные в табл. 1.

Таблица 1

**Наличие, структура и динамика морских судов торгового флота РФ
за период 2000–2009 гг.**

Тип судов		нефтеналивные	наливные прочие	нефтеналивные и нефтерудовозы	рудовозы и навалочные	для генеральных грузов	грузопассажирские	контейнерные, баржевозы, доковые	Итого по флоту
2000	Число, шт.	237	22	48	36	795	13	27	1178
	От максимального значения, %	75,00	88,00	100,00	100,00	98,03	100,00	100,00	95,15
	От предыдущего года, %	—	—	—	—	—	—	—	—
2005	Число, шт.	310	20	44	31	811	9	13	1238
	От максимального значения, %	98,10	80,00	91,67	86,11	100,00	69,23	48,15	100,00
	От предыдущего года, %	130,80	90,91	91,67	86,11	102,01	69,23	48,15	105,09
2006	Число, шт.	314	18	36	31	776	9	13	1197
	От максимального значения, %	99,37	72,00	75,00	86,11	95,68	69,23	48,15	96,69
	От предыдущего года, %	101,29	90,00	81,82	100,00	95,68	100,00	100,00	96,69
2007	Число, шт.	316	15	32	26	739	8	10	1146
	От максимального значения, %	100,00	60,00	66,67	72,22	91,12	61,54	37,04	92,57
	От предыдущего года, %	100,64	83,33	88,89	83,87	95,23	88,89	76,92	95,74

Таблица 1
(Окончание)

2008	Число, шт.	315	24	30	22	702	8	9	1110
	От максимального значения, %	99,68	96,00	62,50	61,11	86,56	61,54	33,33	89,66
	От предыдущего года, %	99,68	160,00	93,75	84,62	94,99	100,00	90,00	96,86
2009	Число, шт.	309	25	31	21	652	9	8	1055
	От максимального значения, %	97,78	100,00	64,58	58,33	80,39	69,23	29,63	85,22
	От предыдущего года, %	98,10	104,17	103,33	95,45	92,88	112,50	88,89	95,05

Анализируя данные, приведенные в табл. 1, можно сделать вывод, что общее количество морских судов РФ за исследуемый период неуклонно сокращается. К примеру, в 2009 г. количество морских судов составило лишь 85,22 % от показателя 2000 г.

Количество нефтеналивных судов за исследуемый период увеличилось на 72 единицы, или 30,38 %, — это практически единственный тип судов торгового флота, демонстрирующий рост в анализируемом периоде. Вероятнее всего, такая ситуация связана с сырьевой ориентацией внешнеэкономической деятельности России.

Число прочих наливных судов увеличилось незначительно — на 3 единицы, или 13,64 %.

Число комбинированных судов сократилось на 35,42 % — с 48 до 31 единицы. Очевидно, судоходные компании отдают предпочтение специализированным наливным судам в ущерб комбинированным.

Число рудовозов и балкеров за рассматриваемый период сократилось почти в два раза — с 36 до 21 единицы, на 41,67 %.

Аналогичным образом ситуация обстоит и с судами, предназначенными для перевозки генеральных грузов — падение количества в процентном соотношении не так значительно, на 17,99 %, с 795 до 652 единиц, однако в абсолютных величинах снижение числа судов значительнее, чем для рассмотренных ранее типов судов.

Количество контейнерных судов и баржевозов снизилось с 27 до 8 единиц — падение показателя в три с половиной раза. Несмотря на общемировое развитие контейнерных перевозок, Россия имеет только одну крупную специализированную национальную компанию — линейного оператора (ООО «Транспортная группа ФЕСКО»).

Далее рассмотрим возрастную структуру судов торгового флота России [2].

Таблица 2

**Возрастная структура морских судов торгового флота
(на конец года, в %)**

	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Суда — всего	100	100	100	100	100	100
В том числе имеющие возраст, лет:						
До 5	2,2	3,1	3,6	3,6	4,0	4,7
6–10	10,7	3,6	1,6	2,1	2,5	2,8
11–15	21,1	14,1	8,9	7,1	5,1	3,6

Таблица 2
(Окончание)

16–20	20,7	23,7	21,2	18,8	17,3	15,2
21–25	20,4	22,0	23,7	24,9	25,5	25,4
26–30	14,3	17,4	20,2	20,5	21,3	21,9
Более 30	10,6	16,1	20,8	23,0	24,3	26,4

Как видно из табл. 2, среди российского торгового флота отмечается стремительное старение основных фондов. Однако наблюдается некоторый рост доли судов-новостроев в 2008 и 2009 гг., доля судов возраста 11–15 и 16–20 лет неуклонно снижается, в то время как судов возраста 30 и более лет возрастает. Это может быть связано с переходом судов из одной категории в другую с течением времени и списанием части «старых» судов, однако рост процентной доли судов возрастом до 5 лет является положительной тенденцией.

Катастрофическая ситуация, сложившаяся в 1990-е гг., привела к стремительному уменьшению числа судов, находящихся под флагом Российской Федерации. Основное число таких судов составили стремительно устаревающие транспортные средства, а российские и международные судоходные компании, приобретающие новые суда на зарубежных верфях, отдают предпочтение так называемым «удобным флагам».

Для исправления сложившейся ситуации Правительством РФ принимается ряд мер, в частности:

1) Подпрограмма «Морской и речной транспорт» государственной программы «Развитие транспортной системы» предусматривает направление 134 585 661,94 тыс. руб. в рамках Подпрограммы развития морского и речного транспорта. В результате осуществления Подпрограммы «общий тоннаж морского транспортного флота, контролируемого Российской Федерацией, возрастет на 30 процентов, тоннаж флота под российским флагом возрастет в 2,2 раза, пополнение морского транспортного флота составит 7930,7 тыс. дедвейт-тонн» [3].

2) Выделение более 600 млрд руб. на развитие отечественного судостроения [4].

С целью лучшего понимания состояния российского флота рассмотрим ситуацию с количественным составом и суммарным дедвейтом контролируемого Россией флота в динамике [5].

Таблица 3

**Изменение количества и суммарного дедвейта контролируемого Россией флота
за период 2001–2011 гг.**

Год	Флот под российским флагом		Флот под иностранным флагом		Всего по флоту	
	Численность, ед.	Дедвейт, тыс. т	Численность, ед.	Дедвейт, тыс. т	Численность, ед.	Дедвейт, тыс. т
2001	1313	6259,1	188	6865,5	1501	13124,6
2002	1291	6238,6	183	6633,8	1474	12872,4
2003	1292	6171,7	178	6957,2	1470	13128,9
2004	1384	6582,4	147	7425,8	1531	14008,2
2005	1425	6660,3	128	6894,6	1553	13554,9
2006	1416	6419,0	130	7960,6	1546	14379,6
2007	1380	6069,4	156	9233,9	1536	15303,3
2008	1311	5910,3	163	10327,7	1474	16238,0
2009	1291	5625,4	190	11131,4	1481	16756,8
2010	1122	5281,6	189	12323,9	1311	17605,5
2011	1151	5262,4	332	13932,6	1483	19195,0

Исходя из табл. 3, видно, что с 2006 г. снижение численности судов под российским флагом компенсируется ростом численности флота под иностранным флагом, причем преимущество имеют крупнотоннажные суда.

По итогам рассматриваемого десятилетнего периода дедейт флота под российским флагом снизился на 996,7 тыс. т, или на 15,92 %, от показателя 2001 г., в то время как дедейт контролируемого Россией флота под иностранным флагом увеличился на 7067,1 тыс. т — 202,94 %, от показателя того же 2001 г.

Соответственно можно заключить, что необходимость в тоннаже российские судоходные компании начиная с 2005 г. покрывают за счет использования судов под иностранным флагом. Такая ситуация означает, что нахождение флота под флагом России судоходным компаниям по определенным причинам невыгодно.

Таким образом, выявление основных проблем, препятствующих привлечению флота под флаг России, и методов их решения становится одной из важнейших прикладных научных задач, которые могут повлиять на эффективность принимаемых правительством мер и состояние морского флота России в будущем.

Классифицируем основные причины, вынуждающие российских судовладельцев обращаться к «удобным флагам»:

1) экономические:

а) отсутствие в российском банковском секторе достаточно длительных и дешевых кредитных предложений по сравнению с общемировой практикой;

б) применение налоговых пошлин при ввозе иностранных комплектующих для судостроения;

в) высокие ставки налогов на доходы судовладельцев и регистрацию судов и неудобство их исчисления;

г) сложности с хранением и реализацией выручки в иностранной валюте.

2) законодательные:

а) юридические коллизии российского и международного морского законодательства;

б) сложность и длительность процедуры постановки судна под российский флаг;

в) требования российского таможенного и налогового законодательства в части судовых припасов и оборудования.

3) административные:

а) сложность процедур таможенного и пограничного контроля при осуществлении морских перевозок;

б) отсутствие протекционистских мер в области морского торгового судоходства.

Разумеется, такая классификация весьма условна. К примеру, российские судовладельцы не могут использовать сравнительно более «длинное» и дешевое кредитование в иностранных банках, так как такие банки практически всегда оговаривают в договоре кредитования постановку судна под флаг своей страны, что позволяет отнести данную причину как к законодательным, так и к экономическим факторам.

Рассмотрим перечисленные выше пункты более подробно.

Экономические причины

Пополнение флота и содержание его в надлежащем состоянии — самая крупная расходная часть в деятельности любой судоходной компании. В ситуации, когда стоимость крупнотоннажных морских судов составляет десятки миллионов долларов, средние и мелкие компании могут осуществить пополнение флота исключительно путем привлечения заемных средств.

Однако российские банки по доступности кредитных предложений значительно проигрывают зарубежным: кредитованием на покупку судов заняты считанные единицы. Если же сравнить предлагаемые ставки по кредитам, получим следующую картину:

Таблица 4

Основные параметры кредитования на покупку судов в России и зарубежных странах [6; 7]

Страна	Длительность кредитного предложения	Ставка кредита	Доля стоимости судна, покрываемая кредитом	Пошлины, от стоимости судна, %
Россия	До 3 лет	До 12–14 %	До 60 %	5–20 %
Япония	До 10 лет	До 5 %	До 85 %	0 %
США	До 25 лет	Около 8 %	До 87,5 %	0 %
В среднем по странам Европы	До 10 лет	Около 8 %	До 80 %	0 %

Очевидно, что сложившаяся ситуация делает кредитование в иностранных банках значительно более выгодным для судовладельца. Как уже отмечалось ранее, подавляющее большинство иностранных банков включают в кредитный договор условие о постановке судна под флаг определенной страны, причем флаг России не входит в данный список.

Не менее важным вопросом является применяемая в разных странах система налогообложения. Известно, что большая часть мирового торгового флота зарегистрирована под так называемыми «удобными флагами».

Законодательство стран флага предусматривает низкие либо полностью отсутствующие ставки на регистрацию судна и низкие, а в ряде случаев фиксированные ставки налога на доход судовладельца. Кроме того, страны «удобного флага» чаще всего имеют более мягкие требования к безопасности, а также разрешают свободный наём рабочей силы.

В России же дело обстоит иным образом. Наём иностранной рабочей силы ограничен жесткими нормами квотирования. Разумеется, эта мера используется для защиты отечественного моряка от иностранного демпинга, однако судовладельцы относятся к ней не слишком хорошо.

Налоговые ставки на доходы судовладельцев колеблются от 5 % в странах «удобного флага» до 15–20 % в европейских странах. После введения Европой национальных международных реестров судов, занимающих промежуточное положение по ставке налога на доходы, странам удалось вернуть под свой флаг значительную часть национального флота [7]. В России ставки на доход судовладельцев значительно выше. Кроме того, владельцы судов под флагом России обязаны конвертировать валютную выручку и не имеют права держать средства в иностранных банках [8].

Частично исправить ситуацию призван Российский международный реестр судов. Судовладельцы, зарегистрированные в нем, свободны от вышеописанных ограничений по валютной выручке, Налоговый кодекс также содержит ряд благоприятных статей [9].

Подпункт 44 п. 1 ст. 251 НК РФ гласит, что доходы судовладельцев, полученные от эксплуатации судов, зарегистрированных в РМРС, при определении налоговой базы по налогу на прибыль организаций не учитываются.

Тем не менее условием применения статьи является, что «пункт отправления и (или) пункт назначения расположены за пределами территории Российской Федерации, а также сдача судов в аренду для оказания таких услуг», то есть зарегистрированные в РМРС суда фактически не допущены на рынок внутрироссийских перевозок.

Статья 270 НК РФ дополнена п. 48.5 и гласит, что расходы судовладельцев на обслуживание, ремонт и иные цели, связанные с содержанием и эксплуатацией судов, зарегистрированных в РМРС, в целях налогообложения прибыли не учитываются.

В соответствии с пп. 9 п. 2 ст. 358 НК РФ суда, зарегистрированные в РМРС, не являются объектом налогообложения по транспортному налогу.

Статья 381 НК РФ дополнена п. 18, в соответствии с которым организации в отношении судов, зарегистрированных в РМРС, освобождаются от налогообложения налогом на имущество организаций.

Поправками устанавливается порядок уплаты госпошлины за регистрацию судов в РМРС и ежегодное подтверждение ее действия.

Так, в соответствии с новыми пп. 83 и 84 п. 1 ст. 333.33 НК РФ госпошлина за регистрацию судов в РМРС и подтверждение ее действия уплачивается по ставкам, определяемым в зависимости от валовой вместимости судна.

Тем не менее острым остается вопрос о признании РМРС иностранными банками-кредиторами. Таким образом, РМРС следует значительно поднять свой авторитет среди прочих мировых регистров для признания подобными банками.

Законодательные трудности

О коллизиях российского законодательства и международного морского права говорилось достаточно много, и этот вопрос лучше предоставить специалистам, например [10]. В данной статье имеет смысл остановиться на основных законодательных сложностях, мешающих нормальной работе российских судовладельцев.

Как уже упоминалось ранее, законодательство России не благоприятствует импорту оборудования для судостроения и судоремонта. Представители компаний-судовладельцев [7] отмечают, что при постройке судов на российских верфях приходится сталкиваться с отсутствием в стране необходимых систем и оборудования. Проблема даже не в конкуренции с иностранным производителем — ряд высокотехнологичного оборудования в Российской Федерации просто не производится. При импорте же такового из-за рубежа судовладелец вынужден оплачивать НДС и ввозные импортные пошлины, что приводит к ситуации, когда в РФ строятся только корпуса судов с установкой оборудования в странах Европы.

Естественно, что лишь выделение предприятиям судостроения бюджетных средств вряд ли поможет наладить производство в стране высокотехнологичного оборудования. Эта проблема намного глубже и охватывает не только судостроительную отрасль. Средства, вложенные в развитие отечественного судостроения, могут привести к созданию новых и модернизации существующих верфей, размещению на них правительственных заказов, но не к реальной востребованности таких производств у российских и, тем более, зарубежных клиентов. В существующей рыночной экономике «молодым» российским производителям будет затруднительно конкурировать с дешевой рабочей силой из Азии и известными брендами Европы, меры же протекционизма не только неблагоприятно влияют на конкурентоспособность производств, но и значительно ограничены участием России в ВТО. Решением могла бы стать отмена таможенных пошлин для материалов и оборудования, ввозимых в РФ с целью переработки, и, возможно, создание благоприятных условий для переноса иностранными производителями высокотехнологичных производств в Россию. Однако данная тема слишком сложна и объемна, и ее бессмысленно рассматривать в рамках данной статьи.

Также важным является вопрос о сокращении периода регистрации судов в РМРС — согласно комментариям специалистов, время получения отдельных лицензий составляет до полугода в сравнении с несколькими неделями или даже днями для иностранных регистров. Понятно, что сложившаяся ситуация не слишком благоприятна для судовладельца и может привести к аресту судна — в случае истечения необходимой лицензии становится очень сложно своевременно пройти переосвидетельствование.

Административные барьеры

Последняя группа факторов, отрицательно влияющих на готовность судовладельцев помещать флот под флаг России, являет собой ряд административных барьеров, связанных с работой надзорных органов в сфере транспорта.

К примеру, одним из основных направлений развития морского транспорта в России является развитие судоходства по Северному морскому пути, в том числе между портами России. Тем не менее широко известна парадоксальная ситуация, сложившаяся с 2009 г. в портах Приморья. Суда, находящиеся под российским флагом, следующие из российского порта в российский порт, следуя сложившимся правилам судоходства в районе, вынуждены были неоднократно пересекать государственную границу РФ в пути следования. Такая ситуация привела к колоссальным штрафам для судовладельцев и капитанов по причине того, что суда пересекали границу вне установленных пунктов пропуска. Ситуация подробно рассмотрена, например, в [11]. Данный вопрос был вынесен на рассмотрение Правительства РФ лишь 1 ноября 2012 г. К чести российских чиновников, уже 3 ноября 2012 г. было дано соответствующее распоряжение «о внесении изменений в статью 9 Закона Российской Федерации “О государственной границе Российской Федерации” и статью 6 Федерального закона “О порядке выезда из Российской Федерации и въезда в Российскую Федерацию”» [12].

Протекционизм же в области морского судоходства является довольно спорной мерой. С одной стороны, ряд крупных стран применяет таковые для защиты отечественного перевозчика, с другой — результаты этих мер неоднозначны.

К примеру, США применяет квоты для американских судоходных компаний, выделяя так называемые «стратегические» грузы. Тем не менее некоторые эксперты отмечают падение качества перевозки и рост цен на нее, связанные с отсутствием на этом рынке здоровой конкуренции со стороны иностранных компаний.

По мнению автора, разумной мерой будет ввод квот на перевозку отечественных грузов на начальном этапе (особенно важно планируемое и предусмотренное освоение континентального шельфа [3]). Так как суда РМРС не имеют права на перевозку грузов между российскими портами, а экспорт нефти и нефтепродуктов, планируемых к получению из шельфовых месторождений, по сложившейся практике будет направлен за рубеж, такая мера позволит привлечь определенное количество компаний-судовладельцев. Тем не менее меры избыточного квотирования могут быть губительными для конкурентоспособности предприятий, поэтому имеет смысл в дальнейшем снижать квоту для отечественных перевозчиков, вплоть до полного от нее отказа. Квоты же на перевозку груза между российскими портами имеются уже сейчас: иностранному судну для осуществления перевозки из одного российского порта в другой требуется особое разрешение органов ФСБ [13; 14]. Данная мера привела к тому, что практически все грузоперевозки между морскими портами России осуществляются российскими судами.

Подводя итог вышеизложенному, можно заключить, что, несмотря на меры, принимаемые Правительством РФ по стимулированию развития отечественного флота, на сегодняшний день существует ряд факторов, негативно влияющих на достижение поставленных целей. В то же время изменение российских реалий для большего благоприятствования отечественным судовладельцам приведет к тому, что реформы, проводимые Правительством РФ, получат поддержку со стороны множества частных компаний. Своевременное обнаружение и устранение существующих экономических, юридических и административных барьеров должно стать одной из основных задач экспертов в области морского транспорта в ближайшие годы.

Список литературы

1. Материалы сайта Федеральной службы Государственной статистики РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/B09_55/IssWWW.exe/Stg/02-56.htm
2. Материалы сайта Федеральной службы Государственной статистики РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/B09_55/IssWWW.exe/Stg/02-57.htm

3. Паспорт Государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://base.garant.ru/1587083/>

4. Материалы Агентства экономической информации «Прайм» — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://www.1prime.ru/news/0/%7B8822760B-FCF1-4A3D-93A8-A38728B3FE0D%7D.uif>

5. Материалы сайта Федеральной службы Государственной статистики РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/B09_55/IssWWW.exe/Stg/02-56.htm

6. Материалы журнала «Регламент» — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: http://www.reglament.net/bank/credit/2007_4_article.htm

7. Материалы журнала «Энергия промышленного роста» — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://www.epr-magazine.ru/prompolitics/maintheme/shipbuilding/>

8. Материалы профсоюза работников водного транспорта — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://prwt.ru/news/ofshor-ili-trikolor.html>

9. Льготы, предоставляемые в отношении имущества, учитываемого на балансе организации-резидента особой экономической зоны // Налоговый вестник. — 2006. — № 4.

10. *Фалилеев П. А.* Соотношение общих и специальных правовых норм на примере гражданского и морского права (критика современного законодательства) / П. А. Фалилеев, В. Б. Козлов — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: http://www.fortisjuris.ru/FalileevPA_Publications/pbl2.htm

11. *Овчинников С. Н.* Пограничный контроль морских судов в Российской Федерации: законодательство и практика / С. Н. Овчинников — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://lexandbusiness.ru/view-article.php?id=478>

12. О внесении в Государственную Думу Федерального собрания Российской Федерации проекта федерального закона «О внесении изменений в статью 9 Закона Российской Федерации “О Государственной границе Российской Федерации” и статью 6 Федерального закона “О порядке выезда из Российской Федерации и въезда в Российскую Федерацию”»: Распоряжение от 3 ноября 2012 г. № 2056-р — [Электронный ресурс]. — Электрон дан. — Режим доступа: <http://government.ru/gov/results/21388/>

13. Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации. — Ст. 4.

14. Об утверждении порядка выдачи разрешения на осуществление перевозок и буксировки в каботаже, а также иных видов деятельности в области торгового мореплавания судами, плавающими под флагом иностранного государства: приказ Минтранса Рос. Федерации от 26 июля 2012 г. № 274.

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СУДОВ В ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОМ СУДОХОДСТВЕ

METHODOLOGY OF SUBSTANTIATION OF SCHEMES OF WORK ORGANIZATION OF SHIPS IN THE COMMERCIAL AND INDUSTRIAL SHIPPING

В статье рассматривается одно из направлений решения актуальной задачи по составлению графика (расписания) организации движения флота при ограничении по объему и характеру грузопотока, портов захода и условиям эксплуатации судов на данном направлении. Рассматриваемый в статье оптимальный график является условным, разработанным на основе статистических данных при оптимальном варианте движения флота. Предлагаемая методика позволяет при заданных интервалах погрузки судов, направлений, схем погрузки в портах и конкретных рейсах рассчитать число перестановок возможных вариантов схем загрузки судов.

This article examines one of the ways to solve the actual problem for scheduling the organization of movement of the fleet under the limitation in the scope and nature of cargo traffic, ports of call and conditions of operation of in this direction. The examined optimal schedule is conditional, developed on the basis of statistical data with the optimal variant of the fleet movement. The suggested method allows to calculate the number of possible variants of schemes of loading the vessel at specified intervals of loading, schemes of loading in ports and specific voyages.

Ключевые слова: грузоперевозки, речной и морской флот, последовательные рейсы, линейное судоходство, трамповое судоходство, торгово-промышленное судоходство.

Key words: shipping, inland and marine waterways, sustained voyages, liner shipping, tramp shipping, commercial and industrial shipping.

Из практики известно, что расстановка судов по направлениям и составление графика (расписания) являются одними из важнейших и наиболее сложных вопросов организации движения флота [1]. Известно, что работа по составлению графика начинается с изучения объема и характера грузопотока, портов захода и условий эксплуатации судов на данном направлении. В связи с этим в крупных транспортных организациях широко используются электронные базы данных по портам и судам.

В контексте настоящего исследования необходимо оговориться, что рассматриваемый оптимальный график является условным, разработанным на основе статистических данных. Он задает оптимальный вариант движения флота, который может быть положен в основу рациональной работы флота на направлении.

Анализируя эксплуатационную деятельность на направлении, можно определить, как изменяются показатели работы флота при введении фиксированного графика работы, составленного на основе среднестатистических данных с учетом оптимального распределения и направления грузопотока по портам назначения по распределению рассматриваемого грузопотока по портам выгрузки заданных направлений с учетом рассматриваемого месячного грузопотока для портов направления в период летней навигации.

Пусть ожидаемое месячное распределение грузопотока получит вид (табл. 1).

Таблица 1

Ожидаемое месячное распределение промышленного грузопотока на порты направления

Порты погрузки	Значения грузопотока по порам выгрузки, тыс. т							
	$j = 4$	$j = 5$	$j = 6$	$j = 7$	$j = 8$	$j = 9$	$j = 10$	$j = 11$
$j = 1$	1,0	1,0	3,2	1,0	11,4	9,2	1,0	22,2
$j = 2$	—	—	—	—	5,0	3,4	1,0	10,6
$j = 3$	—	—	—	—	—	6,0	—	4,0

Известно, что задачу составления графика работы можно считать решенной, если известна дата начальной (исходной) позиции судна и длительность всех последующих ходовых и стояночных рейсовых операций согласно принятой ротации заходов судов в порты [2].

Прежде всего на основе данных таблицы распределения грузопотоков по портам направления, а также исходя из возможностей портов погрузки определим схемы загрузки судов в течение месяца.

Пусть в среднем, в месяц на направление например: вводятся 8 судов, при этом исходя из возможностей портов схемы загрузки судов могут быть следующие: два судна с погрузкой в порту $j = 3$ и последующей догрузкой в порту $j = 1$; два судна с погрузкой в порту $j = 2$ и четыре судна с погрузкой в порту $j = 1$.

Анализируя возможности портов по обработке судов получаем определенные даты подачи судов под погрузку и догрузку до полных судовых партий, например:

1) порт $j = 3$ — 12–13-е число каждого месяца, погрузка 4,0 тыс. т строительных материалов назначением на порт $j = 11$; порт $j = 1$ — 13–18-е число каждого месяца догрузка до 10,0 тыс. т тех. имуществом;

2) порт $j = 2$ — 26–28-е число каждого месяца, погрузка 6,0 тыс. т строительных материалов назначением на порт $j = 9$; порт $j = 1$ — 29–2-е число каждого месяца, догрузка до 10,0 тыс. т тех. имуществом.

Принимая во внимание достигнутую интенсивность погрузки по портам, а также используя принцип регулярности отправок, получаем следующие интервалы погрузки судов полными судовыми партиями (без последующей догрузки):

1) порт $j = 1$: 29–6, 7–14, 15–21, 22–28-е число каждого месяца;

2) порт $j = 2$: 26–10-е, 11–25-е число каждого месяца.

На основе решения задачи по определению минимума целевой функции:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m q_{ij} \cdot x_{ij} = Q_j^{\text{мес}}; \quad j = \overline{1, n}; \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot x_{ij} \leq P_i; \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{— партия груза погружена,} \\ 0 & \text{— партия груза не погружена;} \end{cases} \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где x_{ij} — булева переменная, принимающая значение 1 в случае, если на судно i погружена партия груза, назначение на порт j , и значение 0 — в противном случае;

r_{ij} — затраты, связанные с заходом i -го судна в j -й порт (финансовые, временные и пр., как определяется постановкой задачи);

q_{ij} — величина партии промышленного груза, погруженной на i -е судно назначением на j -й порт;

$Q_{j \text{ мес}}$ — месячная потребность в промышленном грузе (могут рассматриваться иные временные интервалы) в j -м пункте;

P_i — максимальное количество груза, которое может быть загружено на i -е судно.

Определяем такой состав схем движения судов в течение планируемого периода, при котором достигаются минимальные затраты, связанные с числом заходов в порты выгрузки.

Получаем распределение грузопотоков по схемам работы судов рассматриваемого направления, например (табл. 2).

Таблица 2

Распределение промышленных грузопотоков по схемам работы судов

Даты	Порты погрузки	Количество груза по портам выгрузки, тыс. т							
		$j = 4$	$j = 5$	$j = 6$	$j = 7$	$j = 8$	$j = 9$	$j = 10$	$j = 11$
12–13, 13–18	$j = 3, j = 1$	1,0					9,0		
26–28, 29–2	$j = 2, j = 1$				1,0	4,0			5,0
26–10	$j = 2$					5,0			5,0
11–25	$j = 2$						3,4	1,0	5,6
29–6	$j = 1$			1,6		3,4			5,0
7–14	$j = 1$						3,4	1,0	5,6
15–21	$j = 1$			1,6			2,8		5,6
22–28	$j = 1$		1,0			4,0			5,0

При необходимости для обеспечения месячного грузопотока можно осуществить 22 захода в порты выгрузки. Рассмотрим более детально смысл полученных схем работы. Прямая зависимость между интенсивностью обработки и количеством груза на судах позволяет сделать заключение о необходимости увеличения партионности отправок, например в порты $j = 8, j = 9$, а следовательно, и целесообразности уменьшения общего числа заходов при обеспечении месячного объема промышленных перевозок на направлении. Исходя из этого, покажем, что схема рейса любого судна не должна превышать трех портов выгрузки. Предположим, что существует необходимость включения в схему i -го судна четырех портов выгрузки. Рассмотрим все возможные варианты загрузки этого судна.

Ограничения по осадке в порту $j = 11$ позволяют грузить судно в среднем до 5,6 тыс. т. Месячный объем перевозок на факультативные порты не превышает 3,2 тыс. т (по порту $j = 6$, см. табл. 1).

Исходя из этого, максимальная загрузка i -го судна по схеме «факультативный порт–порт $j = 11$ » составит 8,8 тыс. т, а для погрузки судна до полной вместимости в эту схему необходимо включить промежуточный порт $j = 8$ или $j = 9$, объемы грузов на которые особенностями портов не ограничены. Тогда для загрузки судна на четыре порта должна существовать потребность включения в схему двух факультативных портов. Это возникает только в случае, когда число факультативных портов (m) больше количества схем движения (n) в месячном интервале. А так как в рассматриваемых месячных графиках работы направления $m = 5$, а $n = 8$, то, следовательно, необходимости включения в схему i -го судна четырех портов выгрузки нет. Это же положение при прочих равных условиях будет соблюдаться при $m \leq 8$.

Число схем, включающих три порта выгрузки по принципу «факультативный порт–промежуточный порт–порт $j = 11$ », равно:

$$\min \left\{ m; Q_{j=11} / q_{ij}^{\max} \right\}, \quad (4)$$

где $Q_{j=11}$ — месячный грузопоток на порт $j = 11$, тыс. т; $q_{ij}^{\max}$ — максимальное количество груза, отгружаемое на судно назначением в j -й порт, тыс. т.

Число схем с двумя портами выгрузки равно:

$$\left| m - Q_{j=11} / q_{ij}^{j=11} \right|. \quad (5)$$

Число схем с одним портом выгрузки соответственно равно:

$$n - \max \left\{ m; Q_{j=11} / q_{ij}^{\max} \right\}. \quad (6)$$

Известно, что организация работы судов на направлении требует равномерного поступления судов в порты выгрузки [3]. Для этой цели необходимо равномерное распределение отправок на каждый порт в течение месяца.

Рассмотрим обоснование ходовых и стояночных составляющих рейсов судов по предложенным схемам работы. В тех случаях, когда судозаходы в порты носят единичный характер, в качестве нормативных значений по обработке судов в этих портах целесообразно принимать средние значения интенсивности обработки. Нормативные значения скорости хода определяются в зависимости от технико-эксплуатационных характеристик судов, занятых на направлении (по ведущимся электронным базам данных судов). Эти величины служат для расчета затрат ходового времени по участкам полученных схем движения. Возможные отклонения в затратах времени от принятых значений, как показывает практика, крайне незначительны.

Таким образом, получена нормативная база для составления графика работы флота на направлении, определенная на основе среднестатистических данных в тех случаях, когда число наблюдений ограничено либо когда возможные отклонения фактических величин носят незначительный характер и оказывают несущественное влияние на результаты рейса в целом. Необходимо отметить, что полученные значения могут также являться нормативной базой для оперативного регулирования промышленных перевозок на направлении, что позволяет придать графику работы флота гибкий характер, отражающий реально складывающуюся обстановку в портах.

Анализ аналитических форм зависимостей для интенсивности обработки показал, что для ряда портов это значение обратно пропорционально общему числу судов направления, находящихся в портах. Логично заключить, что чем больше судов находится в порту, тем дольше время ожидания постановки к причалу. Там, где возможности порта для обработки судов больше, степень влияния возрастающего числа судов на уменьшение интенсивности грузовых работ ниже. Это позволяет сделать **вывод**, что можно добиться такой ритмичности отправок, при которой число судов, одновременно выгружающихся в портах, было бы минимально. Это влияет на возрастание значения интенсивности обработки судов и, следовательно, воздействует на рост показателей работы флота на направлении в целом.

Исходя из этого, схемам работы судов на направлении можно задать такой порядок, при котором время выгрузки в рассматриваемых портах было бы минимальным. Решению поставленной задачи соответствует оптимальное значение следующего критерия:

$$\sum_{i=1}^I \left(T_i^{\text{погр}} + \sum_{\ell=1}^L T_{i\ell}^x + \sum_{j=1}^J T_{ij} \right) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где I — число судов, работающих на направлении в течение планируемого периода (месяца);
 $T_i^{\text{погр}}$ — время погрузки i -го судна, получаемое на основе интервалов обработки судов по каждому порту;

$T_{i\ell}^x$ — среднестатистическое время перехода i -го судна на ℓ -м участке перехода;

T_{ij} — время обработки i -го судна в j -м порту, равно Q_{ij} / x_j ;

Q_{ij} — количество груза на i -м судне для выгрузки в j -м порту;

x_j — интенсивность обработки в j -м порту, полученная на основе аналитических форм зависимостей, либо среднестатистическая.

В общем случае показатель χ_j является комплексным, его аналитическая форма требует уточнения.

Очевидно, что время обработки (фактически — время пребывания) судна в порту T_{ij} зависит от показателя $t_{гр}$ — времени на грузовое обслуживание, а также от времени технических (t_t) и технологических ($t_{техн}$) операций, несовместимых (непараллельных) с перегрузочным процессом:

$$T_{ij} = t_{гр\ ij} + t_{т\ ij} + t_{техн\ ij}. \quad (8)$$

В общем случае время грузового обслуживания судна определяется по формуле

$$t_{гр\ ij} = Q_{ij} / \Pi_{пр\ j}, \quad (9)$$

где $\Pi_{пр\ j}$ — пропускная способность причала.

Величина технических операций включает время на постановку к причалу (швартовку) и уборку (отшвартовку), подготовку перегрузочного процесса (сосредоточение средств механизации, средств сепарации, крепления, подготовку грузовых помещений и пр.). Время технических операций устанавливается для каждого порта отдельно на основе хронометражных наблюдений.

В состав технологических операций входит ожидание судами грузового обслуживания. Возникновение ожиданий грузового обслуживания обуславливается главным образом наличием отклонений в выполнении прогнозируемых норм ходового времени (опоздания и опережения графика), что вызывает несогласованность в готовности складов, в подходах железнодорожного подвижного состава и автомобильной техники грузоотправителей (грузополучателей). Ожидание, кроме того, вызывается недостаточной организацией рейдового обслуживания.

Для регулярных судопотоков технологические операции будут отсутствовать, если процесс поступления судов стационарный.

Для простейших судопотоков с функцией распределения числа судов, прибывающих в интервале $(0, t)$ пуассоновского вида, величина технологических операций является функцией плотности входящего судопотока и пропускной способности портов.

Среднее время ожидания каждым типом судна грузовой обработки $t_{техн}$ целесообразно определять по формуле

$$t_{техн} = f \cdot a_{I(II)} \varphi \cdot \gamma_{ож} t_{гр}, \quad (10)$$

где f — коэффициент, учитывающий влияние фазности обслуживания:

$$f = (k_{\phi} + 1) / 2k_{\phi}, \quad (11)$$

k_{ϕ} — номер фазы обслуживания ($k_{\phi} = 1, 2, 3, \dots$). Для однофазного и первой фазы обслуживания (только погрузки или только выгрузки) $f = 1$, для второй фазы обслуживания (погрузка после своей выгрузки) $f = 0,75$ [4];

a_1 — коэффициент, учитывающий сокращение времени ожидания судов, обрабатываемых, как правило, в первую очередь (с приоритетом, например с опасными грузами):

$$a_1 = (1 - \tau) / (1 - b\tau); \quad (12)$$

τ — коэффициент использования причалов:

$$\tau = n_j \cdot \alpha_j; \quad (13)$$

$\alpha_j = \lambda_j \cdot t_{гр\ ij}$ — коэффициент относительной плотности судопотока;

λ_j — средняя частота (плотность) поступления в порт судов;

n_j — количество причалов в порту;

b — коэффициент, представляющий отношение плотности поступления судов первой группы λ_1 к общей плотности судопотока обслуживания ($\lambda_1 + \lambda_{II}$);

a_{II} — коэффициент, учитывающий увеличение времени ожидания судов второй группы (обрабатываемых во вторую очередь):

$$a_{II} = 1/(1 - b \tau); \quad (14)$$

φ — коэффициент, учитывающий вариацию интервала поступления и времени обработки судов:

$$\varphi = (v_{II}^2 + v_0^2)/2; \quad (15)$$

v_{II}, v_0 — соответственно коэффициенты вариации интервала поступления судов и времени грузового обслуживания

$$v_{II} = \sigma_{II}/t_{II}, \quad v_0 = \sigma_{гр}/t_{гр}; \quad (16)$$

$\sigma_{II}, \sigma_{гр}$ — соответственно среднее квадратичное отклонение поступления судов и времени погрузки (выгрузки);

$t_{II}, t_{гр}$ — соответственно средние интервал поступления судов и время погрузки (выгрузки);

$\gamma_{ож}$ — среднее относительное ожидание причалов всеми судами.

В общем виде $\gamma_{ож} = t_{гр}/t_{II}$. Среднее относительное ожидание целесообразно определять по формуле

$$\gamma_{ож} = \alpha^n / \left[(n-1)!(n-\alpha)^2 \sum_{k=0}^{n-1} [1/k! \alpha^n + (n-\alpha)\alpha^n] \right]; \quad (\alpha \leq n), \quad (17)$$

где n — число причалов; k — признак причала; α — коэффициент относительной плотности судопотока.

В случае пачкообразного прибытия судов в порт выгрузки (при введении режима плавания, предусматривающего выполнение перевозок в составе конвоев) возможны два варианта соотношения числа судов, прибывших для выгрузки и количества пригодных причалов.

Для случая, когда количество судов в конвое равно или превышает количество пригодных причалов ($m \geq n$):

$$\gamma_{ож} = \frac{\sum_{k=0}^{n-1} [k(k-n)(\alpha+k-1)!/(\alpha-1)k!]}{\sum_{k=0}^{n-1} [(k-n)(\alpha+k-1)!/(\alpha-1)k!]} - \frac{m+1}{2(m\alpha-m)} - 1, \quad (18)$$

где m — число прибывающих судов.

Для случая, когда число причалов больше количества прибывающих судов ($m < n$):

$$\gamma_{ож} = \frac{\sum_{k=0}^{n-1} k(k-n) \left[\frac{(\alpha+k-1)!}{(\alpha-1)k!} - \frac{\alpha}{k} \cdot \frac{(\alpha+k-m-2)!k(k-1)\dots(k-m)}{(\alpha-1)k!} \right]}{m\alpha \sum_{k=0}^{n-1} (k-n) \left[\frac{(\alpha+k-1)!}{(\alpha-1)k!} - \frac{\alpha}{k} \cdot \frac{(\alpha+k-m-2)!k(k-1)\dots(k-m)}{(\alpha-1)k!} \right]} - \frac{m+1}{2(m\alpha-n)} - 1. \quad (19)$$

Очередь не будет расти бесконечно, если будет соблюдаться условие:

$$\alpha \leq n/m. \quad (20)$$

В табл. 3 приведены выведенные из (19) формулы расчета $\gamma_{ож}$ для случаев одновременного прихода в порт (портопункт) 1–5 судов при наличии 1–3 причалов для их обработки.

Одновременно представляется целесообразным определить длину очереди как показатель, с помощью которого легко оценить качество работы порта погрузки (выгрузки). Известно, что в общем виде длина очереди судов ($L_{оч}$) зависит от средней продолжительности ожидания грузового обслуживания ($t_{ож}$) и средней интенсивности входящего судопотока (λ) и определяется по формуле

$$L_{оч} = t_{ож} \cdot \lambda. \quad (21)$$

Таблица 3

Формулы расчета среднего относительного ожидания причала $\gamma_{ож}$

Количество судов	Количество причалов		
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$
$m = 1$	$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$	$\frac{\alpha^2}{4 - \alpha^2}$	$\frac{\alpha^3}{18 + 6\alpha - \alpha^2 - \alpha^3}$
$m = 2$	$\frac{1 + 4\alpha}{2 - 4\alpha}$	$\frac{4\alpha^2 + 5\alpha}{8 - 4\alpha - 4\alpha^2}$	$\frac{4\alpha^3 + 13\alpha + 3\alpha}{36 + 6\alpha - 14\alpha^2 - 4\alpha^3}$
$m = 3$	$\frac{1 + 3\alpha}{1 - 3\alpha}$	$\frac{9\alpha^2 + 15\alpha + 2}{12 - 12\alpha - 9\alpha^2}$	$\frac{3\alpha^3 + 12\alpha^2 + 9\alpha}{18 - 3\alpha - 12\alpha^2 - 3\alpha^3}$
$m = 4$	$\frac{3 + 8\alpha}{2 - 8\alpha}$	$\frac{8\alpha^2 + 15\alpha + 3}{8 - 12\alpha + 8\alpha^2}$	$\frac{8\alpha^3 + 35\alpha^2 + 34\alpha + 3}{36 - 18\alpha - 34\alpha^2 - 8\alpha^3}$
$m = 5$	$\frac{2 + 5\alpha}{1 - 5\alpha}$	$\frac{25\alpha^2 + 50\alpha + 12}{20 + 40\alpha - 25\alpha^2}$	$\frac{25\alpha^3 + 115\alpha^2 + 126\alpha + 18}{90 - 75\alpha - 110\alpha^2 - 25\alpha^3}$

Среднюю продолжительность ожидания грузового обслуживания можно определить по формуле

$$t_{ож} = \gamma_{ож} \cdot t_{гр},$$

а среднюю интенсивность входящего судопотока в виде формулы

$$\lambda = \alpha / t_{гр}.$$

Подставляя значения в формулу (21), получаем

$$L_{оч} = \alpha \cdot \gamma_{ож}. \quad (22)$$

Используя выражение $\alpha = n \cdot \tau$ и выполнив подстановку значения α в формулу (23), получим зависимость длины очереди от числа причалов, коэффициента их использования и относительно-го ожидания грузового обслуживания:

$$L_{оч} = n \cdot \tau \cdot \gamma_{ож}. \quad (23)$$

С учетом ранее принятых обозначений, а также формулы (10) можем записать выражение для расчета длины очереди судов:

$$L_{оч} = n \tau f a_{I(II)} \phi \gamma_{ож}, \quad (24)$$

где τ — коэффициент использования причалов;

f — коэффициент, учитывающий влияние фазности обслуживания;

ϕ — коэффициент, учитывающий вариацию интервала поступления и времени обработки судов.

Выше были получены интервалы времени для погрузки судов в портах $j = 1, 2, 3$, исходя из возможностей портов с учетом работы судов других направлений, а также используя принцип равномерности отправок. Теоретически возможна любая перестановка схем работы судов на направлении (табл. 2) по указанным позициям, кроме того, отсутствие принципа равномерности от-ходов, то есть задание произвольной периодичности интервалов отходов судов, влечет за собой появление значительного числа рассматриваемых вариантов графика. В данном конкретном слу-

чае, когда заданы интервалы погрузки судов направления, а по схеме погрузки в портах $j = 3, 1$ определены конкретные рейсы, рассчитаем число перестановок возможных вариантов схем загрузки судов.

Число возможных сочетаний из n элементов определяется по формуле $P_n = n!$. Как отмечалось, загрузка судов по схеме $j = 3, 1$ носит фиксированный характер. При погрузке судов в порту $j = 2$ число схем загрузки $n = 2$ (см. табл. 2), $P_{j=2} = 2$, а при погрузке судна только в порту $j = 1$, $n = 4$ и $P_{j=4} = 24$. Общее число сочетаний (перестановок) возможных схем движения $P = P_{j=2} \cdot P_{j=4} = 48$. Таким образом, для нахождения оптимального графика работы флота на направлении необходимо рассмотреть 48 вариантов. Очевидно, что для этих целей целесообразно привлечение средств вычислительной техники.

Список литературы

1. Kendall L. C. The Business Of Shipping / L. C. Kendall. — Cambridge: Cornell Maritime Press, Inc., 1983.
2. Капитанов В. П. Развитие математической модели оптимизации схем движения линейных судов / В. П. Капитанов // Экономика и эксплуатация морского транспорта: сб. науч. тр. ОИИМФ. — М.: Рекламбюро ММФ, 1975.
3. Магамадов А. Р. Вопросы повышения эффективности взаимодействия предприятий морского транспортного узла при оперативном управлении / А. Р. Магамадов. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1978.
4. Методическое руководство по разработке графика движения флота с применением электронных вычислительных машин. — М.: Транспорт, 1970.

УДК 656.615

К. М. Семенов,
аспирант,

Балтийская государственная
академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВПО «Калининградский
государственный технический университет»

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТУПЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В МОРСКОЙ ПОРТ

STOCHASTIC MODEL OF TRANSPORT STREAMS MOVING THROUGH SEAPORT

Деятельность порта в значительной степени зависит от поступающих в него потоков грузов и транспорта, характеристики которых, как правило, являются случайными параметрами. Представленная в статье модель основана на оценке динамики интенсивности нестационарного транспортного потока с последующим применением корреляционно-регрессионного анализа и последующим исследованием характеристик случайной функции, описывающей интервалы между отдельными судозаходами с помощью метода наибольшего правдоподобия. На практике модель может использоваться для обоснования

управленческих решений как на стратегическом, так и на тактическом уровне, оценки эффективности инвестиционных проектов по развитию портов и терминалов. Помимо этого, изложенные в статье методы применимы при разработке имитационных моделей морских транспортных узлов.

The port is heavily dependent on the incoming flow of goods and transport, the characteristics of which, as a rule, are random. Model presented in the article is based on an assessment of intensity dynamics of the non-stationary traffic flow with after-effect using correlation and regression analysis and subsequent study of the characteristics of a random function describing the intervals between individual ship calls using the method of maximum likelihood. In practice, the model can be used for evaluation of decisions at strategic and tactical level and investment projects for the development of ports and terminals. In addition, the methods described in the article are applicable to simulation models of sea transport hubs.

Ключевые слова: транспортный поток, морской порт, стохастическая модель, вероятностная модель, управление портом, судозаходы, нестационарный поток, поток с последствием.

Key words: traffic flow, seaport, stochastic model, probabilistic model, port, ship calls, non-stationary flow, flow with aftereffect.

ПОТОКИ грузов и транспорта являются ключевым элементом внешней среды порта, наличие которых есть необходимое условие осуществления им непрерывной деятельности по перевалке, обработке и хранению различных грузов. Поэтому от характеристик транспортных потоков, в частности от их интенсивности, стабильности и тенденций, напрямую зависит общая загруженность порта и, как следствие, эффективность и равномерность использования всех его ресурсов.

Исследование грузопотоков и разработка их математических моделей позволяют существенно увеличить эффективность управления портом и его ресурсами как на стратегическом, так и на тактическом и оперативном уровнях. При этом ключевую роль в таком исследовании должны играть стохастические модели, которые позволяют учесть фактор неопределенности и охарактеризовать его влияние на деятельность порта по обслуживанию грузопотоков.

В качестве основных характеристик потока транспорта следует рассматривать как его интенсивность (среднее количество судов, заходящих в порт в единицу времени), так и распределение груза по транспортным единицам (судам, вагонам, автомашинам). Располагая информацией об этих параметрах, можно моделировать деятельность порта или терминала по перевалке и хранению грузов.

Поток транспорта оказывает существенное влияние на работу порта. Так, на основании заблаговременно подаваемых капитанами судов нотисов об ожидаемом времени прибытия порт планирует их обслуживание, погрузочно-разгрузочные операции, внося соответствующую информацию в месячные и декадные графики, выделяет необходимые ресурсы. Персонал порта стремится упорядочить обработку судов с целью обеспечения наиболее эффективной работы и использования ресурсов, но применение традиционных методов управления не позволяет полностью нивелировать влияние фактора случайности судозаходов на его деятельность. В связи с этим актуальной является задача разработки научных методов и моделей для оценки вероятностных параметров потоков судов и связанных с ними грузопотоков, что позволит, впоследствии существенно снизить уровень неопределенности.

Некоторые авторы, исследовавшие поток судов и вагонов [9, с. 347–349; 3, с. 22], приходят к выводу о том, что он является пуассоновским, следовательно, интервал между судозаходами подчиняется экспоненциальному распределению с плотностью:

$$f(t_c) = \lambda e^{-\lambda t_c}. \quad (1)$$

Однако представленный ими материал является недостаточным для построения достоверной модели и, тем более, однозначного выбора именно пуассоновского потока. Поэтому необходимо более глубоко изучить сущность, характеристики и особенности транспортных потоков, а также проверить выдвинутую авторами гипотезу. Как известно, пуассоновский поток является стационарным, ординарным и не имеет последствия.

Если же суда работают на линии, то время их захода в порт известно с определенной точностью, что говорит о наличии последействия. Тем не менее не исключается действие неблагоприятных случайных факторов, которые могут привести к задержке прибытия судна, а также возможность относительно небольших отклонений от графика. Кроме того, если порт связан с морскими путями подходным каналом, движение по которому особым образом регламентируется (например, движение караванами), это также может вызвать последствие. Его можно учесть, определяя интервал между судозаходами по закону Эрланга [6, с. 137–144] с плотностью

$$f(t_{\text{с.п}}) = \frac{\lambda \cdot (\lambda t_{\text{с.п}})^{r-1} e^{-\lambda t_{\text{с.п}}}}{(r-1)!}, \quad (2)$$

где $t_{\text{с.п}} \geq 0$ — интервал между заходами судов для потока с последствием;

λ — интенсивность потока судов;

r — порядок распределения Эрланга ($r \in N$, N — множество натуральных чисел).

Чем больше порядок распределения Эрланга, тем больше последствие потока. При $r = 1$ распределение сводится к экспоненциальному.

Для более точного моделирования последствия удобно применять гамма-распределение, так как в этом случае r может быть вещественным числом:

$$f(t_{\text{с.п}}) = \frac{\lambda \cdot (\lambda t_{\text{с.п}})^{r-1} e^{-\lambda t_{\text{с.п}}}}{\Gamma(r)}, \quad (3)$$

где $\Gamma(r)$ — гамма-функция [4, с. 356].

С другой стороны, для трамповых судов невозможно предсказать время прибытия до подачи соответствующего нотиса, поэтому заход судов можно с известным приближением рассматривать как пуассоновский.

Интенсивность грузопотоков, поступающих в морской порт, в общем случае непостоянна и может изменяться как в силу различных причин, обусловленных влиянием факторов внешней среды, так и вследствие их выраженной периодичности, в частности сезонности, а значит, транспортный поток, прибывающий в порт, нельзя считать стационарным. Исключением являются случаи, когда колебания грузопотоков настолько малы, что ими можно пренебречь, либо когда рассматривается относительно небольшой интервал времени, за который не может быть существенных колебаний интенсивности. Учитывая, что в настоящей работе ставится задача создания имитационной модели, пригодной для анализа инвестиционных проектов портового строительства, а также обоснования стратегий развития портов, нам необходимо обязательно учитывать изменчивость интенсивности потоков грузов и транспорта.

Учитывая рассмотренные выше свойства потока судов, примем гипотезу о том, что интервалы между их заходами подчинены экспоненциальному либо гамма-распределению, но интенсивность λ будем считать переменной. Тогда для корректного моделирования потока судов необходимо выполнить следующие действия:

- 1) собрать статистические данные о заходе судов в порт за определенный промежуток времени и сгруппировать их по грузопотокам и направлениям перевозки;
- 2) разбить рассматриваемый промежуток времени на интервалы и для каждого из них рассчитать интенсивность потока судов как отношение количества судозаходов за интервал к его продолжительности (позволяет увидеть явную и стабильную динамику);
- 3) определить функцию, характеризующую с достаточной точностью зависимость интенсивности потока судов от времени;
- 4) оценить степень последствия случайных судозаходов (параметр r в формулах (2) и (3));
- 5) проверить статистическую гипотезу о соответствии эмпирических данных выбранным распределениям с помощью критериев согласия;
- 6) ввести полученные данные в имитационную модель.

Что касается потоков вагонов и автомашин, то для их исследования необходимо использовать иной алгоритм, поскольку ввиду их небольшой вместимости по сравнению с вместимостью судов моменты их прибытия или подачи зависят от моментов судозаходов. Этот алгоритм будет нами представлен при рассмотрении проблем слияния и разбиения потоков, а также взаимодействия видов транспорта в рамках виртуальной модели.

Статистические данные должны характеризовать заходы судов одного типа, перевозящих определенный вид груза и обрабатываемых на одном или на нескольких терминалах (перегрузочных комплексах) с одинаковым оборудованием и схемами механизации. Выборка должна быть достаточно большой для качественного статистического анализа. Кроме того, она должна охватывать промежуток времени, сопоставимый по продолжительности с плановым периодом (если результаты моделирования будут использоваться для целей стратегического планирования) либо с периодом реализации инвестиционного проекта в порту.

Разбиение на интервалы осуществляется для оценки динамики интенсивности потока, поэтому количество судозаходов за каждый интервал должно быть таким, чтобы эту динамику можно было проследить. Следовательно, чем медленнее меняется интенсивность с течением времени, тем больше судозаходов должно быть в одном интервале. С другой стороны, чрезмерное укрупнение интервалов приведет к потере важной информации о динамике интенсивности. Поскольку единого метода разбиения не существует, в каждом случае в качестве интервала будем рассматривать неделю, месяц, квартал или полугодие в зависимости от объема выборки.

Изучение функции интенсивности от времени по эмпирическим данным удобно проводить с применением корреляционно-регрессионного анализа. При этом можно использовать как значения интенсивности по выбранным интервалам времени, так и ее значения для каждой пары «соседних» судозаходов (в этом случае она является величиной, обратной интервалу между ними). Если линейная функция недостаточно точно характеризует изменение интенсивности, можно использовать различные линеаризующие преобразования [7, с. 648–649]. Регрессионный анализ позволит выявить некоторые параметры функции, а также выбрать ее тип из конечного множества возможных типов. Данное множество формируется на основе внешнего вида зависимости интенсивности от времени и дополнительной информации о порте или терминале. Так, если грузопотоки имеют сезонный характер, то есть основания предполагать наличие синусоидальной зависимости интенсивности от времени. Линейные функции описывают стабильный подъем или спад деятельности. Кроме того, активность порта может асимптотически приближаться к уровню его реального рыночного потенциала, что можно описать с помощью гиперболы.

В качестве альтернативы корреляционно-регрессионного анализа также используют методы, основанные на нейронных сетях, но они являются более трудоемкими и не всегда позволяют получить более точные результаты [1, с. 9–30; 2, с. 503–523].

Получив функцию интенсивности, можно перейти к анализу нестационарного потока судов. Для достоверной оценки степени последствия будем считать, что интервалы между судозаходами характеризуются гамма-распределением (2). Простая подстановка $\lambda = \lambda(t)$ приведет к систематической ошибке, поскольку за интервал между судозаходами λ изменяется. Поэтому при моделировании нестационарных потоков используется «ведущая функция» $\Lambda(t)$, равная математическому ожиданию числа событий в промежутке $[0, t)$ [10, с. 191]:

$$\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(t) dt. \quad (4)$$

Аналогично в промежутке от t до $t + \Delta t$:

$$\Lambda_{t_0, t_0 + t} = \int_{t_0}^{t_0 + t} \lambda(t) dt. \quad (5)$$

Тогда для пуассоновского нестационарного потока судов плотность распределения интервалов между судозаходами определяется следующим образом:

$$f(t) = F'(t) = \left(1 - e^{-\Lambda_{t_0, t_0+t}}\right)' = - \left(e^{-\int_{t_0}^{t_0+t} \lambda(u) du} \right)' = \Lambda'(t_0+t) e^{-\int_{t_0}^{t_0+t} \lambda(u) du} = \lambda(t_0+t) e^{-\Lambda_{t_0, t_0+t}}. \quad (6)$$

Если интервал подчиняется гамма-распределению, то его плотность вероятности для нестационарного потока определяется аналогично:

$$f(t_{c,l}) = \frac{\lambda(t_0 + t_{c,l}) \cdot (\Lambda_{t_0, t_0+t_{c,l}})^{r-1} e^{-\Lambda_{t_0, t_0+t_{c,l}}}}{\Gamma(r)}. \quad (7)$$

Если мы предполагаем, что интервалы между судозаходами подчиняются экспоненциальному распределению, то после определения интенсивности потока судов мы можем непосредственно перейти к проверке этой статистической гипотезы. Однако при выборе в пользу гамма-распределения необходимо также оценить параметр r , характеризующий последствие потока. Как правило, для нахождения параметров используются методы моментов и наибольшего правдоподобия [8, с. 303–307]. Оба метода дают одну формулу оценки r при известном λ [4, с. 356]:

$$r = \lambda \bar{t}, \quad (8)$$

где $\bar{t}$ — выборочное среднее (средний интервал между судозаходами).

Однако в нашем случае $\lambda = \lambda(t)$, поэтому мы не можем применить формулу (8) напрямую. С другой стороны, можно показать, что максимум функции правдоподобия для распределения с плотностью (7) достигается при условии

$$\psi(r) = \sum_{i=1}^N \ln \Lambda_{t_0, t_0+t_i}, \quad (9)$$

где $\psi(r) = \Gamma'(r) / \Gamma(r)$ — дигамма-функция; N — объем выборки.

С другой стороны, если за интервал между судозаходами интенсивность меняется незначительно, можно принять

$$\Lambda_{t_0, t_0+t_{c,l}} \approx \lambda(t_0 + t_{c,l}) \cdot t_{c,l}. \quad (10)$$

Тогда r можно оценить по методу моментов на основе формулы (8). Поскольку математические ожидания интервалов между одновременными судозаходами в нестационарном потоке не равны, выборочную среднюю следует рассчитать по откорректированным интервалам, приведенным к одному значению интенсивности, то есть

$$r = \lambda_0 \sum_{i=1}^N t_i \frac{\lambda(t_0 + t_i)}{\lambda_0} = \sum_{i=1}^N \lambda(t_0 + t_i) \cdot t_i. \quad (11)$$

Очевидно, оценка r по формуле (9) в среднем будет давать более точный результат. В то же время расчет дигамма-функции достаточно сложен и обычно осуществляется с применением различных аппроксимаций. Поэтому лучше всего произвести расчеты, используя оба метода, а затем выбрать более точный результат. Поскольку переменная интенсивность затрудняет использование методов, основанных на разбиении множества эмпирических данных на интервалы либо на расчете эмпирической функции распределения, при выборе конкретного распределения можно, например, руководствоваться значением функции правдоподобия.

Разработанная нами программа BaltInLog PortInvest, предназначенная для создания и испытания имитационных моделей портов и терминалов, имеет встроенный редактор случайных функций, описание процесса судозаходов в котором будет примерно следующим: Gamma(2.67,1/(20+sin(46*simtime))) (цифры приведены в качестве примера; переменная simtime всегда равна текущему модельному времени). Недостатком редактора является возможность использования только встроенных распределений случайных величин, параметры которых используются в чистом виде,

поэтому ввести интегральную «ведущую функцию» (5) не получится. Для этого нужна поддержка пользовательских распределений с произвольными параметрами.

Получение в программе случайных величин с заданным законом распределения осуществляется в общем случае с помощью метода обратного (функционального) преобразования [4, с. 505–510], включающего следующие шаги:

- 1) получить обратную функцию распределения $F^{-1}(U)$;
- 2) генерировать U как равномерную случайную величину на интервале $(0, 1)$;
- 3) получить $X = F^{-1}(U)$;

Экспоненциальное распределение позволяет непосредственно использовать метод. Величину, распределенную по закону Эрланга, можно определить как сумму экспоненциально распределенных величин. Гамма-распределение выражается через неполную гамма-функцию [5, с. 214], которую невозможно выразить с помощью элементарных функций, поэтому здесь нужен иной метод, который подробно рассмотрен в [4, с. 530–531].

Описанная в статье стохастическая модель транспортных потоков может широко применяться в практике управления деятельностью порта. На стратегическом уровне она позволит более эффективно решать задачи развития его перегрузочных комплексов, с высокой точностью определять реальные потребности порта в оборудовании и трудовых ресурсах для погрузочно-разгрузочных и складских работ, оценивать необходимую для обслуживания судов длину причала, а также вместимость складов. Другой сферой применения модели является разработка комплексных имитационных моделей, которые используются как при изучении будущих и вероятных условий деятельности порта (путем моделирования работы порта в этих условиях на ЭВМ с последующей статистической обработкой результатов испытаний) и при оценке возможных последствий и результатов управленческих решений разного уровня, так и в учебном процессе для наглядной демонстрации работы морских транспортных узлов.

Список литературы

1. Li J. Forecasting tanker freight rate using neural networks / J. Li, M. G. Parsons // *Maritime Policy and Management*. — 2007.
2. Barros C. P. Productivity analysis of Brazilian seaports / C. P. Barros, A. Felicio, R. L. Fernandes // *Maritime Policy & Management*. — 2012.
3. Воевудский Е. Н. Стохастические модели в проектировании и управлении деятельностью портов / Е. Н. Воевудский, М. Я. Постан. — М.: Транспорт, 1987. — 318 с.
4. Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2004. — 847 с.: ил.
5. Кендалл М. Дж. Теория распределений / М. Дж. Кендалл, А. Стюарт. — М.: Наука, 1966. — 588 с.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / пер. с англ. И. И. Глушко; ред. В. И. Нейман. — М.: Машиностроение, 1979. — 432 с.: ил.
7. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.
8. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов / Н. Ш. Кремер. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. — 573 с.
9. Фролов А. С. Организация, планирование и технология перегрузочных работ в морских портах: учебник для высш. учеб. завед. ММФ / А. С. Фролов, П. В. Кузьмин, А. В. Степанец. — М.: Транспорт, 1979. — 408 с.
10. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / А. Я. Хинчин. — М.: Физматгиз, 1963. — 236 с.

УДК 65.012:656

Т. Н. Тимченко,
канд. экон. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СУДОХОДНЫМИ КОМПАНИЯМИ МОРСКОЙ КОРПОРАЦИИ ПО УПРАВЛЕНИЮ РАБОТОЙ ФЛОТА

METHODOLOGICAL BASIS OF OPERATING SOLUTIONS OF SHIPPING COMPANIES OF MARINE CORPORATION FOR FLEET CONTROL

В статье предложен методический подход к разработке алгоритма принятия оперативных решений судоходными компаниями морской корпорации по управлению работой флота с учетом спроса, предложения и уровня фрахтовых ставок в различных региональных сегментах мирового фрахтового рынка. Определены задачи оперативного управления работой флота и для практической реализации разработана экономико-математическая модель.

The article proposes methodological method for algorithm development of operating decisions of shipping companies of marine corporation for fleet control taking into account the demand, supply and freight level in the different regional sections of the freight market. The objectives for operating fleet control are set and economic-mathematical model for implementation is developed.

Ключевые слова: оперативное управление работой флота, тоннаж, региональные секции, фрахтовый рынок, спрос, предложение, уровень фрахтовых ставок.

Key words: operative fleet control, tonnage, regional sections, freight market, demand, supply, freight level.

МНОГОВЕКОВАЯ история судоходства неразрывно связана с международным разделением труда, ростом мирового производства и развитием морской торговли. Наряду с удовлетворением собственных потребностей страны морской флот участвует в перевозках грузов иностранных фрахтователей, предлагая свои услуги на основе коммерческой конкуренции судоходных компаний.

В практической деятельности работники судоходных компаний ежедневно решают множество сложных экономических и организационных проблем, обусловленных международным характером морского судоходства и специфическими условиями эксплуатации судов. Управление работой флота на основе интуиции невозможно, так как малейшая ошибка чревата колоссальными потерями. В связи с этим в современной практике судоходства необходимы научно обоснованные принципы и методы управления.

Текущая деятельность морской корпорации по коммерческой и технической эксплуатации флота осуществляется путем оперативного управления морскими перевозками грузов и пассажиров. Оперативное управление охватывает круг проблем, связанных с принятием и реализацией транспортного процесса, выполнением заключенных договоров морской перевозки, обеспечением дополнительных потребностей в транспортировке грузов морем. Этому виду управления присущи следующие особенности, отличающие его от долгосрочных управленческих решений: неразрывная связь основных функций управления с текущим периодом времени; оперативность (гибкость) принятия решений; многократность принимаемых решений и их направленность на краткосрочность исполнения; высокая вероятность обратимости решений и пр.

К основным задачам оперативного управления работой флота относятся:

— прогнозирование позиций судов и ситуаций в портах погрузки и выгрузки;

— определение мероприятий, направленных на предотвращение отклонений от плановых показателей работы флота;

— выработка решений, направленных на объективную и оптимальную корректировку ранее принятого календарного плана с учетом изменившихся условий и потребностей.

Таким образом, оперативное управление работой флота морской корпорации — это формирование и решение задач судоходными компаниями, входящими в состав морской корпорации, в каждом региональном сегменте фрахтового рынка в конкретный период времени на основе корпоративной стратегии и оценки текущей рыночной ситуации. Для судоходных компаний оперативное управление — это, прежде всего, гибкая ценовая политика и фрахтовая деятельность с учетом текущего состояния рынка.

На уровне руководства корпорации принимаются важнейшие стратегические решения, от которых зависит судьба всех предприятий холдинга, а также решения, касающиеся развития флота, направлений деятельности судоходных компаний и новых сегментов рынка для внедрения. На уровне судоходных компаний осуществляется оперативное управление работой флота, а также формирование тактики поведения в локальных сегментах фрахтового рынка;

Оперативное управление работой флота морской корпорации включает краткосрочное планирование, оперативный контроль, учет и анализ работы всех судов судоходных компаний, входящих в состав морской корпорации. В морских корпорациях его должен осуществлять Департамент коммерческой эксплуатации флота судоходных компаний, основные функции которого сформулированы в табл. 1.

Таблица 1

**Функции Департамента коммерческой эксплуатации флота судоходных компаний
в составе морской корпорации**

Наименование функции	Достигаемая цель
1. Формирование надежной сети брокерских и агентских компаний за рубежом	Эффективное использование провозной способности флота и развитие внешнеторговых связей
2. Контроль за выполнением на судах требований международных и отечественных нормативных документов по безопасной и сохранной перевозке грузов и охране окружающей среды	Соответствие требованиям и процедурам «Системы управления безопасностью» морской корпорации
3. Изыскание возможностей по выходу на российскую и международную грузовую базу	Повышение качества перевозок и их экономической эффективности
4. Разработка проектов квартальных, годовых планов перевозок грузов	Прогнозов доходов морской корпорации
5. Анализ конъюнктуры рынка, организация и поддержка деловых связей с клиентурой, изучение грузопотоков	Привлечение новых грузов в целях получения максимальной прибыли от работы флота
6. Анализ и изучение работы отечественных и зарубежных судоходных и операторских компаний	Обобщение лучшего опыта и внедрение его в организацию работы судоходных компаний корпорации
7. Проведение международных форумов и конференций	Планомерная маркетинговая компания на международном рынке транспортных услуг
8. Совершенствование системы управления перевозками	Достижение максимальной эффективности при обеспечении безопасности людей, флота, грузов и окружающей среды
9. Непрерывный контроль за движением судов в море и ходом их обработки в портах	Предотвращение непроизводительных простоев

Основными функциональными задачами Департамента коммерческой эксплуатации флота судоходных компаний морской корпорации являются:

- организация эффективной работы флота;
- оптимальная расстановка судов на год, квартал, месяц по направлениям;
- планирование работы каждого судна определенной тоннажной группы;
- контроль и оценка результатов выполнения плана;
- составление расписания работы судов на линии;
- проведение фрахтовой и тарифной политики, определение скидок и надбавок;
- диспетчерская переписка с капитанами судов, агентами и транспортно-экспедиторскими компаниями, грузовладельцами;
- привлечение клиентуры на собственные линии и направления;
- разработка и выдача капитанам рейсовых заданий, то есть документов, которыми они должны непосредственно руководствоваться при осуществлении работы судна в рейсе.

Как известно, колебания спроса и предложения тоннажа в различных региональных сегментах фрахтового рынка неодинаковы, поэтому в период падения спроса в одном рыночном сегменте может наблюдаться «активное оживление» в другом (рис. 1).

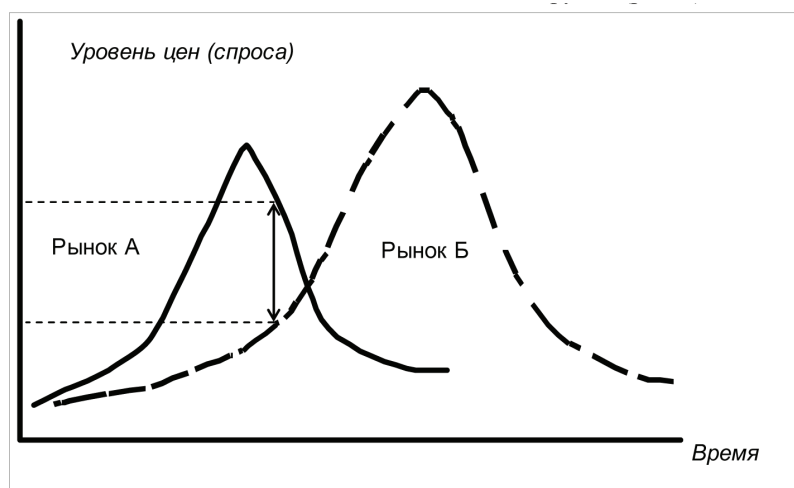


Рис. 1. Схема колебаний конъюнктуры различных региональных сегментов фрахтового рынка

В связи с этим возникает актуальная необходимость выявления указанных региональных сегментов фрахтового рынка, то есть рыночных секций с разницей спроса и с разным уровнем фрахтовых ставок на определенный тоннаж. В рамках информационной системы судоходных компаний морской корпорации должна содержаться информация о региональных сегментах фрахтового рынка (спрос, предложение, информация по заключенным сделкам, средний уровень фрахтовых ставок и т. п.), поэтому предлагаемый автором методический подход может быть реализован только при надлежащем функционировании данной системы.

В целях разработки методического подхода к управлению работой флота судоходных компаний морской корпорации на мировом фрахтовом рынке необходимо определить количество судов, предлагаемых на рынке в текущий момент времени; установить количество судов судоходных компаний, работу которых необходимо организовать; проанализировать текущий уровень фрахтовых ставок в различных региональных сегментах мирового фрахтового рынка; установить соотношение спроса и предложения; а также определить множество региональных секций фрахтового рынка, на которых имеется такой же тоннаж, как и в морской корпорации.

С учетом вышеизложенного автором разработан алгоритм принятия оперативных решений судоходными компаниями морской корпорации по управлению работой флота, графически проиллюстрированный на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм принятия оперативных решений судоходными компаниями морской корпорации по управлению работой флота

Реализация алгоритма производится в соответствии со схемой поэтапно. На 1-м этапе определяется общее количество судов по типам и тоннажным группам, которые имеются в различных региональных сегментах мирового фрахтового рынка в текущий момент времени.

На 2-м этапе производится оценка количества судов судоходных компаний морской корпорации, которые необходимо отфрахтовать в определенных региональных сегментах фрахтового рынка.

3-й этап предусматривает проведение анализа и оценку текущего уровня фрахтовых ставок для судов судоходных компаний морской корпорации, исходя из конъюнктуры региональных сегментов фрахтового рынка.

На 4-м этапе определяется уровень спроса на суда судоходных компаний морской корпорации на основе имеющихся предложений на мировом фрахтовом рынке.

На 5-м этапе необходимо выявить множества типов тоннажных групп судов в различных региональных сегментах мирового фрахтового рынка.

6-й этап — определение множества рынков, на которых имеется такой же тоннаж, как и в судоходных компаниях морской корпорации.

На 7-м этапе выявляются рынки с разницей спроса и уровня фрахтовых ставок с целью принятия оперативных решений по управлению работой флота судоходными компаниями морской корпорации на мировом фрахтовом рынке в текущий момент времени.

Для практической реализации данного алгоритма автором разработана экономико-математическая модель, целевой функцией которой является стремление максимизировать сумму фрахта за счет разности уровня фрахтовых ставок или объемов спроса (предложения):

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \cdot y_{ij} - \sum_{i \in I_j} f_{ij} \cdot x_{ij} \right) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Система зависимостей и ограничений имеет следующий вид:

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \leq \sum_{i \in I_j} x_{ij} (i = \overline{1, m}); \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq P_{ij} (j = \overline{1, n}; i \in I_j); \quad (3)$$

$$y_{ij} \leq C_{ij} (j = \overline{1, n}; i \in I_i) \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0; y_{ij} \geq 0 (j = \overline{1, n}; i = \overline{1, m}), \quad (5)$$

где x_{ij} — тоннаж типа i компаний конкурентов, имеющийся на j -м рынке, тыс. т Dw;

y_{ij} — тоннаж типа i морской корпорации, который нужно отфрахтовать на j -м рынке, тыс. т Dw;

f_{ij} — фрахтовая ставка на тоннаж типа i на j -м рынке, долл./т;

P_{ij} — суммарное предложение тоннажа типа i на j -м рынке, тыс. т Dw;

C_{ij} — суммарный спрос на тоннаж типа i на j -м рынке, тыс. т Dw;

I_j — множество типов тоннажа на рынке j ;

I_i — множество локальных рынков, на которых имеется тоннаж типа i .

Предложенная экономико-математическая модель позволяет выявить региональные сегменты мирового фрахтового рынка с избытком и недостатком предложения на определенный размер флота, а также региональные сегменты рынка с разницей ставок на определенный тоннаж.

Полученная таким образом информация может использоваться для подготовки оперативных управленческих решений судоходными компаниями морской корпорации с целью организации эффективного управления работой флота.

Предложенная модель позволяет в рамках надлежащего информационного обеспечения выявить:

- 1) рынки с избытком и недостатком предложения на определенный тоннаж;
- 2) рынки с разницей ставок на определенный тоннаж.

Полученная таким образом информация может использоваться для подготовки тактических планов деятельности судоходных компаний с целью выполнения стратегии морской корпорации.

Список литературы

1. Лимонов Э. Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки / Э. Л. Лимонов. — СПб.: Информационный центр «ВЫБОР», 2001.
2. Прокофьев В. А. Управление работой морского флота: учебник для вузов / В. А. Прокофьев, Т. А. Вепринская. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
2. Эглит Я. Я. Управление транспортными системами / Я. Я. Эглит, К. Я. Эглит, В. А. Прокофьев. — СПб.: Феникс, 2004.

УДК 656.61

М. В. Ботнарюк,
канд. экон. наук,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

ANALYSIS AND PERSPECTIVES OF NORTH SEA WAY DEVELOPMENT

В статье выполнен обзор основных направлений развития Северного морского пути в настоящий момент. Представлена краткая характеристика портов Арктического бассейна. На основании проведенных исследований автор приходит к выводу о том, что развитие Северного морского пути как транспортного маршрута является одним из условий увеличения грузооборота арктических портов, что окажет положительное влияние на экономику народного хозяйства страны. Однако это требует не только значительных инвестиций, но и непосредственного участия государства, что предполагает разработку комплекса нормативно-правовых документов, а также федеральных целевых программ. В связи с этим автор предлагает сформировать арктический кластер, что позволит решать вопросы развития данного маршрута более эффективно.

The analysis of base directions of north sea way development today is done. Brief characteristics of Arctic basin at present time is presented. Based on the investigations done author comes to the conclusion, that the development of north sea way as transport way is one of the terms of raising of arctic ports cargo handling turnover, that will give the positive influence for the country's economics. However, it will require as considerable investments, as State's participation that believes the working out of complex of legal documents as well as federal special-purpose programs. In this connection the author offers to create arctic cluster, that will give the opportunity to solve the problems of this way development more effectively.

Ключевые слова: Северный морской путь, приоритетные пути развития, порты Арктического бассейна, государственное участие, кластер.

Key words: North sea way, the priority ways of developing, ports of Arctic basin, State's participation, cluster.

ИСТОРИЧЕСКИ так сложилось, что существование Северного морского пути (или как его раньше называли Северо-восточный проход) впервые было доказано экспедицией, проходившей в 1878–1879 гг. на шхуне «Вега», под руководством шведского ученого Нильса Норденшельда. В ходе этой экспедиции впервые было осуществлено сквозное (с одной зимовкой в пути) плавание по маршруту Северного морского пути из Атлантического в Тихий океан [8]. Данный маршрут проходит через моря Северного Ледовитого океана (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и Берингово море (Тихий океан) и является главной судоходной магистралью России в Арктике. Его длина от Карских Ворот до бухты Провидения составляет около 5600 км (см. рис. 1).

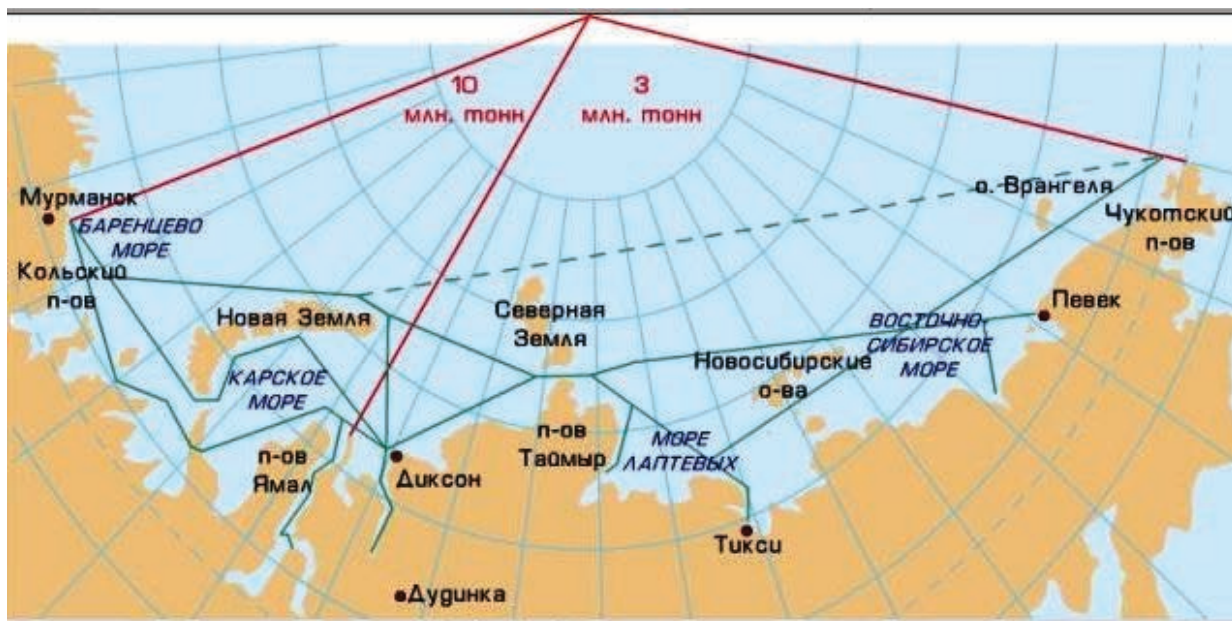


Рис. 1. Северный морской путь [14]

Северный морской путь (далее — СМП) соединяет не только отечественные (каботажные перевозки), но и западные порты, а также обслуживает порты крупных рек Сибири. В качестве альтернативных СМП называют маршруты, проходящие через Суэцкий или Панамский каналы. Вместе с тем, сравнивая расстояние между портами Мурманск и Иокогама (Япония) через Суэцкий канал (12,8 тыс. морских миль) и через СМП (5,8 тыс. морских миль), приходим к заключению о существенной значимости данного маршрута при выборе наиболее рационального варианта организации доставки грузов морем [9]. Однако у СМП есть один очень серьезный недостаток: продолжительность навигации составляет от двух до четырех месяцев. Это детерминировано климатическими условиями и может быть устранено только благодаря работе ледокольного флота, что существенно повышает расходы на транспортировку грузов.

И тем не менее сегодня СМП продолжает активно развиваться. Его основными пользователями являются «Норильский никель», Газпром, ЛУКОЙЛ, Роснефть, Росшельф, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), а также Чукотка. Согласно статистическим данным, в 2010 г. транзитные перевозки по СМП составили около 110 тыс. т (проведено 4 судна), в 2011 г. — более 820 тыс. т (проведено 34 судна), а в 2012 г. эта цифра достигла своего рекордного значения — 1,26 млн т (проведено 46 судов) [12]. В этом же году впервые за всю историю арктического мореплавания вообще по Севморпути был проведен в сопровождении атомных ледоколов танкер «Ob river» с грузом сжиженного природного газа, который перевез 134 500 м³ газа из Норвегии в Японию [7]. Особо следует отметить, что начиная с 2006 г. компания ОАО «ГМК «Норильский никель»» осуществляет регулярные круглогодичные морские перевозки по трассам Северного морского пути на собственных арктических судах высшего ледового класса ARC-7 без привлечения

услуг по ледокольной проводке. Компания выполняет перевозки грузов морским транспортом в объеме до 1,5 млн т ежегодно с заходом в порты Мурманска, Архангельска и Дудинки. Помимо грузов, обеспечивающих производственные процессы, компания занимается доставкой социально значимых грузов для жителей Норильского промышленного района. В 2010 г. впервые в истории компании и морского судоходства по СМП был совершен экспортный рейс на судне «Мончегорск» по маршруту Мурманск–Дудинка–Пусан (Южная Корея)–Шанхай (КНР) без ледокольной проводки. В 2011 г. аналогичный рейс был выполнен судном «Заполярный» [12].

Подчеркивает значимость существования и дальнейшего развития СМП и В. Путин: «значение этого пути возрастает в связи с потеплением климата и, как следствие, увеличением сроков навигации» [6]. В связи с этим с целью развития СМП планируется реализация программы строительства линейных ледоколов: в течение ближайших 10 лет на развитие судоходства в России будет выделено не менее 400 млрд руб. [6].

Такой интерес со стороны государства к северному маршруту вполне объясним: несмотря на затраты, связанные с ледовой проводкой, он обладает следующими неоспоримыми преимуществами: существенная экономия на топливе, а также расходах по оплате труда экипажа (вследствие сокращения времени рейса). Как поясняет норвежская компания “Nordic Bulk”, перевозки по Северному морскому пути сокращают расстояние примерно на 35 % по сравнению с маршрутом через Суэцкий канал и Индийский океан. Это дает возможность быстрее доставить товары и сэкономить около 180 тыс. долл. на топливных расходах [9].

Оказывает положительное влияние на выбор данного маршрута и отсутствие очередей, дополнительной платы за проход по каналу (Суэцкий канал), а также риска нападения пиратов (что в последнее время является довольно сильным аргументом при выборе маршрута следования судна). Поэтому отдают предпочтение СМП не только Россия, но и иностранные государства. Так, например, Южная Корея поставляет через Севморпуть авиационное топливо: по данным аналитиков [11], в 2012 г. три танкера в течение одного навигационного сезона доставили в Финляндию 129 тыс. т керосина. По информации Росатомфлота, «с начала навигации 2012 года по Северному морскому пути перевезли 742 049 тонны нефтепродуктов — 522 263 тонны с запада и 229 786 тонн с восточного направления. По трассе в высоких широтах везут дизтопливо, авиационный керосин, газовый конденсат и другие грузы» [11]. Признавая, что СМП является одной из «важнейших транзитных артерий страны», в 2012 г. Государственная Дума утвердила проект о внесении поправок в группу законов, регулирующих эту сферу. По закону Северный морской путь включен в состав национальной сети транспортных артерий России [9].

В июле 2012 г. был подписан закон о создании федерального казенного учреждения «Администрация Северного морского пути». Данный закон «предусматривает создание администрации Севморпути (СМП) в форме федерального казенного учреждения, которое принимает заявления на право плавания в его акватории и... вводит обязательное страхование гражданской ответственности владельцев судов за ущерб от загрязнения либо другой причиненный судном ущерб или обязательное наличие у них иного финансового обеспечения этой ответственности. При отсутствии такого страхования или финобеспечения судно не может зайти в порт на территории РФ или выйти из него, прибыть к прибрежному сооружению в территориальном море России или отойти от него, а также получить разрешение на плавание в акватории СМП» [5]. Основными функциями администрации СМП являются установление и регулирование порядка плавания судов, правил ледокольной проводки, а также системы связи. Ожидается, что, вероятнее всего, администрация будет размещена в Астраханской области [3], однако в настоящий момент данный вопрос пока остается открытым. Также принятый закон вводит новое определение акватории Северного морского пути, под которой понимается «водное пространство, прилегающее к северному побережью РФ, охватывающее внутренние морские воды, территориальное море, прилежащую зону и исключительную экономическую зону страны и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с США и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада — меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля, восточной

береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота и Югорский Шар» [5].

К портам СМП относятся порты Арктического бассейна: Архангельск, Мезень, Анадырь, Мурманск, Варандей, Нарьян-Мар, Витино, Онега, Дудинка, Певек, Игарка, Providения, Канда-лакша, Эгвекино. Проведенные исследования показали, что в основном порты данного бассейна ориентированы на перевалку внешнеторговых грузов: в 2011 г. грузооборот экспортных и импорт-ных грузов составил 29718,8 тыс. т, в то время как по каботажным грузам эта цифра достигла 11377,9 тыс. т (см. рис. 2).

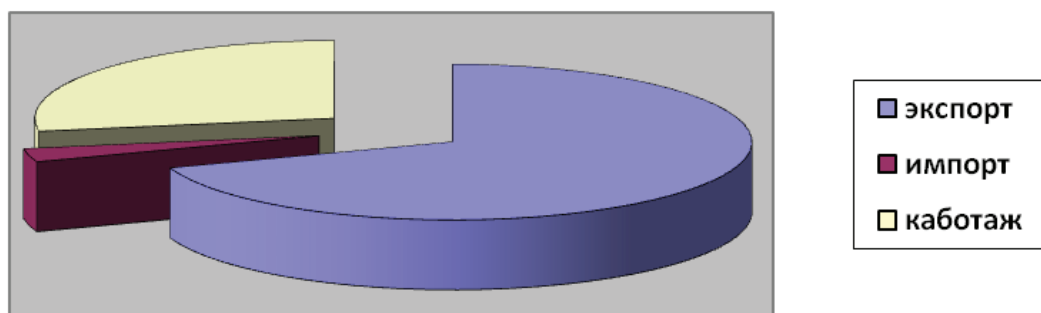


Рис. 2. Грузооборот портов Арктического бассейна в 2011 г., тыс. т [1, с. 79–95; 2, с. 60–71]

Вместе с тем необходимо отметить, что некоторые порты бассейна ориентированы на обслуживание исключительно каботажных перевозок: Мезень, Нарьян-Мар, Игарка, Тикси, Варандей, Эгвекино (см. табл. 1).

Таблица 1

Грузооборот портов Арктического бассейна, млн т [1; 2]

Порты	Вид груза	Всего			Экспорт и импорт			Каботаж		
		2010	2011	%	2010	2011	%	2010	2011	%
Мурманск	Сухие	15,1	16,8	111,2	14,4	15,9	110,4	0,8	0,9	112
		17,6	8,9	50,6	9,9	5,7	57,6	7,6	3,2	42
	Налив	17,6	8,9	50,6	9,9	5,7	57,6	7,6	3,2	42
	Всего	32,7	25,7	78,6	24,3	21,6	88,8	8,4	4,1	48
Канда-лакша	Сухие	0,8	0,9	112,5	0,8	0,9	112,5	0,0159	0,0015	9
	Налив	0,8	0,9	112,5	0,8	0,9	112,5	0,0159	0,0015	9
	Всего	0,8	0,9	112,5	0,8	0,9	112,5	0,0159	0,0015	9
Витино	Сухие	4,3	4,1	95,3	4,3	4,1	95,3	0	0	0
	Налив	4,3	4,1	95,3	4,3	4,1	95,3	0	0	0
	Всего	4,3	4,1	95,3	4,3	4,1	95,3	0	0	0
Мезень	Сухие	0,0134	0,0080	59,7	0	0	0	0,0134	0,008	59
	Налив	0,0098	0,0066	61,2	0	0	0	0,0098	0,0066	61
	Всего	0,0231	0,0146	63,2	0	0	0	0,0231	0,0146	63
Нарьян-Мар	Сухие	0,070	0,057	81,4	0	0	0	0,070	0,057	81
	Налив	0,032	0,047	146,9	0	0	0	0,032	0,047	146
	Всего	0,102	0,104	101,9	0	0	0	0,102	0,104	101

Таблица 1
(Окончание)

Дудинка	Сухие	1,092	1,102	100,9	0,139	0,093	67,3	0,953	1,008	105
	Налив	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	1,092	1,102	100,9	0,139	0,093	67,3	0,953	1,008	105
Игарка	Сухие	0	0,0025	0	0	0	0	0	0	0
	Налив	0	0,0025	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	0	0,0025	0	0	0	0	0	0	0
Тикси	Сухие	0,0082	0,0112	136,6	0	0	0	0,0082	0,0112	136
	Налив	0,0321	0,0443	138,0	0	0	0	0,0321	0,0443	138
	Всего	0,0403	0,0555	137,7	0	0	0	0,0403	0,0555	137
Архангельск	Сухие	2,2	2,7	122,7	1,6	1,4	87,5	0,6203	1,3131	211
	Налив	1,4	1,6	114,3	1,0	1,4	140,0	0,3594	0,1769	49
	Всего	3,6	4,3	119,4	2,6	2,8	107,7	0,9797	1,4900	152
Онега	Сухие	0,0589	0,071	120,5	0,049	0,058	118,4	0,0095	0,0133	140
	Налив	0,0064	0	0	0	0	0	0,0064	0	0
	Всего	0,0653	0,071	120,5	0,049	0,058	118,4	0,0159	0,0133	140
Варандей	Сухие	0,0456	0,053	116,2	0	0	0	0,0456	0,053	116
	Налив	7,4646	3,9576	53,0	0	0	0	7,4646	3,9576	53
	Всего	7,5102	4,0106	53,4	0	0	0	7,5102	4,0106	53
Певек	Сухие	0,1419	0,189	133,2	0	0,076	0	0,1419	0,113	79
	Налив	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	0,1419	0,189	133,2	0	0,076	0	0,1419	0,113	79
Провидения	Сухие	0,0268	0,0225	84,0	0	0	0	0,0268	0,0225	84
	Налив	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	0,0268	0,0225	84,0	0	0	0	0,0268	0,0225	84
Эгвекино	Сухие	0,1353	0,1353	94,9	0	0	0	0,1353	0,1353	94
	Налив	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	0,1353	0,1353	94,9	0	0	0	0,1353	0,1353	94
Анадырь	Сухие	0,2014	0,1938	96,2	0,001	0,001	—	0,2000	0,1924	96
	Налив	0,0226	0,0218	96,5	0	0	—	0,0226	0,0218	96
	Всего	0,224	0,2156	96,3	0,001	0,001	—	0,2226	0,2142	96
Беринговский	Сухие	0,0463	0,0479	103,5	0	0	0	0,0463	0,0479	103
	Налив	0,0011	0,0009	81,8	0	0	0	0,0011	0,0009	81
	Всего	0,0474	0,0488	103,0	0	0	0	0,0474	0,0488	103

В качестве пояснения к табл. 1 отметим, что в порту Провидения в 2010 г. было перегружено 0,2 тыс. т импортных грузов, в то время как остальные грузы — это каботаж (процентное соотношение составляет 0,75 и 99,25 % соответственно). В связи с этим данный порт можно также считать «каботажным».

Как видно из данных, представленных в табл. 1, в качестве основных портов СМП следует выделить Мурманск (около 60 % от грузооборота бассейна), Архангельск (около 7 %), Витино (около 8 %) и Варандей (около 13 %).

Порт Мурманск находится на Кольском полуострове, на побережье Баренцева моря и является крупнейшим морским транспортным узлом страны. Ледовая проводка в порту необходима только в случае очень суровой зимы. В Мурманске осуществляется перевалка следующих грузов: цветные металлы и сплавы в пакетах (алюминий, медь, никель), прокат черных металлов, уголь навалом, апатитовый концентрат навалом, железорудный концентрат навалом, марганцевая руда навалом, глинозем навалом, металлолом, железорудные окатыши навалом, продукция химической промышленности в мешках и биг-бегах, строительные материалы, продовольственные грузы, технологическое оборудование в ящиках и без упаковки, легковые автомобили и колесная техника, различные грузы в контейнерах ИСО-20 и ИСО-40 (в том числе рефрижераторные) и др. Динамика грузооборота ОАО «Мурманский морской торговый порт» и прогноз его развития представлены на рис. 3.

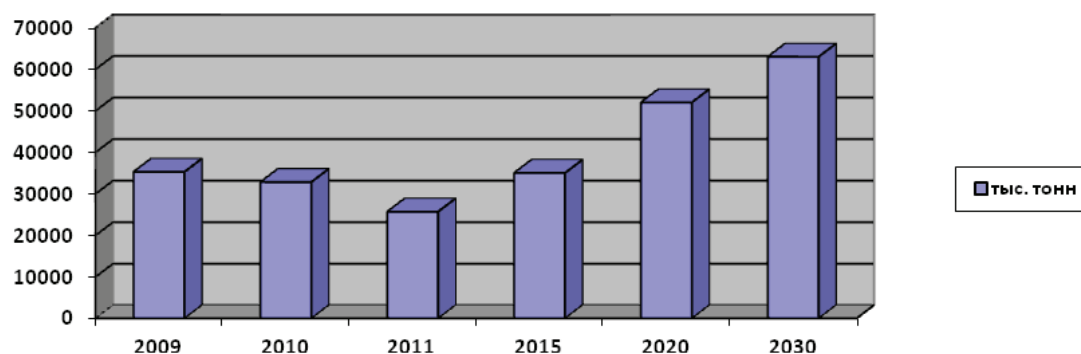


Рис. 3. Динамика и прогноз грузооборота ОАО «Мурманский морской торговый порт» [1; 2; 10]

Исторически Архангельск считается первым морским портом России и «исток» СМП. Для порта характерна круглогодичная навигация и следующая номенклатура обрабатываемых грузов: генеральные грузы, целлюлоза, картон, контейнеры, лесоматериалы, металл, удобрения, тяжеловесное оборудование, насыпные и навалочные грузы. Динамика грузооборота ОАО «Архангельский морской торговый порт» и прогноз его развития представлены в виде диаграммы (см. рис. 4).

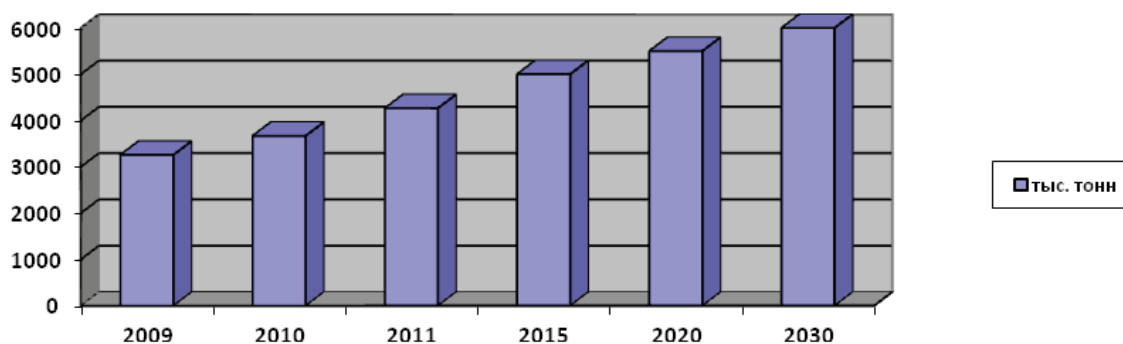


Рис. 4. Динамика и прогноз грузооборота ОАО «Архангельский морской торговый порт» [1; 2; 10]

Морской порт Витино создан в результате реализации проекта по строительству нового портового терминального комплекса для обслуживания крупнотоннажных танкеров с использовани-

ем производственных мощностей Беломорской нефтебазы, расположенной на юго-западном берегу Кандалакшского залива Белого моря за счет финансирования из внебюджетных источников. Он специализируется на хранении и перегрузке (перевалке) мазута, газового конденсата и является единственным портом на Белом море, переваливающим сырую нефть. До 2001 г. порт работал сезонно, а с 2001 г. — круглогодично [13]. Динамика грузооборота ООО «Морской специализированный порт Витино» и прогноз его развития представлены ниже (см. рис. 5).

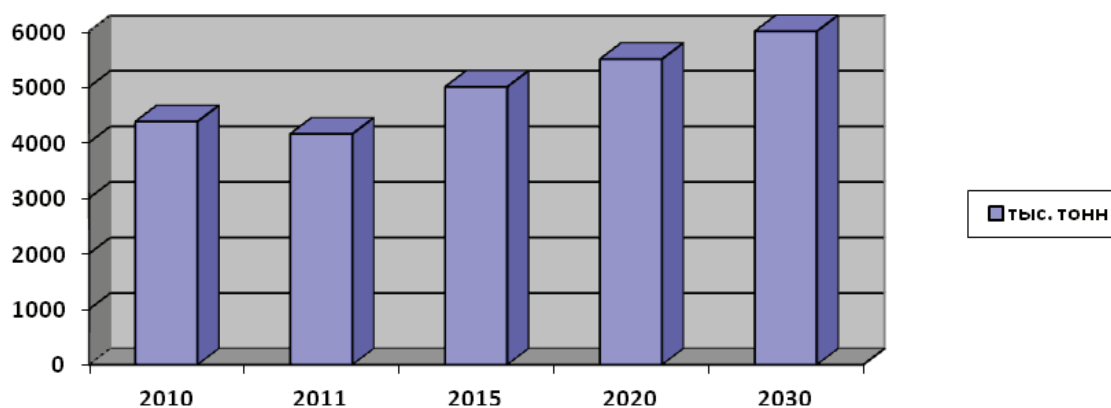


Рис. 5. Динамика и прогноз грузооборота ООО «Морской специализированный порт Витино» [1; 2; 10]

Порт Варандей ориентирован на перевалку нефтяных грузов: ледостойкий отгрузочный терминал начал свою работу с июня 2008 г. Сегодня он осуществляет регулярные отгрузки нефти танкерами усиленного ледового класса дедвейтом 70 тыс. т. Пропускная способность терминала составляет до 12 млн т в год [10]. Динамика грузооборота ОАО «Варандейский терминал» и прогноз его развития представлены на рис. 6.

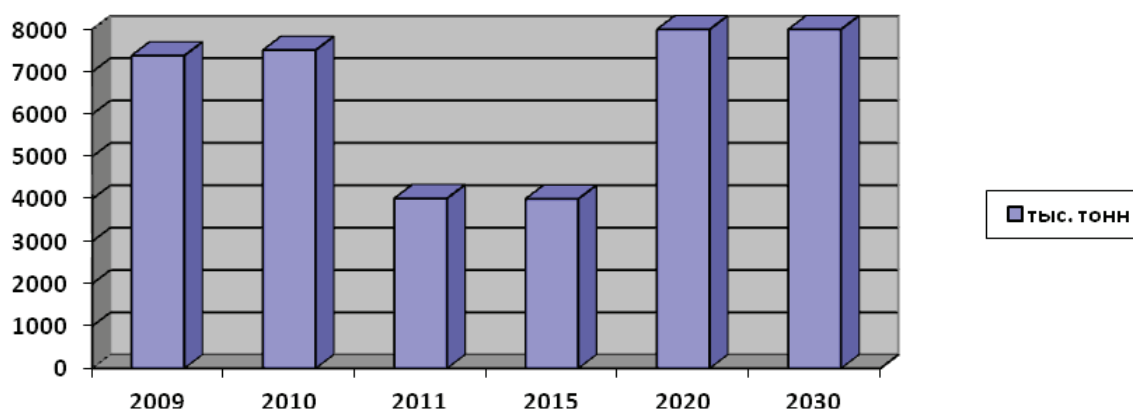


Рис. 6. Динамика и прогноз грузооборота ОАО «Варандейский терминал» [1; 2; 10]

В качестве пояснения к рис. 6 отметим, что падение грузооборота в 2011 г. обусловлено снижением запасов нефти. В связи с этим аналитики отмечают, что первоначально доказанные запасы месторождения Южное Хыльчую оценивались в более 500 млн баррелей нефти. По состоянию на 31 декабря 2011 г. запасы снизились в 3,5 раза и составили примерно 142 млн баррелей. В связи с этим сегодня компания ОАО «ЛУКОЙЛ» ищет другие способы загрузки терминала: а именно в завершающей стадии находится строительство нефтепровода Харьга–Южное Хыль-

чую и пункта сдачи-приема нефти на нефтепромысле № 3 СП «Нарьянмарнефтегаз» мощностью 4 млн т в год [10].

Обобщая вышеизложенное, приходим к заключению, что сегодня порты Арктического бассейна развиваются интенсивно, что позволяет надеяться на увеличение их грузооборота в ближайшем будущем. И далеко не последнюю (в решении данного вопроса) роль должен сыграть Северный морской путь. Однако его дальнейшее развитие требует не только значительных инвестиций, но и непосредственно государственного участия, что предполагает разработку комплекса нормативно-правовых документов, а также федеральных целевых программ. В связи с этим автор полностью разделяет мнение И. Поляковой (обозревателя «ТР»), которая в своей статье отмечает, что «поскольку восстановление Севморпути даст мощный импульс развитию арктических территорий и России в целом... для решения этой масштабной задачи нужна специальная федеральная целевая программа с мероприятиями по развитию инфраструктуры, транспортного потенциала и по обеспечению кадрами, на реализацию которой должны быть привлечены средства из разных источников, без государственного внимания, значительных инвестиций, как бюджетных, так и частных, ледяные торосы Севморпути не осилить» [4]. При этом, по мнению автора, одним из перспективных направлений реализации СМП как выгодного маршрута доставки грузов морем является создание географического кластера с единой системой управления (на основе взаимовыгодного сотрудничества всех заинтересованных сторон: как грузовладельцев, так и исполнителей доставки грузов — стивидорных и судоходных компаний, органов государственной власти и др.). Это позволит оптимизировать решение ряда задач, касающихся как деловых, правовых, так и иных аспектов его развития, что обусловит увеличение объемов перевозимых грузов и повысит конкурентоспособность страны на мировом уровне.

Список литературы

1. Все грузы России // Морские порты. — 2011. — № 2 (93).
2. Все грузы России // Морские порты. — 2012. — № 2 (103).
3. Где разместится Администрация Северного морского пути? [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.b-port.com/news/item/93018.html> (дата обращения: 28.02.2013).
4. Полякова И. Севморпуть: вектор развития // Транспорт России. — 2013 — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.transportrussia.ru/transportnaya-politika/sevmorput-vektor-razvitiya.html>. (дата обращения: 28.02.2013).
5. Путин подписал закон о создании администрации Северного морского пути — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://ria.ru/arctic_news/20120730/712578195.html#13618228274683&message=resize&relto=register&action=addClass&value=registration (дата обращения: 28.02.2013).
6. Путин решил реконструировать Беломорканал — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://meta.kz/novosti/economy/274304-putin-reshil-rekonstruirovat-belomorkanal.html> (дата обращения: 28.02.2013).
7. Рекордная навигация — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://expert.ru/2012/11/27/rekordnaya-navigatsiya/?n=66995> (дата обращения: 28.02.2013).
8. Северный морской путь: история освоения — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.ikz.ru/siberianway/sevmorput.html> (дата обращения: 28.02.2013).

9. Северный морской путь бросает вызов Суэцкому каналу — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://inotv.rt.com/2012-07-30/Severnij-morskoj-put-brosaet-vizov> (дата обращения: 28.02.2013).

10. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.rosmorport.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy_2030 (дата обращения: 28.02.2013).

11. <http://file-rf.ru/news/10329> (дата обращения: 28.02.2013).

12. http://ru.wikipedia.org/wiki/Северный_морской_путь (дата обращения: 28.02.2013).

13. <http://www.vitino.ru/rus/about.html> (дата обращения: 28.02.2013).

14. http://letopisi.ru/index.php/Файл:Северный_морской_путь.jpg (дата обращения: 8.02.2013).

УДК 656.62.078

Т. А. Пантина,

д-р экон. наук
ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова,

М. Н. Савельева

канд. филос. наук
ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова

КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ФАКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

PERSONNEL POTENTIAL FOR INLAND WATERWAY TRANSPORT AS A FACTOR OF STRATEGIC DEVELOPMENT

В статье приведены результаты SWOT-анализа кадрового потенциала отрасли, рассмотрены сильные и слабые стороны, благоприятные возможности и потенциальные угрозы.

The article contains the results of the SWOT analysis of human resources sector, reviewed the strengths and weaknesses, opportunities and potential threats on water transport.

Ключевые слова: кадры, SWOT-анализ, кадровый потенциал, водный транспорт, стратегия, развитие.

Key words: personnel, a SWOT analysis, personnel potential, water transport, strategy development.

КОМПЛЕКСНОЕ исследование всех аспектов развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации включает определение потребностей в кадровых ресурсах для обеспечения реализации стратегии на период до 2030 г. Цели кадрового прогнозирования и модель определения потребности в кадровых ресурсах базируются на анализе современного состояния кадрового потенциала отрасли, идентификации сильных (преимущества) и слабых (недостатки, проблемы) сторон, а также на оценке благоприятных возможностей и потенциальных угроз внешней среды.

Сопоставление сильных и слабых внутренних факторов развития кадрового потенциала с возможностями и угрозами внешней среды позволяет сформировать матрицу SWOT-анализа (табл. 1).

Таблица 1

Матрица SWOT-анализа кадровых ресурсов

Внутренние факторы	Внешние факторы
Преимущества (S)	Возможности (O)
1. Сложившаяся система подготовки кадров на базе отраслевых образовательных учреждений высшего профессионального образования. 2. Наличие высококвалифицированного персонала, способного решать задачи инновационного развития водного транспорта. 3. Соответствие уровня подготовки плавсостава действующим национальным и международным нормам. 4. Возможность реализации программ среднего профессионального образования по плавательным специальностям по бассейновому принципу. 5. Эффективно действующая система повышения квалификации работников отрасли	1. Восстановление системы образования специалистов с совмещенными специальностями (штурман-механик, рулевой-моторист) на основе разработки новых Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС). 2. Реализация в отраслевых вузах программ начального профессионального образования, создание многопрофильных центров с организацией обучения по широкому спектру рабочих профессий. 3. Создание эффективной системы мотивации труда, в том числе обеспечение роста среднемесячной заработной платы, превышающей среднюю зарплату в регионе. 4. Участие отраслевых предприятий в подготовке кадров на условиях государственно-частного партнерства; вложение инвестиций в образование будущего работника в рамках целевой контрактной подготовки. 5. Повышение качества подготовки за счет модернизации и обновления учебно-лабораторного и тренажерного оборудования в соответствии с требованиями Международной конвенции ПДМВ и ФГОС. 6. Омоложение и уменьшение текучести кадров за счет реализации программы строительства ведомственного жилья, особенно при обслуживании «линейных участков» внутренних водных путей
Недостатки (W)	Угрозы (Т)
1. Относительно высокая текучесть кадров, обусловленная специфическими условиями труда, в том числе: сезонным характером работы, сменным графиком, длительным нахождением в рейсе и т. д. 2. Более низкий уровень оплаты труда по сравнению с работниками других видов транспорта. 3. Снижение уровня практической подготовки выпускников из-за сложности организации производственной и плавательной практики. 4. Старение и выбытие по возрасту опытных работников отраслевых организаций, старение профессорско-преподавательского состава учебных заведений. 5. Отставание материальной базы (учебно-лабораторной, тренажерной) отраслевых образовательных учреждений от международных требований. 6. Острая нехватка персонала по широкому спектру рабочих профессий (рядовой состав флота, портовые рабочие, вспомогательный персонал и др.)	1. Снижение престижа флотских профессий. 2. Уменьшение количества выпускников школ в связи с демографическим спадом и возможное сокращение контрольных цифр приема в отраслевые вузы. 3. Неполное удовлетворение потребностей российских судоходных компаний в командном составе из-за трудоустройства выпускников вузов на суда под иностранным флагом. 4. Нормативы финансирования по плавательным специальностям, предлагаемые Минобрнауки России, не учитывают требования к подготовке плавсостава в отраслевых вузах (плавательная практика, тренажерная подготовка, содержание учебного флота, питание, обмундирование). 5. Высокая значимость «человеческого фактора» в возникновении аварийных ситуаций на водном транспорте

Сильные стороны кадрового потенциала

В отрасли есть достаточное количество образовательных учреждений, осуществляющих подготовку кадров по программам высшего профессионального образования, послевузовского профессионального образования, среднего профессионального образования, начального профессионального образования для всей инфраструктуры водного транспорта: флота, портов, судоремонтных предприятий, учебных заведений, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, обеспечивающих своевременную ротацию и соответствующее непрерывное профессиональное развитие.

Подготовка плавсостава в вертикально-интегрированных образовательных комплексах осуществляется в соответствии с национальными требованиями и требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с поправками 1995 г. (ПДНВ 78/95) [4]. Эффективность морских вузов иллюстрирует вхождение России в белый лист Международной морской организации. Сеть высших учебных заведений, подведомственных Росморречфлоту, изначально созданная в соответствии с географическим «бассейновым» принципом, удовлетворяет потребности в подготовке кадров в шести федеральных округах.

Сильной стороной является достаточное количество высококвалифицированного персонала, способного решать задачи инновационного развития водного транспорта.

Эффективно действующая система дополнительного профессионального образования работников отрасли обеспечивает необходимый уровень знаний, умений и навыков, удовлетворяет потребности судоходных компаний, портов, государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства в повышении квалификации работников водного транспорта по широкому спектру программ, в том числе по вопросам безопасности судоходства, охраны судов и портовых средств, безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений водного транспорта и охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Слабые стороны кадрового потенциала

Относительно высокая текучесть кадров, обусловленная специфическими условиями труда (напряженная работа, сопровождающаяся большими физическими и психологическими нагрузками, в том числе сезонный характер работы, сменный график, включающий работу в ночное время, в выходные и праздничные дни). При этом уровень оплаты труда работников внутреннего водного транспорта ниже средней заработной платы по транспортному комплексу.

Недофинансирование учебных заведений в 1990-е гг. привело к отставанию материальной базы от международных требований. Требуется проведение значительного объема ремонтных работ, приведение зданий и сооружений образовательных учреждений в соответствие с требованиями пожарной безопасности, обновление учебно-лабораторной, научно-исследовательской и тренажерной базы.

Практическая подготовка курсантов осуществляется с использованием тренажеров, тренажерных комплексов, тренажерных полигонов и прохождением плавательных практик на учебных, учебно-производственных судах и на судах компаний. Отсутствие средств федерального бюджета на содержание существующего учебно-парусного флота и на строительство новых учебно-производственных судов значительно сокращает возможности по организации качественной плавательной практики и негативно отражается на практической подготовке выпускников.

Сроки проведения практик, не всегда совпадающие с навигационным периодом, снижают возможности взаимодействия вузов с судоходными компаниями. Краткосрочность отдельных видов практик (один-два месяца) не позволяет принимать курсантов на борт судов, в большинстве своем работающих за пределами Российской Федерации.

Слабой стороной является старение и выбытие по возрасту опытных работников отраслевых организаций. Падение общественного престижа профессии «преподаватель вуза»; недостаточно высокий уровень зарплаты, отток перспективных и молодых кадров в коммерческие структуры и за рубеж приводит к «старению» профессорско-преподавательского состава учебных заведений.

При наличии большого ежегодного выпуска специалистов с высшим профессиональным и средним профессиональным образованием отрасль испытывает острую нехватку персонала по широкому спектру рабочих профессий (рядовой состав флота, портовые рабочие, вспомогательный персонал и др.).

Угрозы

Начиная с 1992 г. в Российской Федерации неизменно наблюдается естественная убыль населения. В 1990-е гг. значительно и быстро снизилась рождаемость, продолжается нарастающее старение населения, резко возросла смертность, сократилась средняя продолжительность жизни. За последние 10 лет (2000–2010 гг.) численность школьников сократилась более чем на 40 % [3]. Соответственно за 5 лет общий контингент лиц, обучающихся в вузах Росморречфлота, сократился на 20 %. С 2013 г. начнется постепенное уменьшение числа выпускников, что неизбежно отразится на кадровом потенциале отрасли.

Проведение единого конкурса на установление контрольных цифр приема граждан по направлениям подготовки (специальностям) для отраслевых вузов и вузов, подведомственных Минобрнауки, на основании интегрального показателя деятельности вуза, который включает в себя показатели, характеризующие образовательную, финансовую, научную, международную деятельность вуза и инфраструктуру, может привести к сокращению контрольных цифр приема в отраслевые вузы.

Неполное удовлетворение потребностей российских судоходных компаний в командном составе из-за трудоустройства выпускников вузов на суда под иностранным флагом. На сегодняшний день отсутствует возможность обязать студентов после окончания вузов заключить контракт и отрабатывать на государство определенный промежуток времени. Поэтому рост количества судов под российским флагом будет сопровождаться определенным дефицитом специалистов плавсостава.

Исполнение требований Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с поправками и Федеральных государственных образовательных стандартов (утверждены приказами Минобрнауки России), в которых отражена обязательность плавательной практики, отражает прямую обязанность Российской Федерации в ее финансировании из федерального бюджета. Субсидия на финансовое обеспечение выполнения государственного задания должна включать средства на обмундирование, питание, содержание учебных парусных судов, приобретение и модернизацию тренажерного оборудования.

Нормативы финансирования по плавательным специальностям, предлагаемые Минобрнауки России, не учитывают требования к подготовке плавсостава в отраслевых вузах, а в Закон о федеральном бюджете на период 2012–2014 гг. заложено финансирование в объеме расходов 2011 г. в соответствии с нормами, установленными постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2011 г. № 632) [2], что значительно сокращает возможности по организации качественной плавательной практики и негативно отражается на практической подготовке выпускников. В то же время анализ аварийности на водном транспорте показывает высокую значимость «человеческого фактора» в возникновении аварийных ситуаций.

Сочетание сильных внутренних (конкурентных преимуществ) и благоприятных внешних факторов развития определяет следующие перспективные возможности.

Восстановление системы образования специалистов с совмещенными специальностями (штурман-механик, рулевой-моторист) на основе разработки новых федеральных государственных стандартов и формирования учебного плана в соответствии Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» и Конвенцией ПДНВ.

Реализация в отраслевых вузах программ начального профессионального образования, создание многопрофильных центров с организацией обучения по широкому спектру рабочих профессий.

Развитие эффективной системы мотивации труда работников бюджетных организаций отрасли, в том числе обеспечение роста среднемесячной заработной платы, превышающей среднюю

зарплату в регионе, в том числе за счет привлечения внебюджетных средств и оптимизации организационной структуры.

Участие отраслевых предприятий в подготовке кадров на условиях государственно-частного партнерства, вложение инвестиций в образование будущего работника в рамках целевой контрактной подготовки, в том числе:

- создание образовательных центров, направленных на осуществление программ в области подготовки или переподготовки кадров;
- совместные образовательные проекты (в форме конференций, круглых столов, семинаров, мастер-классов и др.);
- участие преподавателей в корпоративных образовательных программах с целью повышения квалификации специалистов предприятий на основе современных образовательных технологий;
- создание на базе вуза научных лабораторий для осуществления научной или научно-технической деятельности;
- создание и развитие институтов общественного участия: наблюдательные, попечительские, общественные, управляющие и иные виды советов в учебных заведениях;
- совместные исследовательские проекты;
- гранты и грантовые программы в виде безвозмездного финансирования конкретных направлений деятельности: образовательных курсов и программ, научной деятельности, инновационных проектов, стипендиальных программ.

Повышение качества подготовки за счет модернизации и обновления учебно-лабораторного и тренажерного оборудования в соответствии с требованиями Международной конвенции ПДМВ и ФГОС за счет субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» [1] и за счет внебюджетных средств, привлеченных с использованием механизмов ГЧП.

Омолождение и уменьшение текучести кадров за счет реализации программы строительства ведомственного жилья, особенно при обслуживании «линейных участков» внутренних водных путей с учетом следующих вариантов:

Вариант 1: принятие федерального законодательного или нормативно-правового акта, регулирующего вопросы жилищного обеспечения работников государственных учреждений речного транспорта за счет средств федерального бюджета.

Вариант 2: строительство жилья в составе комплексных проектов, реализуемых подведомственными Росморречфлоту организациями, за счет средств федерального бюджета.

Вариант 3: выдача подведомственными Росморречфлоту организациями ссуд сотрудникам (в том числе и на безвозвратной основе) за счет внебюджетных средств.

Вариант 4: субсидирование подведомственными Росморречфлоту организациями процентных ставок по ипотечным кредитам сотрудников за счет внебюджетных средств.

Вариант 5: привлечение средств инвесторов (в том числе жилищных кооперативов) в целях строительства жилья для сотрудников на земельных участках подведомственных Росморречфлоту организаций на долевой основе.

Анализ имеющихся преимуществ и благоприятных возможностей, с одновременным исправлением недостатков и предупреждением потенциальных угроз позволил сформировать перечень мероприятий по совершенствованию кадровой политики:

- разработка согласованной долгосрочной политики, направленной на повышение престижности флотских профессий;
- разработка системы мер социальной поддержки молодых специалистов, работающих в организациях отрасли;
- формирование эффективной системы управления персоналом организации отрасли;
- кадровая и образовательная деятельность, включая подготовку и переподготовку кадров, формирование кадровых резервов, привлечение студентов и молодых специалистов к работе в организациях отрасли;

- разработка программы строительства ведомственного жилья для работников организаций водного транспорта;
- актуализация программ дополнительного профессионального образования (повышение квалификации) в части транспортной безопасности для соответствия подготовки членов экипажей требованиям нормативно-законодательных актов;
- повышение рейтинга транспортных вузов на рынке образовательных услуг;
- повышение качества образования за счет внедрения инновационных технологий в обучение членов экипажей судов, в том числе разработка интерактивных учебников и учебных пособий;
- разработка системы мер стимулирования трудоустройства выпускников учебных заведений по специальностям и направлениям подготовки;
- развитие материально-технической базы образовательных учреждений, включая приобретение учебных морских и речных судов, тренажеров, строительство и реконструкцию зданий и сооружений, в том числе общежитий;
- актуализация нормативов финансирования по плавательным специальностям в соответствии со ст. 37, 38, 85 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» [1], вступающим в силу с 1 сентября 2013 г.;
- заключение со студентами/курсантами договоров о целевом обучении, включающих обязательства организаций по обеспечению практикой и трудоустройством и ответственность гражданина по исполнению договора, включая штрафные санкции за нарушение его условий;
- активная профориентационная деятельность транспортных вузов, направленная на сотрудничество со школами, в том числе создание профильных (морских, кадетских) классов.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://минобрнауки.рф/документы/2974/файл/1543/12.12.29-ФЗ_Об_образовании_в_Российской_Федерации.pdf
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.07.2011 г. № 632 — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://poisk-zakona.ru/2768.html>
3. Федеральная целевая программа развития образования на 2011–2015 годы — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.fcpro.ru>
4. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками 1995 года — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://imodocs.com/txt/data_www/texts/PDNV97.php3

Научное периодическое издание

Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Выпуск 1

2013 год

Материалы публикуются в авторской редакции

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*

Дизайнер *С. В. Курбатов*

Технический редактор *М. Н. Евсютина*

Набор *О. Ю. Собянина*

Корректор *О. В. Миняева*

Подписано в печать с оригинал-макета 26.08.13. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 18,98. Тираж 500 экз. Заказ № 84

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2